



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO
ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO
ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA
ZONA MARÍTIMO TERRESTRE

MANUEL ALDEGUER SÁNCHEZ



Tesis

Doctorales

www.eltallerdigital.com

UNIVERSIDAD de ALICANTE

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO
ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO
ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE
LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE



MEMORIA PRESENTADA POR
MANUEL ALDEGUER SÁNCHEZ, PARA OPTAR AL
TÍTULO DE DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS,
SEPTIEMBRE DE 2008

CODIRECTORES

ANTONIO ESCARRÉ ESTEVE, DEPARTAMENTO DE
ECOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE ALICANTE

JESUS SORIA MINGORANCE, DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA, UNIVERSIDAD DE ALICANTE

**A mis seis mujeres,
soporte en el tiempo.**



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Agradecimientos

Al apoyo de mis mujeres, sobre todo de Pepa mi esposa, a quien debo gran parte de lo que hago, pero también mis hijas con sus socarronerías han sido un estímulo entrañable.

A mis dos directores, Antonio Escarré y Jesus Soria. Antonio quizá por su amistad, ha tenido la santa paciencia de seguirme a lo largo de muchos años las reflexiones, dudas y consideraciones sobre la práctica tan subjetiva con que se llevan a cabo los deslindes costeros. Su apoyo, voluntad y sólidas observaciones han ido guiando un trabajo demasiado dilatado en el tiempo, que por otro lado ha permitido sedimentar las ideas y corroborar las opiniones iniciales con el resultado de las sentencias de los tribunales. Jesus se incorporó más recientemente a la tarea de discutir cuales y cómo deberían ser los conocimientos del medio físico, sobre todo sedimentario y de dinámica litoral, y me ha hecho sentir, además de sus correcciones y orientaciones, su apoyo y afecto.

Maria José Lledó ha tenido siempre su tiempo, la publicación, la sugerencia y la sonrisa disponible, y a lo largo de estos casi veinte años, han sido muchos los compañeros de la Universidad de Alicante, sobre todo de la facultad de Ciencias y los departamentos de Ecología y Ciencias de La Tierra, Alicia, Adela, A Estevez, Luís F, Alfaro, José Miguel,..., quienes me han prestado su apoyo.

Manolo Espinosa, José Pérez, J. M. Ortíz, Auxi, Erun, R Calleja, Alfredo Martinez, Jesus Aldeguer, y una larga serie de compañeros de trabajo y amigos han colaborado conmigo en tareas tan diversas como muestrear arenas desde el suelo marino, o realizar cortes topográficos, interpretar columnas litológicas extraídas de los sondeos, o dibujar ideas.

Veinte años es mucho, y sentía que era necesario ordenar y poner a disposición de otros el resultado del esfuerzo, espero que sea útil.

ÍNDICE

1.1. PROBLEMÁTICA	15
1.1.1. Concepto de litoral y dificultad de su delimitación física.	15
1.1.2. Cambios de usos y alteraciones del litoral.	21
1.1.3. El impulso de la ocupación litoral por la Administración.	23
1.1.4. Las dunas litorales en la provincia de Alicante. Causas de la regresión.	26
1.1.5. Otras dificultades de ámbito más general, e intrínsecas al propio ecosistema: las oscilaciones de la línea de costa.	29
1.2. ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS EN LA PRÁCTICA ADMINISTRATIVA DE LOS DESLINDES.	31
1.2.1. Definir y determinar la naturaleza del bien demanial.	32
1.2.2. Las discontinuidades entre los subsistemas litorales como elementos delimitadores de franjas, fronteras o interfases entre ecosistemas costeros. Interés de su uso como instrumentos científico-técnico para delimitar la costa.	36
1.3. DETERMINACIONES LEGALES EN OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO. LOS DISTINTOS CONCEPTOS JURÍDICOS DE LA COSTA Y LOS NIVELES DE PROTECCIÓN LEGAL.	43
1.3.1. Nuestro entorno cultural	43
1.3.2. El caso sueco.	46
1.3.3. Cuba, una consecuencia de Río.	50
1.4. OBJETIVOS	52
1.4.1. La hipótesis inicial	53
1.4.2. Objetivos e hipótesis parciales:	54
1.5. EL ECOSISTEMA DUNAR DEL SUR DE ALICANTE. ÁREA DE ESTUDIO Y PROBLEMÁTICA	58
1.5.1. El entorno geomorfológico del área de estudio y las fuentes de materiales.	58
1.5.2. Descripción de la zona de estudio: unidades diferenciadas de dunas litorales en la costa sur de la provincia de Alicante.	60
CAPÍTULO SEGUNDO: EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA EN LA BAHIA DEL RÍO SEGURA	
2.1. INTRODUCCIÓN	69
2.2. OBJETIVOS	70
2.1. CONOCER EL AVANCE O RETROCESO DE LA LÍNEA DE COSTA EN LA BAHIA DEL SEGURA	70
2.3. MATERIAL Y MÉTODOS	72
2.4. RESULTADOS Y DISCUSION	77
2.4.1. Restitución de la línea de costa de Guardamar a partir de puntos fijos situados al final de la playa.	77
2.4.2. Distancias medias y pendientes del estrán en los cinco tramos de Guardamar.	91
2.4.3 Restitución pormenorizada de la línea de costa a partir de estudio del laboratorio de puertos foto aérea y planos, desde el año 1930 a 1996, en toda la bahía del Segura.	94

2.4.4. Restitución general de la evolución de la línea de costa en la bahía del río Segura hasta 1997.	112
2.4.5. Restitución pormenorizada de la línea de costa con datos propios desde el año 1930 hasta el 2005.	115
2.4.6. Evolución general de la línea de costa en la bahía del río Segura desde abril de 1976 hasta la actualidad.	129
2.4.7. Planos de restitución de la línea de costa en la bahía del río Segura en los años 1929-1930, y 2004.	133
CAPITULO TERCERO -DINÁMICA LITORAL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS, Y ESTABILIDAD DE PLAYAS	
3.1. INTRODUCCIÓN.....	137
3.1.1 Consideraciones generales sobre la dinámica litoral.....	137
3.2. OBJETIVOS.....	141
3.2. MATERIAL Y MÉTODOS	143
3.2.1 El río Segura como fuente de arenas en la bahía de su nombre.	143
3.2.2 Transporte perpendicular de sedimentos. Pendientes del talud continental costero y su relación con la estabilidad de la playa.	150
3.2.3. Transporte de sedimentos paralelo a la costa.	155
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	158
3.3.1. Evolución sedimentaria Holocena en la cuenca del Bajo Segura.	158
3.3.2. Antecedentes históricos recientes de la evolución litoral, a partir de planos antiguos y excavaciones arqueológicas.	161
3.3.3. El río Segura como fuente de arenas en la bahía de su nombre.	166
3.3.4 Transporte litoral de sedimentos perpendicular a la playa. Pendientes del talud continental costero y su relación con la estabilidad de la playa.	182
3.3.5. Transporte de sedimentos paralelo a la costa.	194
3.4. CONCLUSIONES.....	206
3.4. 1. Dinámica litoral en la bahía del Segura.....	206
CAPITULO 4: DISPONIBILIDAD DE AGUA Y SU EFECTO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PLANTAS.	
4.1 INTRODUCCIÓN.....	217
4.1.1 Aridez y sustrato dunar: disponibilidad de agua en dunas litorales al sur de la provincia de Alicante, un clima árido.	217
4.2. OBJETIVOS DEL APARTADO.	221
4.2.1. Evaluar la influencia de la disponibilidad de agua y la topografía en la distribución de las especies psammófilas.	221
4.3. MATERIAL Y MÉTODOS.	223
4.3.1. Evaluación de la disponibilidad de agua en dunas litorales en un clima árido.....	223
4.3.2. Necesidades hídricas en la repoblación forestal, observaciones de principios del siglo XX y otras experiencias.....	224
4.3.3. Datos obtenidos en distintos trabajos del DEUA en las dunas de la bahía del río Segura sobre contenido en agua en el sustrato dunar, en puntos con topografía diferente.	230
4.3.4. El agua de lluvia en la recarga de agua del suelo. Aridez y periodos de sequía en la zona de estudio.	235
4.3.5. Procesos y dinámica hídrica en el sustrato arenoso en un clima casi desértico. Relación entre potenciales matriciales del suelo y disponibilidad	

hídrica de las plantas a lo largo del verano en distintos niveles topográficos.	241
4.3.6. Estudio experimental en duna litoral para evaluar los flujos de agua, capilaridad, potenciales hídricos, y conocer las posibilidades de disponibilidad de agua freática en épocas de sequía.	247
4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	280
4.4.1. Cambios de disponibilidades hídricas con la distancia al mar.	280
4.4.2. Cambios de disponibilidades hídricas con la distancia al mar.	289
CAPÍTULO QUINTO: CRITERIOS UTILIZADOS PARA DELIMITAR MASAS DE AGUA CONTINENTALES: LAGOS, HUMEDALES Y RÍOS. INDICADORES AMBIENTALES.....	
5.1. INTRODUCCIÓN.....	293
5.2. OBJETIVOS.....	296
5.2.1. Indicadores, perfil, marcadores. Procedimiento para elaborar los indicadores ambientales en distintos ámbitos: sociales, políticos, económicos o científicos.	296
5.2.2. Aplicación de los conocimientos de ecología de dunas como componentes técnico-periciales en los deslindes.	298
5.2.3. El interés económico y social.	299
5.3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	301
5.3.1. Características del ecosistema dunar que pueden utilizarse como indicadores ambientales.	301
5.3.2. Criterios para la selección de los indicadores que deben estudiarse. ...	306
5.3.3. Componentes utilizados en la definición y delimitación de masas de agua continentales.	309
5.3.4. Selección de plantas psamófilas como indicadores: valoración del grado de exclusividad que muestran por el medio dunar y comparación de las especies utilizadas con otros trabajos del DEUA.	328
5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	334
5.4.1. En relación con los indicadores posibles para definir la franja costera	334
5.4.2. En relación con las especies que se van a utilizar.	336
5.4.3. En relación con el uso de indicadores para definir humedales y otras masas de agua continentales.	336
CAPÍTULO SEXTO: CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA DE LAS DUNAS DEL SUR DE ALICANTE. CAMBIOS PRODUCIDOS COMO CONSECUENCIA DE LA REPOBLACIÓN FORESTAL.....	
6. 1. INTRODUCCIÓN.....	343
6.2. OBJETIVOS.....	345
6.2.1 Las nuevas asociaciones vegetales producidas.....	345
6.2.2 Organización de la nueva biocenosis en relación con el mar.	347
6. 3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	347
6.3.1. Vegetación del ecosistema dunar a principios del siglo XX, antes de la reoblación forestal.	348
6.3.2. Vegetación en las dunas sin repoblar de la Playa del Saladar, playas del Moncayo y dunas de La Mata.	353
6.3.3. Repoblación forestal: antecedentes, movilidad de las arenas, técnicas y especies utilizadas.	356

6.3.4. Estado de la repoblación forestal en las dunas de Guardamar. Primavera de 1988. Porcentaje de árboles para cada intervalo de alturas.	371
6.3.5. Evolución de la repoblación dunar en la bahía del río Segura hasta el año 2003.	386
6.3.6. Evolución de la repoblación dunar en la bahía del río Segura y situación en el 2003.	398
6.3.7. Resumen de las 12 parcelas muestreadas el verano del 2003.	402
6.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	406
6.4.1. Vegetación de las dunas sin repoblar.	406
6.4.2. Evolución y estado de la repoblación en el 2003.	408
CAPITULO SÈPTIMO: EL SPRAY MARINO	415
7.1 INTRODUCCIÓN.....	415
7.1.1 Generalidades sobre el spray marino y estudios precedentes. Spray contaminado.	417
7.1.2 Posible interés del spray para la delimitación de la ribera de mar.	422
7.2 OBJETIVOS DEL APARTADO.	423
7.2.1 Cuantificar el alcance del spray marino en situaciones de contraste, con altas y bajas velocidades del viento.....	425
7.2.2 Caracterizar la influencia del spray marino sobre las plantaciones de pinos realizadas en el cordón dunar.	426
7.3 MATERIAL Y METODOS	429
7.3.1 Transectos de captadores y muestreo de arenas.	431
7.3.2 Localización de los transectos y medidas de la velocidad de viento....	437
7.3.3 Análisis de la conductividad y de cloruros.....	439
7.3.4 Metodología para la valoración de los daños en las copas de pinos. ...	441
7.4 RESULTADOS Y DISCUSION.....	450
7.4.1 Comparación de los resultados obtenidos con captadores en diversos transectos al principio y final de un fuerte temporal de levante.....	450
7.4.2 Análisis de los datos obtenidos y de su relación con la distancia al mar mediante las curvas de depósito concentración/distancia.	452
7.4.3 Comparación de las deposiciones de spray en las arenas, bajo los captadores.	458
7.4.4.- Análisis de los datos obtenidos del depósito de cloruros en suelo, en relación entre la distancia al mar y con la topografía.....	461
7.4.5 Concentración de cloruros en las arenas de la playa, un km al sur del río Segura.	466
7.4.4 Valoración de los daños sobre las copas de las dos especies de pino. Regularidades encontradas en la localización de daños a lo largo del perfil topográfico: zonas de exposición y de sombra al efecto nocivo del spray....	470
7.4.5. El daño en copas de pino recapitulación del efecto dilatado en el tiempo del depósito de sal. Su dependencia de la distancia al mar, y su utilidad como indicador.	480
CAPÍTULO OCTAVO: DISTRIBUCIÓN DE PSAMMÓFILAS CON LA DISTANCIA AL MAR.	487
8.1. INTRODUCCIÓN.....	487
8.1.2. Distribución de las especies psammófilas en la franja marina-litoral.	487
8.2. OBJETIVOS.....	489

8.2.1. Conocer la relación de la distribución de psammófilas con la distancia al mar, y la importancia de la influencia marina en los cambios de las asociaciones vegetales.....	489
8.3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	490
8.3.1. Estudio de la distribución de psammófilas mediante recorridos perpendiculares a la playa, en relación con la distancia al mar.....	490
8.3.2. Valoración del grado de exclusividad que muestran por el medio dunar las plantas psammófilas.....	491
8.3.3. Estructura de los transectos.....	497
8.3.4. Estudio de la variación en la distribución de psammófilas con la distancia al mar mediante transectos: localización y características de los transectos.....	499
8.3.5. Metodología estadística.....	505
8.4.1. Análisis de los resultados: presencia de especies en cada cuadrícula. Transectos, y gráficas de porcentajes.....	508
8.4.2. Relación entre los datos de porcentajes de presencia de especies en las cuadrículas de los transectos, representados en gráficas, con la topografía.....	517
8.4.3. Perspectivas de establecer relaciones entre la distancia al mar y la distribución de psammófilas e importancia de las modificaciones introducidas por la topografía. Posibilidades de uso en relación con la propuesta de indicadores.....	525
8.4.4. Aplicación estadística y probabilidad.....	532
CAPÍTULO NOVENO: EL DESLINDE COMO ACTO ADMINISTRATIVO. EXIGENCIA DE CRITERIOS EQUITATIVOS COMO GARANTÍA DE OBJETIVIDAD Y SEGURIDAD JURÍDICA. ...	
9.1. INTRODUCCIÓN.....	541
9.1.1. Bases ambientales en los criterios que inspiran algunas normas legales vigentes.....	541
9.1.2. La extensión del dominio público marítimo terrestre a suelo de gran valor medioambiental: dunas y zonas inundadas o inundables por el agua del mar.....	545
9.1.3. La ampliación y protección del litoral no es una consecuencia inmediata de la Ley.....	549
9.1.4. Interés medioambiental de las servidumbres legales de protección y zona de influencia, como franjas de amortiguamiento.....	550
9.2. EL DESLINDE, CLAVE DE LA NUEVA REGULACIÓN DE COSTAS.....	555
9.2.1. El papel de los deslindes administrativos.....	555
9.2.2. La demanialidad de los terrenos incluidos en el nuevo deslinde.....	558
9.3. ATRIBUCIÓN DE LOS LITIGIOS EN MATERIA DE COSTAS A LA JURISDICCIÓN CONTENCIOSO ADMINISTRATIVA.....	564
9.4. EL PROCEDIMIENTO DE DESLINDE. ADAPTACIÓN DEL TERRITORIO DELIMITADO A LA DEFINICIÓN LEGAL Y POSIBILIDADES DE ANULACIÓN.....	567
9.5.-SENTENCIAS DE LA AUDIENCIA NACIONAL Y TRIBUNAL SUPREMO SOBRE RECURSOS AL DESLINDE. ALGUNOS CASOS PARADIGMÁTICOS EN DUNAS Y ZONA COSTERA INUNDADA.....	573
9.5.1.- Deslindes en costas con dunas: Arenales del Sol, al sur de Alicante.....	573
9.5.2. Salinas de Calpe, al norte de la provincia de Alicante.....	588

CAPÍTULO DÉCIMO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	591
10.1. CONCLUSIONES.....	591
RECOMENDACIONES	600
BIBLIOGRAFÍA.....	603



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

CAPÍTULO PRIMERO: DELIMITACIÓN LEGAL DE LA RIBERA DEL MAR EN LOS ECOSISTEMAS DUNARES

1.1. PROBLEMÁTICA

1.1.1. Concepto de litoral y dificultad de su delimitación física.

Tanto la Ley 22/1988 de Costas, como el Reglamento que la desarrolla, precisan el concepto de costa, o litoral, en el territorio objeto



La desembocadura del Segura tenía un solo canal de desagüe, al que llegaban tanto las aguas del río procedentes de la parte alta del Segura, como las azarbes que drenan la Vega Baja, atravesando los cordones dunares.

de análisis en esta tesis, las zonas de playas y dunas, precisamente donde la línea de costa varía solo con ligeras oscilaciones del nivel del mar o de los sistemas de aporte de sedimentos, y en las que por su característica peculiar es más

difícil de limitar, por estar sometida a mayores vaivenes. Estos tramos de las costas comprenden las dunas, albuferas, almarjales, playas, y en general que se incluyen en los apartados a) y b), de ribera del mar, y se definen tanto en el punto 1º de la Ley como del Reglamento de ésta Ley, en su artículo tercero.

Esta norma reglamentaria precisa las características de los bienes de dominio público marítimo-terrestre estatal, en virtud de lo dispuesto en

el artículo 132.2 de la Constitución (RCL 1978\2836) y 3 de la Ley de Costas, donde se describe con mayor amplitud el espacio legal costero.

Este territorio estaría constituido por: "1. La ribera del mar y de las rías, que incluye:

a) La zona marítimo-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos o, cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial. Esta zona se extiende también por las márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas.

Se consideran incluidas en esta zona las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar.

b) Las playas o zonas de depósitos de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marítimo, u otras causas naturales o artificiales.

En su Art. 4º, el Reglamento de costas, del Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo, (RCL 1989\2639,R.D.1-12-1989, núm. 1471/1989 BOE 12-12-1989), precisa con mayor detalle esta definición anterior:

Art. 4.º En la determinación de la zona marítimo-terrestre y de la playa, con arreglo a las definiciones contenidas en el artículo anterior, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

a) Para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos se utilizarán las referencias comprobadas de que se disponga.

b) Las variaciones del nivel del mar debidas a las mareas incluirán los efectos superpuestos de las astronómicas y de las meteorológicas. No

se tendrán en cuenta las ondas de mayor período de origen sísmico o de resonancia cuya presentación no se produzca de forma secuencial.

c) Se entenderá por berma la parte casi horizontal de la playa, interior al escarpe o talud de fuerte pendiente causado por el oleaje

d) Se considerarán incluidas en la delimitación de la playa las cadenas de dunas que estén en desarrollo, desplazamiento o evolución debido a la acción del mar o del viento marino. Asimismo se incluirán las fijadas por vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa la costa.”

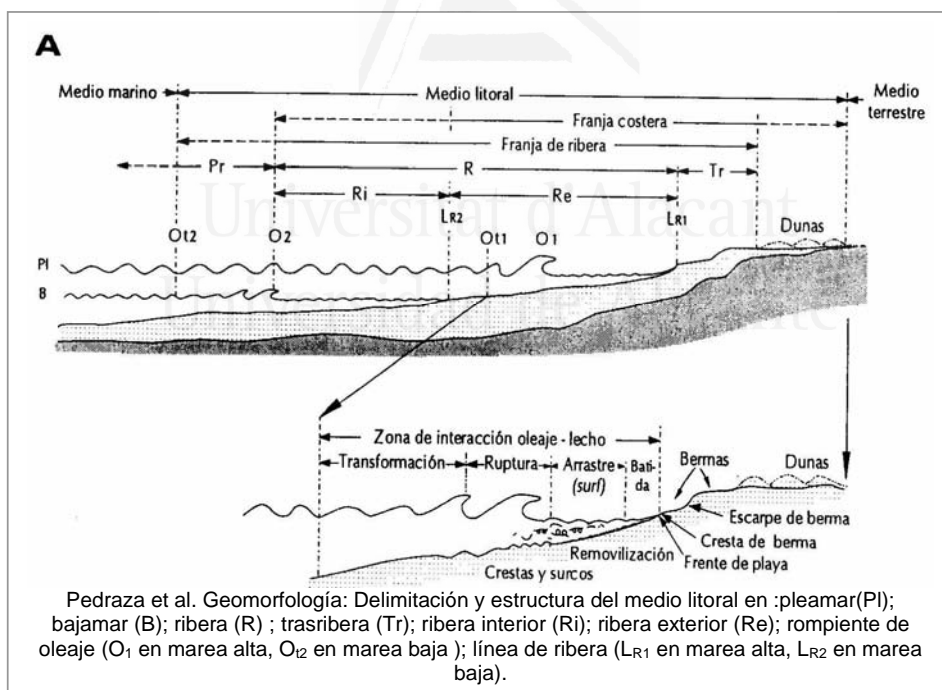
Redacción esta que permite una enorme carga de subjetividad, en ausencia de criterios más objetivos y contrastables. Y es precisamente aquí, en esta franja de mayor sensibilidad a las alteraciones, y que la propia Ley considera de mayor interés medioambiental donde se da la mayor carga de subjetividad, y no se ha previsto ni concretado en el reglamento, la información técnica que se pueda aportar desde campos como la ecología. Un problema similar al de las dunas se suscita en las zonas litorales de aguas muy someras (marismas, albuferas, marjales, etc), que albergan ecosistemas de gran interés y extrema fragilidad.

Probablemente, y al menos en nuestra provincia, cuestiones prioritarias para la Ley, como la recuperación del dominio público mediante los deslindes, o el problema de las interrupciones de accesos al mar o del deslinde en las salinas litorales, se encuentran estancadas, en buena medida, por las cuestiones señaladas más atrás. La jurisprudencia y el volumen de racionalidad que pueda incluirse en el planeamiento turístico en los municipios costeros parecen la única respuesta para salir del periodo de letargo.

Algunos autores como Blasco Díaz (1999), en su monografía sobre la protección y ordenación de las costas, coinciden con estas consideraciones anteriores, en el sentido de que interesa especialmente

concretar los bienes que integran la ribera del mar y de las rías, es decir, la zona marítimo - terrestre y las playas, que por la Ley de Costas resultan ampliadas respecto a la normativa anterior. Y esto a causa de su escasa definición que, según la Exposición de Motivos de la propia Ley, no llegaba a cubrir en la enunciación la realidad natural (Blasco Díaz, 1999).

Parece obvio que la escasa descripción produce inseguridad, no solo a la hora de la defensa de los intereses generales y del medioambiente, sino también por los perjuicios que pueden producirse a los particulares. Esta misma indefinición lleva a García Macho a considerar que el dominio público sobre la zona marítimo-terrestre, playas y mar territorial, y el principio rector medio ambiente, son los dos títulos que legitiman la intervención legislativa y de la Administración, y en torno a ellos se puede articular la protección y ordenación de las costas. En contraposición, sin embargo, a los intereses públicos o intereses generales



se encuentran los intereses de los particulares apoyados en el derecho a la propiedad. (García Macho, 1999).

Dada la complejidad del tema, no parece tampoco una cuestión de precisión en la definición, ni tampoco según desde la disciplina que se haga, sino más bien es una cuestión de establecer los principios científico técnicos en los que debe basarse la delimitación, y de la metodología, de modo similar a como se exige en los proyectos de estudio de Impactos Ambientales, previos a las declaraciones de Impacto.

Los conceptos geomorfológicos de litoral utilizados habitualmente, costa, o ribera del mar, no son muy diferentes a los que define la Ley de Costas. Para Pedraza el litoral es el área de contacto entre grandes masas de agua estabilizadas (mares, océanos y lagos, frente a las no estabilizadas o ríos) y aquellas tierras que las bordean o se hallan incluidas en su dominio. Aunque en el lenguaje cotidiano litoral y costa suelen tener un mismo significado, para este autor, en Geomorfología es necesario considerar diferencias conceptuales entre ambos términos: el primero se refiere a un medio natural, el segundo un dominio morfodinámico (Pedraza, 1996).

De una forma más precisa: puede aludirse al medio litoral como aquella zona de interacción y tránsito entre ambientes acuáticos y terrestres que, a su vez, abarca tres subzonas:

Terrestre de transición. Franja de las tierras permanentemente emergidas que está próxima al dominio acuático, pero sin quedar sometida a sus acciones dinámicas directas, salvo en circunstancias excepcionales y puntos concretos. Procesos y ambientes, si bien son propios del dominio terrestre, muestran cierta influencia del acuático, aunque progresivamente menor al distanciarse de él hasta desaparecer. Esta transición es casi siempre gradual y sirve para limitar el litoral “tierra adentro”, separándole de otros medios o ámbitos terrestres.

Acuática de transición. Franja de aguas estabilizadas próxima al dominio terrestre, pero sin llegar a producir interferencia directa con él.

Mixta.- Franja donde confluyen o contactan las dos anteriores, siendo aquella porción del dominio terrestre sometida a la acción directa de las aguas estabilizadas y aquella porción del dominio acuático que interfiere directamente con las tierras emergidas; esas acciones e interferencias regulan el tipo de procesos y hacen que, desde la perspectiva geomorfológica, pueda considerarse como un dominio morfogenético específico. En su conceptualización más estricta, este dominio corresponde a la franja litoral, cuyas características sufren notables modificaciones en el espacio y a lo largo del tiempo recibiendo el nombre de costa o ribera. (Pedraza, 1996).

Es decir, si en algo puede ayudar a delimitar la línea de costa o ribera, que pueden considerarse equivalentes a partir de estas definiciones, es la idea de que esta "línea de ribera" es en realidad el borde de una "franja", de ancho variable, en la cual se muestra cierta influencia del medio acuático, aunque progresivamente menor al distanciarse de él hasta desaparecer. Cuestión esta que vuelve a redundar sobre el problema planteado del deslinde, puesto que la delimitación del demanio en absoluto puede ser algo diferente de "una línea", y es necesario precisar los conceptos científicos para evitar la indefinición, y por tanto la arbitrariedad.

Coincidiendo con este autor, y desde el ámbito jurídico, Blasco Díaz, plantea la necesidad de una "intervención cualificada", para delimitar esta ribera del mar que la Ley de Costas, recogiendo la tradición del Derecho Romano y medieval, califica como colectivo, en el sentido de que, debe hacerse notar la dificultad que en ocasiones ofrece la comprensión y concreción de los conceptos que la Ley utiliza para determinar dichos bienes, que en orden a su aplicación práctica en conflictos con propietarios colindantes exigirían ya en principio una intervención cualificada sobre la definición material de los mismos (Blasco Díaz, 1999).

El mismo autor resulta, más adelante, mucho más explícito en su exigencia de que la seguridad del procedimiento de deslinde debe hacerse

con el concurso de métodos y técnicas propias capaces de aportar mayor precisión, a través del estudio de parámetros propios del análisis de los ecosistemas: “ al no definirse reglamentariamente qué debe entenderse por albuferas, marjales ,etc, y al incluir la Ley de Costas de 1988 diversos de estos conceptos para identificar los bienes que regula, algunos de titularidad privada, pueden surgir conflictos en orden a la interpretación de la legislación aplicable, lo que no es una cuestión baladí, por cuanto puede determinar la inclusión o no del bien en la categoría de los demaniales”.

Así ocurre por ejemplo en el caso de las albuferas que son una «laguna litoral, en costa baja, de agua salina o ligeramente salobre, separada del mar por una lengua o cordón de arenas» (Diccionario de la Real Academia de la Lengua) apareciendo el problema cuando deba de optarse por considerar un determinado bien como albufera o laguna, pues nada se indica legalmente acerca del índice de salinidad, ni de la flora o fauna existente, para encuadrarlo en una u otra categoría, continental o litoral, lo que hace quedar tal determinación al buen entendimiento del técnico que practica el deslinde, y en todo caso a la decisión del juez que entienda de la posible controversia.

Esto es lo que ha venido ocurriendo, por ejemplo, con diversos terrenos de la Isla de Buda, incluidos en el Parque Natural del Delta del río Ebro, donde se han declarado por el Juzgado de Primera Instancia de propiedad de la mercantil Arrozales y Ganadería del Delta S.A, atendiendo a sus características geomorfológicas, al ser el índice de salinidad inferior al 40 %. (Blasco Díaz, 1999).

1.1.2. Cambios de usos y alteraciones del litoral.

De entre los grandes desplazamientos humanos que se han producido en el último siglo, uno de ellos ha sido desde las comarcas del interior hacia el litoral, de manera que en la actualidad el 80 % de la población mundial vive en una estrecha franja de 50 a 100 km de la línea de costa (Charlier, 1987). Esta franja costera, dedicada tradicionalmente a

usos pesqueros y agrícolas, ha sufrido durante las últimas décadas una presión antrópica de enormes proporciones, que ha transformado el paisaje y producido una considerable regresión de los ecosistemas dunares.

La dimensión del problema es tal que en menor o mayor medida afecta a todos los países, hasta el punto de que la Agenda 21 (Río, 1992) dedica parte de sus trabajos, incluidos en el capítulo 17 a la protección de los océanos y de los mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados y semicerrados, y de las zonas costeras, y protección, utilización racional y desarrollo de sus recursos vivos. La introducción de este capítulo 17 aporta elementos jurídicos para la protección cuando establece que “el derecho internacional, reflejado en las disposiciones de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar constituye los derechos y las obligaciones de los Estados y proporciona la base internacional en que se fundan la protección y el desarrollo sostenible del medio marino y costero y sus recursos”. También se recoge en él uno de sus programas de Ordenación integrada y desarrollo sostenible de las zonas costeras y las zonas marinas.

En nuestro país, el desarrollo turístico en las décadas de los 60 y 70, dio lugar a un urbanismo degradante que era incluso respaldado por una legislación que, más pendiente del impulso económico del Estado a través de la industria turística, olvidaba la extrema fragilidad del espacio donde se asentaba (Blasco Díaz 1999)

Entre las normas dictadas a principios del modelo actual de desarrollo turístico podemos citar como ejemplo la Ley de Centros y Zonas de Interés Turístico de 28 de diciembre de 1963, que se publica en un momento donde comienza la expansión del turismo en lo que afecta precisamente al turismo que se implantará en las costas. La clasificación de éstas dentro de alguna de las distintas categorías en que agrupa los posibles núcleos de desarrollo (centro o zona), prevé un modelo de

crecimiento que incide de forma sensible en la ordenación urbanística de los espacios costeros (Blasco Díaz, 1999).

En esta dirección cabe también afirmar que el hecho de contar con una Ley del Suelo, desde 1956 con la que nuestro país se unía al grupo de naciones más avanzadas en su forma de enfocar el régimen legal del suelo, que posteriormente se completa con el Texto Refundido de la ley del Suelo de 9 de abril de 1976, no puede esconder la realidad de que solo muy tardíamente la ordenación del territorio se realiza, a través de los Planes Generales o Normas Subsidiarias, en los municipios costeros, y la influencia positiva no se evidencia hasta principios de los 80.

Es más, aunque no era el objetivo de la Ley de Centros y Zonas de interés Turístico la ordenación urbanística y clasificación del suelo, quizá la consecuencia más grave era el hecho de que, frecuentemente, a través de los medios arbitrados por la misma, se conseguía la incorporación de terrenos de las playas y zona marítimo-terrestre al proceso de urbanización y edificación, es decir su privatización, (Blasco Díaz, 1999).

Este efecto se producía por el hecho de que la máxima prioridad la tenía el turismo, de manera que los aprovechamientos de bienes de dominio público del Estado, Provincia y Municipio, dentro de un Centro, o Zona, deberán hacerse compatibles con el interés turístico y así mismo, de no ser ello posible podría llegarse a su expropiación forzosa (Vera Fernández-Sanz, 1980).

1.1.3. El impulso de la ocupación litoral por la Administración.

Pero el impulso privatizador en esta década de los sesenta estaba ampliamente compartido por diferentes estamentos de la Administración, y con normas de rango muy diferente. Prescripciones como las que se reflejan en los Pliegos de condiciones para instalaciones temporales de verano, dictadas por el Ministerio de

Agricultura, Patrimonio Forestal del Estado, a través del Servicio Hidrológico Forestal, en el año 1967, son una muestra más de este



La Marina (Elche). Dunas y casa en dominio público, año 1989, vuelo de la Dir. Gral de Costas.

impulso a la ocupación del suelo litoral y el inicio de una destrucción masiva de los sistemas costeros. En su preámbulo destacan el hecho de que “cada día

va siendo mayor la afluencia a montes y playas de personas”, y tratan de ordenar las instalaciones, estableciendo una serie de condiciones para instalar barracas y similares en suelo público, reconociendo la “existencia de multitud de estas casetas que vienen instalándose en la zona marítimo-terrestre”. Las normas que se dictan (Servicio Hidrológico Forestal, 1967) ponen de manifiesto que su objetivo no era evitar la privatización o alteración del medio, sino que pretenden ordenarlas y mejorar las condiciones de habitabilidad por constituir “serio motivo de preocupación debido a sus condiciones antihigiénicas y falta de una estética adecuada”.

Siguen dictando estos pliegos, referidos a la provincia de Alicante, que tal era la magnitud de esa tendencia a la ocupación desordenada y falta de abastecimiento de aguas potables, y redes de alcantarillados, que “movió al Gobierno civil a iniciar, de acuerdo con los organismos de la Administración que de una manera u otra tienen intervención en la zona o en los problemas que estas instalaciones podrían plantear, el estudio de un Plan de Ordenación de Servicios de las Playas de Alicante” (Servicio Hidrológico Forestal, 1967). Estas autorizaciones afectaban no solo a barracas y casetas, que podían tener el suelo de madera o losa de hormigón, sino que era posible también la instalación de bares y

restaurantes, sin que en ellos se establezca el pago de ningún canon por la ocupación de este suelo público. Esas instalaciones de casetas y bares pretendidamente desmontables eran en muchos casos el origen de las viviendas que ocupan, parte de las playas del litoral alicantino, (Elche-La Marina, o Santa Pola). De hecho aunque parte de ellas se hayan demolido hace pocos años todavía muchas de ellas continúan ocupando el dominio público.

Junto a estas normas de ámbito provincial, se dictaron Leyes de ámbito estatal, como la de Puertos Deportivos de 26 de abril de 1969, que introdujo una impronta privatizadora del dominio público marítimo terrestre, primando la iniciativa privada sobre el uso público de estos bienes, con la excusa de fomentar el deporte y el turismo (Blasco Díaz, 1999).

Esta presión continuada durante décadas, ha conducido a la situación actual, que en la exposición de motivos de la vigente Ley de Costas se resume con cifras que no llegan a poner en evidencia la gravedad del problema, puesto que buena parte de las costas son acantilados o lugares de difícil acceso, y por tanto sin posibilidades de uso turístico, u otra explotación. Según sus datos, anteriores a 1988, nuestro país tiene una longitud de costas de 7.880 km aproximadamente, de los que el 24 % corresponde a playas, con un patrimonio público de unas 13.560 ha (Ley 22/1988, de Costas).

En cuanto a la ocupación de la costa, se expone en el preámbulo de la Ley que es superior al 50 %, entre construcciones de viviendas, industrias o instalaciones portuarias. Solo el 8 % tiene uso agrícola, mientras el 42 % no tiene usos definidos o irreversibles, y que en su mayor parte poseen menor interés social y económico, por presentar mayores dificultades para su ocupación (calas reducidas, acantilados, costas rocosas, etc) (Ley 22/1988).

Esta Ley, aunque presenta serias dificultades en su aplicación, supone un cambio fundamental en la tendencia degradadora del litoral y

sus ecosistemas más valiosos, de hecho supone la inversión de los objetivos. De la consideración histórica de los terrenos pantanosos o marismas como improductivos focos de infección, que explica en buena medida los motivos por los que se permitiera y se incentivara su saneamiento, y además se regulase el otorgamiento de concesiones sobre estos terrenos que tenían por objeto variar su naturaleza a través de la desecación, convirtiéndolos en dominio privado del que realizaba su transformación (Ley Cambó de 24 julio 1918), se pretende su protección.

No es difícil sin embargo encontrar normas de consecuencias lesivas para el medio natural costero en tiempos más recientes, como se hizo por ejemplo por medio de la Orden Ministerial 14 abril 1981 (Blasco Díaz, 1999). No obstante, históricamente, no siempre las cosas fueron así. Estos ecosistemas litorales, sobre todo almarjales y zonas inundadas, con ricas pesquerías, sirvieron de sustento a las poblaciones de su entorno, hasta que la necesidad de establecer nuevos suelos para la agricultura, en el siglo diecinueve, produjo una auténtica cruzada para desecarlos (Canales, 1994).

1.1.4. Las dunas litorales en la provincia de Alicante. Causas de la regresión.

Los factores responsables de la destrucción de playas y dunas litorales son diversos, pero de forma resumida los podemos agrupar por la forma en que inciden en el problema:

1.- Que alteran las aportaciones que sirven de fuente de sedimentos a las playas y dunas, tales como los pantanos, o pequeñas presas para controlar las avenidas; disminuciones de caudales de los ríos por sobreexplotación de los acuíferos, repoblaciones forestales, o extracciones de áridos de los cauces. Estos factores serían responsables de “la regresión del 17 % de la línea de costa, (Ley 22/1988, de Costas).

2.- Que afectan directamente al litoral por las concesiones para construir inmuebles en dominio público marítimo-terrestre, actuaciones urbanísticas, vías de comunicación, puertos o industrias.

3.- Que afectan al transporte de sedimentos, bien por la



Vaso del embalse de La Fuensanta, en la cuenca del Segura, donde están retenidos millones de metros cúbicos de sedimentos, 2007

construcción de espigones o escolleras dentro del mar que interrumpen la dinámica litoral y el transporte natural de

las arenas, o por la construcción de edificios, paseos marítimos, o en general cualquiera que afecte a la dinámica litoral, y que modifican el transporte.

La combinación de estos grupos de factores ha tenido como consecuencia una creciente privatización del litoral, la destrucción del paisaje, y la disminución de la superficie de playas, un bien natural muy revalorizado como consecuencia del fenómeno de masas que supone la cultura del ocio. Como resultado de estas políticas en la provincia de Alicante, los campos dunares, que eran de pequeña extensión en la mitad norte, han desaparecido prácticamente todos, como consecuencia de la presión urbanizadora, mientras desde la ciudad de Alicante hacia el sur, donde los campos de dunas eran, afortunadamente más extensos, la reducción afecta a más del 20 % de la superficie inicial (Aldeguer et al, 1997).

Esta disminución de la superficie, en su mayor parte se debe a la construcción de viviendas sobre dunas, fijadas o no por pinos, que se plantaron a partir de principios del siglo XX, y en menor medida sobre dunas litorales, y que en ambos casos siguen siendo suelo público, bien adscrito al ministerio de Medio Ambiente formando parte del dominio público marítimo terrestre, bien a la Generalitat Valenciana, como resultado de concesiones administrativas del Ministerio de Agricultura a particulares, en la década de los años 1950 a 1960. No solo se autorizan construcciones familiares, sino también a promotores de suelo, que desarrollan proyectos de desarrollo urbanístico de centenares de miles de metros cuadrados, sobre superficie dunar, que se transmiten a los compradores de suelo o viviendas en forma de “subconcesiones” administrativas a 99 años, a los adquirentes de parcelas.

Con posterioridad a la cesión de suelo a mediados del siglo XX, se publicó la vigente LC, en 1988, que modifica y reduce los plazos para la permanencia de las edificaciones levantadas sobre concesiones administrativas en dominio público marítimo terrestre, y los deja en 30 años. Esto modificará el panorama a largo plazo, produciendo como efecto inmediato la caducidad de algunas concesiones por defectos en las mismas, y en algunos casos, como La Marina-Elche, o Santa Pola, la demolición de barracas o edificaciones, y en los próximos años se producirá la caducidad de los derechos concesionales derivados de la Ley. Además, la actuación de algunos Ayuntamientos, y la intervención decidida de la administración forestal en los años 80 y 90, en la provincia de Alicante, ha permitido recuperar una parte de aquellas concesiones, y preservar las dunas que se conservan como zonas públicas entre los suelos urbanizados, como en Guardamar y La Marina-Elche. Más recientemente, y al amparo de la Ley de Costas, se han realizado algunas actuaciones puntuales para proteger la duna litoral y evitar su progresiva desaparición, como en La Mata - Torrevieja, donde se ha deslindado y

cercado lo que resta de las antiguas dunas, unas tres hectáreas, al sur de La Mata, y junto a cabo Cervera.

Pero el retroceso de las dunas no es solo consecuencia de la ocupación del suelo por urbanizaciones, otros factores, como la disminución de aportes por los ríos también han dejado sentir sus efectos. Al sur de Alicante, la disminución de los aportes del río Segura, como consecuencia de las repoblaciones forestales, construcción de presas, diques y en general obras de prevención de regulación de aguas superficiales y avenidas, en buena medida es responsable del retroceso de la línea de costa, en la bahía del Segura.

Este efecto probablemente se agravará como consecuencia de las numerosas obras del Plan de Defensas contra Avenidas, realizadas en fechas muy recientes con el fin de evitar los efectos catastróficos tan frecuentes en la cuenca, y recogidas en el RDL 4/1987, de 13 de Noviembre, y que luego sufrieron diversas ampliaciones, durante la ejecución de las obras. Recrecimiento de presas y construcción de otras nuevas, encauzamiento de ramblas y colocación de pequeñas represas y diques, repoblaciones forestales o bien la ampliación del canal del Paretón de Totana hasta 1.200 m³ por segundo, tendrán un efecto regresivo importante, en las playas cuya fuente principal de áridos es el río Segura, y que llegan hasta el mar durante las grandes avenidas.

1.1.5. Otras dificultades de ámbito más general, e intrínsecas al propio ecosistema: las oscilaciones de la línea de costa.

A pesar de que la Ley de Costas de 1988 tiene ya dos décadas de vigencia son relativamente pocos los nuevos deslindes que se han producido, y por tanto escasa la jurisprudencia que ha generado la Ley, en una cuestión que es fundamental y de gran impacto económico, la determinación del dominio público en el litoral con playas amplias y con

una o varias líneas de médanos de arena, y que de generalizarse la práctica del deslinde probablemente se multiplicaran los litigios.

La indefinición de la Ley, y la falta exigencia de normas técnicas concretas, procedimientos y datos científicos aplicables, hacen de la cuestión del deslinde de la ribera del mar en las costas con uno o varios cordones dunares, un acto excesivamente subjetivo. Esta dificultad, si se suma al hecho de que el procedimiento es muy lento, y las resoluciones sometidas a continuos conflictos, llevará consigo el que se tarde varias décadas en tener todas las costas españolas con los deslindes adaptados a la nueva Ley del 88, aunque el solo hecho de su publicación hace casi veinte años haya supuesto en la práctica un freno en el deterioro del litoral español.

El Art. 3.ºb, de esta Ley, y el 3º. b), del reglamento, establecen que “son bienes de dominio público marítimo-terrestre estatal, en virtud de lo dispuesto en el artículo 132.2 de la Constitución ([RCL 1978\2836](#) y ApNDL 1975-85, 2875) y tercero de la Ley de Costas, y que comprenden las playas o zonas de depósitos de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marítimo, u otras causas naturales o artificiales”.

Pero nada se dice de periodos de tiempo más o menos largos en los que estos depósitos pueden haberse formado, o durante los periodos de tiempo que deben mantener esas características, lo que puede conducir a situaciones de imposibilidad de aplicación, si se sigue estrictamente a pie de la letra, como consecuencia de las oscilaciones constantes de la línea que forma la línea de costa.

Tampoco se considera en la Ley la dependencia con las fuentes que aportan las arenas que forman las playas, a pesar de que en el preámbulo si se analizan estos aspectos, pero luego no existen vinculaciones eficaces en el articulado. No obstante, y con el objeto de tener una visión más

ajustada de las circunstancias concretas de la costa que se deslinda sí parece conveniente establecer esta vinculación mediante estudios previos.

Como muestra de lo que se dice más atrás cabe expresar que además de lagos y otras depresiones continentales, la mayor parte de los sedimentos se depositan en las cuencas sedimentarias marinas, más abundantes en las zonas someras y próximas a la costa, y más todavía en las proximidades de las desembocaduras de cauces. Estos sedimentos, que son la fuente que alimenta buena parte de los materiales arenosos de las dunas, también colmatan las llanuras finales de los ríos, y si se trata de sedimentos recientes normalmente no están compactados, con lo que caben en la definición de “materiales sueltos formados por la acción del mar” (Ley de Costas de 1988), pero es evidente que no son estos el objeto de la Ley.

Otras circunstancias añadidas, puestas de relieve de manera muy patente en los últimos años, son las que están relacionadas con el cambio climático, el deshielo de los glaciares y el ascenso de los niveles de los océanos. Los datos que continuamente se publican, aunque sea difícil precisar incrementos a corto plazo, parecen confirmar con pocas dudas que, en las próximas décadas, la subida del nivel del mar y la modificación del clima serán muy evidentes de seguir esta evolución en las emisiones de gases con efecto invernadero. Ello no solo repercutirá en el retroceso de la línea de costa, especialmente playas extensas y litoral bajo, sino que los cambios en la pluviometría acabarán modificando el régimen de erosión en las cuencas y aportaciones de sedimentos por los cauces fluviales.

1.2. ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS EN LA PRÁCTICA ADMINISTRATIVA DE LOS DESLINDES.

Tanto el objeto explicitado en los artículos uno y dos de la Ley de Costas, de 22/1988, como el resto del texto, evidencian componentes medioambientales. No obstante, y continuando con la terminología de otras

normas anteriores, este Ley, analiza y describe el territorio desde la perspectiva del espacio físico, olvidando los componentes vivos, plantas, animales, y microorganismos, su interacción, y su contribución a los procesos de formación y mantenimiento, por ejemplo, de las dunas, y sin tener en cuenta la importancia de los intercambios de materia y energía, afección directa o indirecta o interdependencia y entre los diferentes medios marino-terrestre, o terrestre-lagunar en las costas con malladas o marismas.

Es cierto que al delimitar la Ribera del mar incluye en esta, y por tanto en el dominio público, tanto los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar, como las playas o zonas de depósitos de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marítimo, u otras causas naturales o artificiales, pero sin explicitar los límites.

Probablemente falta una visión dinámica de los procesos e interacciones entre los distintos ecosistemas, que podrían ser la clave para establecer las fronteras donde la influencia marina ya no es decisiva, correspondiendo con el límite más continental de la ribera del mar.

1.2.1. Definir y determinar la naturaleza del bien demanial.

En relación con la práctica del deslinde, alude Blasco Díaz (1999) a la intervención cualificada, que resulta especialmente necesaria a tenor de concretar el límite que define el Art 4º de Reglamento, hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa. La elección de aspectos que puedan constituir elementos diferenciadores de los sistemas litoral/terrestre y la medida de estos parámetros, son indicadores utilizados de manera habitual en los trabajos de Ecología, y en los estudios de Impacto Ambiental. Bien es cierto que no constituyan una práctica habitual en las delimitaciones, como tampoco lo

es en Ecología la definición precisa del ámbito territorial de franjas o sistemas de transición, puesto que los trabajos habituales de ecosistemas no exigen este nivel de definición. No obstante estos indicadores pueden utilizarse como elementos científicos de juicio muy útiles para determinar la franja litoral que constituye la zona marítimo- terrestre, instituyendo así una aplicación práctica y pericial que soporte la decisión administrativa o jurídica.

También la ausencia del lenguaje y los conceptos habituales en la Ecología son patentes en toda la Ley, aunque uno de sus objetivos sea la protección del medio ambiente. Esta visión anticuada resulta muy evidente en la exposición de motivos de la Ley 22/1988 por el uso de conceptos como “la desnaturalización de porciones del dominio público litoral”, o bien “el paisaje litoral de no hace más de treinta años”, y más adelante cuando habla de los “factores que han incidido negativamente sobre la conservación de este escenario natural”, además de las referencias continuas al “uso” colectivo, y no a la conservación: “ciertas extensiones de la ribera del mar han quedado injustificadamente sustraídas al disfrute de la colectividad”. La protección del litoral aparece pues como algo subsidiario a la conservación del propio ecosistema, que resulta amparado por la Ley como resultado de la necesidad del disfrute de la población y no por su naturaleza y el interés que en sí mismo posee.

Otras afirmaciones son de mayor carácter conservacionista como cuando se escribe que “entre los casos más lamentables de degradación física puede citarse la destrucción de los más importantes núcleos generadores de vida en el medio marino, las marismas. Muchos de estos espacios vitales para la producción orgánica y biológica han sido destruidos bajo pretendidos motivos sanitarios, económicos o agrícolas, incluso con subvenciones económicas y exenciones tributarias, habiendo sido dedicados realmente a una edificación especulativa” (Exposición de Motivos de la Ley de Costas, de 22/1988), ponen en evidencia una preocupación medioambiental, pero también una simplicidad y rudeza de

los términos y conceptos relacionados con la interacción entre el medio físico y la biocenosis y la dinámica de los procesos en los ecosistemas. En definitiva se olvida de considerar la costa, el litoral o ribera del mar como un hábitat concreto, con unas características medioambientales definidas por unos parámetros, y con una comunidad peculiar de organismos, organizada, y con unas estrategias y estructuras determinadas entre ciertos límites.

Como es previsible, esta visión sesgada del litoral conduce a las determinaciones y procedimientos que exige la Ley para delimitar el dominio público, tal y como se recoge en el Art 18. 1, 19.1 y 24.1, del Reglamento de costas, que gozan de las mismas limitaciones:

“Art 18.1...el archivo actualizado de documentos y planos de los deslindes del dominio público marítimo-terrestre con fichas individuales, que podrán sustituirse por un banco de datos susceptible de tratamiento informático, que contendrán los emplazamientos y clases de bienes que lo integran.

Art. 19. 1. El deslinde determinará siempre el límite interior del dominio público marítimo-terrestre, sin perjuicio de que se puedan delimitar también las distintas clases de pertenencias que lo integran. Cuando el mencionado límite interior no coincida con el de la ribera del mar, se fijará en el plano, en todo caso, el de esta última, además de aquél. No obstante, el amojonamiento sólo reflejará el límite interior del dominio público”.

O más adelante donde (Art. 24. 1.) se añade que “Practicadas las actuaciones previstas en los artículos 22 y 23, el Servicio Periférico de Costas formulará el proyecto de deslinde, que comprenderá:

a) Memoria, con descripción de las actuaciones practicadas e incidencias producidas y con justificación de la línea de deslinde propuesta y demás delimitaciones previstas en el artículo 19, en función de aquéllas y de los informes emitidos y elevaciones presentadas.

b) Planos topográficos a escala no inferior a 1/1.000, con el trazado de la línea de deslinde y las delimitaciones indicadas.

c) Pliego de condiciones para el replanteo y posterior amojonamiento del deslinde.

d) Presupuesto estimado. (Costas, Reglamento de; RCL 1989\2639)”

Lo que en la experiencia conduce a que el deslinde se tiene que reducir al estudio de planos topográficos, fotos aéreas, línea de deslinde anterior, conflictividad posible, y poco más que el leal saber y entender del técnico que hace el trabajo de campo, y realiza la propuesta de deslinde.

Esta nebulosa en la que se instala la acción delimitadora conduce en la práctica a una parálisis de los procesos administrativos, que simplemente ven iniciado el deslinde previo y solo se concluyen cuando, o bien se trata de conflictos entre suelo de titularidad de otra Administración u organismo (suelo patrimonial de Gobierno Autónomo o Central, dominio público hidráulico, etc) o bien en los procesos urbanísticos, cuando es preceptivo el informe de costas para el planeamiento urbanístico, y los promotores, o bien la Administración local implicada, prefieren aceptar las propuestas de deslinde provisional realizada, aunque no parezcan razonables, renunciando al litigio en muchos casos en aras de ganar tiempo.

En definitiva, la experiencia acumulada parece evidenciar que es necesario complementar la normativa con una visión más acorde con la realidad dinámica de este medio, tal como los procesos geomorfológicos y dinámicos de formación de las dunas, comunidades biológicas o parámetros que influyen en su ordenación espacial, o bien factores externos, como los aportes de los ríos o el transporte producido por la dinámica litoral.

1.2.2. Las discontinuidades entre los subsistemas litorales como elementos delimitadores de franjas, fronteras o interfases entre ecosistemas costeros. Interés de su uso como instrumentos científico-técnico para delimitar la costa.

El procedimiento para practicar el deslinde de la ribera del mar, tal y como se recoge en el reglamento de la Ley de costas, artículos 18 y 19 exige la elaboración de un proyecto de deslinde, y unos datos, ya citados en el punto anterior, y sobre todo el 24.1, donde se especifican los apartados que comprenderá el citado proyecto. Tan solo se incluye la exigencia de una memoria y planos, pero en ningún lugar se refleja a qué deben referirse las actuaciones practicadas, ni los fundamentos científico-técnicos que deben considerarse y servir de base para marcar el linde.

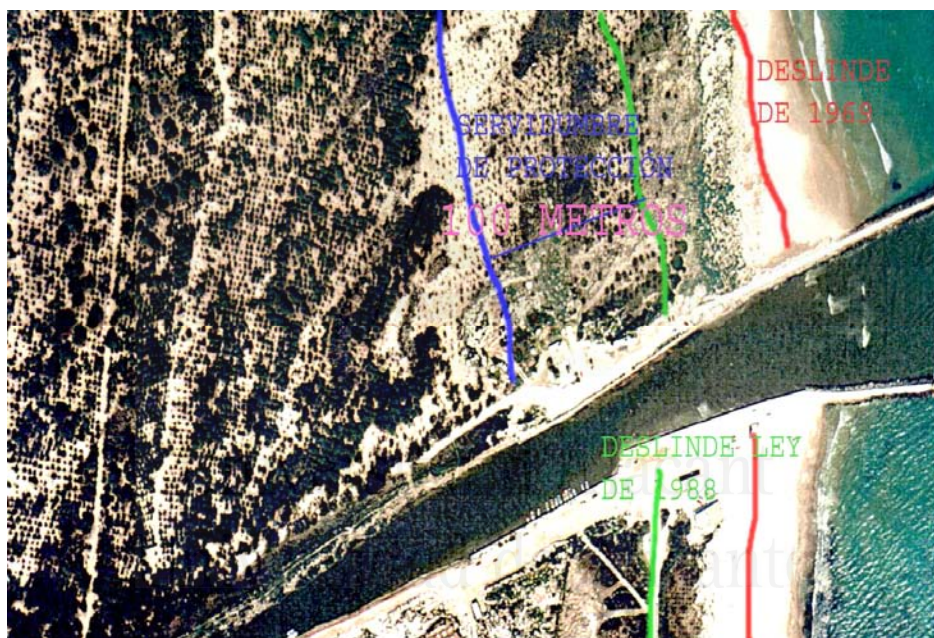
Esta ambigüedad es especialmente grave al tratarse de un territorio de extraordinario valor económico y medioambiental, y esta indeterminación, producto de la necesaria subjetividad con que debe actuar el técnico responsable de efectuar el deslinde, solo genera inseguridad y conduce a decisiones forzosamente arbitrarias.

Si bien en gran parte de la costa, acantilados, costas rocosas o pequeñas playas, puede ser relativamente fácil la localización del dominio público marítimo terrestre a partir de las delimitaciones y clasificaciones establecidas en la Ley y el Reglamento, en otros casos, como son las playas con cordones dunares y en las zonas de marismas, que son bandas constituidas por ecosistemas mixtos donde la tierra, el agua y el aire se juntan (Carter, 1998), resulta mucho más complicado. La exigencia y la complejidad con que debe actuarse para determinar el límite preciso, de lo que Margalef (1974) llama "fronteras", es muy superior

No solo están ausentes de toda la Ley y el Reglamento los términos relacionados con el estudio de ecosistemas, sino que los parámetros y conceptos utilizados en la ecología, simplemente se ignoran. También otros medios técnicos, como la teledetección, utilizado con

frecuencia en el trabajo de campo y seguimiento de las costas, en otros países están ausentes.

Según Verdier (1982) el conocimiento de los paisajes litorales caduca pronto, como consecuencia de la evolución rápida de su morfología, de su biogeografía o incluso de la ocupación humana, por lo que es conveniente el uso de técnicas que permitan una valoración global e integrada del territorio. Por esto considera que las determinaciones de las bandas espectrales usadas en teledetección informan también de la



Desembocadura del Segura, con el nuevo deslinde y el de 1969. El nuevo deslinde discurre entre dunas y siguiendo un trazado arbitrario. La servidumbre de protección, de 100 metros, ocupa también una franja entre dunas, que en nada difiere de las colindantes, situadas más próximas o más alejadas de la playa.

naturaleza de los estrans (roca, vegetación, grado de humedad), así como los paisajes litorales de tierra firme tales como la evolución de la vegetación de las dunas litorales, urbanización de los espacios litorales, y pueden ser instrumentos de gran valor para conocer la extensión, situación y límites del ecosistema.

El hecho de ser el litoral una zona de rápida evolución, donde las fronteras son cambiantes y difíciles de determinar, parece a priori un biotopo cuya delimitación puede realizarse analizando y cuantificando los parámetros utilizados para caracterizar los ecosistemas, y pueden tener una buena aplicación los conceptos y técnicas utilizados por los ecólogos, que para este caso de eficacia administrativa podrían ser de extraordinaria utilidad. En este proceso, como en la caracterización del ecosistema, será necesario determinar los factores más característicos y valor de los parámetros, con la finalidad de simplificar los trabajos conservando un elevado nivel de rigor y fiabilidad.

En relación con estos ecosistemas considerados fronteras, puede entenderse que cualquier sistema se puede subdividir en subsistemas atendiendo a diversos criterios, con mayor o menor arbitrariedad. Se puede poner como condición para aceptar una clasificación la de que cada subsistema esté en continuidad espacial, es decir, que no esté superpuesto o sea coextensivo con el otro (Margalef, 1974). No se trata de eliminar un falso problema con una formulación muy general, sino adoptar un punto de vista más pragmático y ver lo que hay de común detrás del reconocimiento de parcelas, teselas, biocenosis o comunidades por parte del ecólogo, fijándose más en las posibles discontinuidades acumuladas a lo largo de ciertas líneas o fronteras, que en el resultado de las pruebas de homogeneidad aplicadas a cada una de las áreas definidas por dichas fronteras. Es decir, a diferencia del punto de vista estadístico más usual, interesarán más las discontinuidades que la supuesta homogeneidad o uniformidad de las diversas áreas (Margalef, 1974).

En el proceso de génesis de las dunas, los arenales costeros se forman por la acción del viento, allí donde el mar hace una aportación de sedimentos que proceden del transporte de los cursos fluviales y de las corrientes marinas litorales. En su origen tienen también una intervención importante los vegetales capaces de colonizar las arenas desnudas (Escarré A, Historia natural dels Països Catalans, capítulo 3.5 del tomo 14,

1989). La conservación de las mismas, está a su vez íntimamente vinculada con el papel de los seres vivos, sobre todo a las plantas que las fijan. Esta pervivencia de los cordones dunares y las playas está a su vez condicionada por los procesos litorales, por lo que deben tenerse también en consideración otros criterios como los relacionados con la dinámica litoral y aportes de sedimentos, a los que apenas presta atención tanto la Ley como el Reglamento, aunque aparece claramente expresado en la exposición de motivos.

Cabe también constatar que existe una aparente diferencia entre la doctrina y concepciones que se encuentran en el preámbulo de la Ley y el texto normativo, impregnado aquel de trasfondos medioambientales mucho más claros, que no se evidencian luego en el propio desarrollo del articulado de la Ley.

Las reflexiones de Carter (1998), sobre el litoral pueden también ser clarificadoras de las cuestiones planteadas más atrás, en el sentido de que considera que la zona costera es el espacio en el cual el medio ambiente terrestre influencia al marino (o lacustre) y viceversa. La zona costera tiene un ancho variable y puede cambiar con el tiempo. La delimitación de los linderos zonales no es normalmente posible, sino que, frecuentemente dichos límites están marcados por un gradiente de transición medioambiental. En una localidad dada, la zona costera puede caracterizarse de acuerdo con criterios físicos, biológicos o culturales claros. Estos no necesitan coincidir, y de hecho raramente ocurre (Carter, 1998).

Aunque para cada caso de deslinde, y según la costa, puedan utilizarse parámetros medioambientales diferentes y complementarios en función de su importancia local, es cierto que existen factores que son comunes a todas las zonas litorales, como es el spray marino o el encharcamiento de aguas marinas, las plantas psammófilas o los efectos negativos en los vegetales que crecen sobre las dunas pero no son

estrictos del arenal costero. También otros como insectos, reptiles u otra fauna de arenal, o bien asociaciones vegetales. La geomorfología, pluviometría, clima, y otros factores locales pueden determinar la importancia relativa de los distintos componentes del ecosistema, tanto de su biotopo como de la biocenosis, y aconsejar cuales de ellos pueden ser utilizados para valorar las discontinuidades entre ecosistemas colindantes (Margalef, 1974).

Los factores utilizados en este trabajo para establecer los límites de las diferentes franjas, ecosistemas, biocenosis o teselas, y que se han utilizado como indicadores, se han elegido teniendo en cuenta tanto el clima como la acción antrópica y la génesis dunar, condicionada por los aportes fluviales y la dinámica litoral. Estos factores analizados aparentemente pueden ser de gran utilidad para establecer el límite interno de la Ribera del mar, que tiene continuidad espacial con el subsistema terrestre, utilizando como objetivo el que figura en la Ley 22 de 1988, que debe situarse en el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa. Ambos objetivos, estabilidad y defensa de la costa precisan primero la definición espacial del subsistema costa, y por tanto establecer el límite tanto hacia el mar como con el sistema continental contiguo, aunque en realidad es la línea terrestre la que marca el interés administrativo y exige más rigor y resulta eficaz en la defensa de este ecosistema.

Estas aportaciones pueden permitir dotar el acto administrativo de deslinde de la costa de un rigor científico no previsto en la Ley, puesto que en ella no se reflejan la idea de evolución de su morfología y de las comunidades asociadas al territorio, consecuencia de la dinámica del litoral presión antrópica o las interacciones entre subsistemas y flujos de materia y energía, propios de esta franja sometida a dinámicas tan vivas.

La posibilidad y el interés de contar con información científico técnica definida, y de una visión medioambiental del territorio sometido a

deslinde parece evidente, y en consonancia con las nuevas exigencias legales de acompañar de Informes o Estudios Ambientales, definidos y evaluables, sin que este procedimiento tenga que ser idéntico. De hecho los límites que marcan la frontera entre la influencia marina (ribera del mar o costa), y la terrestre, son mucho más tenues, y la organización espacial de los ecosistemas, y la distribución de las poblaciones, condicionada por numerosas variables, tales como los gradientes de humedad, insolación, propiedades mecánicas del suelo o, efectos del spray marino, por lo que deberán utilizarse varios elementos representativos, y sus resultados ser evaluados por el ecólogo que deba informar sobre la ubicación del límite de estos subsistemas litorales.

De entre todas las posibles, y para la costa situada en la bahía del río Segura se han elegido aquellas que cumplan las condiciones que señala Margalef (1974), en el sentido de presentan gradientes notables. Unas de carácter físico- químico, otras relacionadas con los seres vivos que forman la biocenosis. También se han tenido en cuenta cuestiones como la luz o la humedad del suelo, porque en relación con ellos se distribuyen las poblaciones. Se han tenido además en cuenta aquellos atributos de que debe gozar un indicador, su sencillez, capacidad de resumir muchos valores y economía (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, 2000), y también otros requisitos como el hecho de que deben elegirse variables independientes que den un máximo de varianza. (Margalef, 1974).

La elección de unos u otros factores permite establecer una sistemática para la delimitación de ecosistemas de escala variable, y situados en costas diferentes y climas muy distantes. Evaluar varios elementos a través de diversos indicadores y cruzar los datos parece conveniente, porque la separación espacial de estas franjas está producida por formas de interacción más débiles, lineares y que afectan a un mayor número de elementos, que conducen naturalmente al desarrollo de un rico mosaico o motivo de distribución. El significado del espacio en la

organización de los ecosistemas se puede estudiar en un amplio espectro de dimensiones:

- 1) Organización espacial a pequeña escala, entre centímetros y metros (si se quiere se puede considerar como una organización interna al ecosistema).
- 2) Relaciones entre sistemas a una escala de dimensiones tal que no hay un ciclo completo homogéneo, sino que se pueden reconocer fronteras a través de las cuales los intercambios son menores.
- 3) A mayor escala aparecen las diferencias entre los grandes tipos de ecosistemas en las que existe una componente importante de tipo histórico y evolutivo; este aspecto enlaza con la biogeografía. (Margalef, 1974).

Esta posibilidad de organizar el espacio teniendo en cuenta diversas variables, con valores diferentes, y que en muchos puntos se superponen, podría aportar alguna idea y orientar las soluciones a la cuestión que se plantea como fundamental: establecer con precisión el deslinde de la ribera del mar. Una visión del litoral desde el punto de vista de la ecología es quizá la más precisa y objetiva, aun con las dificultades que entraña, pero que en todo caso son mucho menores que la subjetividad casi intuitiva que se prevé en la realización del deslinde costero. La distribución de especies y su relación con los parámetros físicos puede ser de gran utilidad para determinar el límite espacial del territorio marítimo y su continuidad, para evitar la superposición con el terrestre.

El conocimiento, génesis y evolución del medio físico costero que se pretende deslindar, a través de las diferentes técnicas de estudio de la dinámica litoral, aportes de sedimentos, planos comparativos de la evolución de la superficie dunar, y otros que se consideren relevantes, junto a las comunidades naturales pueden ser una herramienta

insustituible, si a ella se añaden estos indicadores, para establecer la línea que separa estos subsistemas y concretar en una línea el cambio de las superficies de tendencia, de modo que pueden servir directamente para proporcionar una descripción apropiada de ciertas distribuciones muy simétricas, que cabalgan sobre distribuciones y valores de factores (Margalef, 1974), algunos de los cuales, a ser posible los más representativos, deben ser los que se utilicen como indicadores para cada costa.

1.3. DETERMINACIONES LEGALES EN OTROS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO. LOS DISTINTOS CONCEPTOS JURÍDICOS DE LA COSTA Y LOS NIVELES DE PROTECCIÓN LEGAL.

1.3.1. Nuestro entorno cultural

En los países de nuestro entorno cultural, existen normas de protección y ordenamiento bastante diferentes, bien en cuanto al espacio costero de aplicación o por su concreción y exigencia, y por tanto generan diferentes niveles de protección y ámbito de aplicación en el litoral. Ello comporta una gran dificultad a la hora de poder establecer comparaciones, no obstante parece inevitable comentar algunas de las situaciones que nos puedan ser útiles como referentes: Italia, Francia, Gran Bretaña, Estados Unidos, Portugal y Suecia y probablemente, inspirado en la legislación española, el caso de Cuba.

En Italia, con una longitud de litoral similar a la nuestra, las competencias se encuentran repartidas entre el Estado, las Regiones y los Ayuntamientos, según las materias. Esta situación, a partir de que el D.P.R. 616/1977 produjo una transferencia de funciones administrativas a la región, que ha generado fuertes tensiones entre las administraciones, sobre todo las dos primeras, a pesar de que las transferencias están delimitadas, y solo se referían a materias cuyo ámbito fuera el litoral

marítimo y el área demanial inmediatamente adyacente, y que la traslación de potestades solo operaría cuando la utilización prevista tuviese finalidad turística y recreativa. Sin embargo es el Estado quien formula la propuesta de planeamiento (a través del Plan general de Defensa del Mar y de la Costa), que contiene aspectos tan fundamentales como los urbanísticos, económicos, o ecológicos, entre otros. Es además quien tramita el expediente y lo aprueba, mediante un organismo, el Comité interregional de Programación Económica (Moreno Cánoves, 1990).

De las normas con que el Estado francés regula el litoral, la más importante es la Ley 2/1986, de 3 de enero, relativa a la ordenación, protección y revalorización del litoral, y que probablemente ha ejercido una destacada influencia en nuestra Ley de Costas de 1988. Esta norma plantea entre sus objetivos la protección de los equilibrios biológicos y ecológicos, la preservación de los parajes y paisajes y del patrimonio costero. La Ley establece que el litoral debe entenderse como una entidad geográfica, pero resulta evidente en ella la falta de precisión y criterio metodológico que permitan alcanzarla (Moreno Cánoves, 1990).

El método seguido por el legislador francés ha sido, a través del catálogo de municipios litorales, donde se ordena el uso del suelo y se regula, a través de un capítulo del Código del Urbanismo denominado Disposiciones particulares del litoral. En él se establecen las condiciones de ocupación del suelo, en los municipios litorales. Entre sus prescripciones se implanta la prohibición de construir en una franja del litoral de 100 metros, que se contarán desde el límite alto de la ribera, aunque el Plan de Ocupación de suelos puede aumentar los 100 metros de profundidad de la franja de manera ilimitada, "si esta se justifica en razón de la sensibilidad del medio, o para prevenir la erosión de la costa" (Verdier, 1982).

Al igual que en nuestra Ley, la competencia del deslinde del dominio público se atribuye al Estado, y debe basarse en observaciones en el lugar,

en función de informaciones suministradas por procedimientos científicos. (Moreno Cánoves, 1990).

Mucho más alejada del concepto español es la normativa inglesa, puesto que en el caso de Gran Bretaña no existe el concepto de dominio público, ni tan solo el de uso público de las playas, excepto para navegación y pesca. Más bien el ordenamiento británico ha tenido como objeto la protección de las playas y de las tierras frente a la acción del mar, (Moreno Cánoves, 1990).

En los Estados Unidos tampoco las normas legales se acercan a las europeas en el sentido proteccionista de la costa. La Ley de 1972 tiene por objeto la gestión de las zonas litorales, y más en concreto el control de los usos del litoral, por el impacto que pueda tener en la contaminación marina. En ese sentido la define el litoral como "la zona que se extiende tierra adentro, desde la línea de costa, y está constituida solamente el terreno necesario para controlar las tierras costeras, cuyos usos tienen un impacto directo y significado sobre las aguas costeras". Establece un programa de gestión, cuyo objeto es orientar los usos públicos y privados de las tierras y las aguas costeras. Sin embargo solo son públicas menos del 10 % de sus costas, lo que en realidad supone el auténtico problema.

Así pues, solo en el caso francés, donde se parte de una ordenación urbanística y de usos del litoral, y se establece la exigencia de contar con información suministrada por procedimientos científicos, o el caso de Portugal, donde el límite del dominio público marítimo terrestre se establece en 50 metros, medidos a partir de la línea de máxima pleamar de las aguas vivas equinocciales (Moreno, 1990), podemos encontrar algunas referencias con las que podamos comparar y encontrar similitudes para resolver uno de los graves problemas de aplicación de la Ley de Costas de 1988, la realización del deslinde que establezca la delimitación del dominio público marítimo terrestre con mayor seguridad científica y jurídica.

1.3.2. El caso sueco.

Suecia es un país que se considera y es considerado como pionero en los temas medioambientales, fundamentalmente por su visión global, pero también porque las normas suecas consideran la naturaleza no solo como un recurso económico explotable por el ser humano a su libre albedrío, sino que ese derecho establece que la naturaleza tiene un valor intrínseco que ha de ser conservado tanto tiempo como sea posible. Eso está relacionado con la dependencia de estas sociedades humanas del medio natural. “Es allí donde los humanos pueden descansar de los problemas cotidianos y cobrar nuevas fuerzas” (Instituto Sueco, junio de 1999, Ley de Protección medioambiental).

Según el Instituto Sueco, la adhesión de Suecia a la Unión Europea en 1995 no ha mejorado directamente al medio ambiente del país, pero sí ha sido útil para fortalecer la posición de los miembros comunitarios progresistas en cuestiones medioambientales, de manera que según sus criterios” va y ha ido a la cabeza, y su política medioambiental ha servido de ejemplo para las políticas comunitarias, o ha inspirado a seguir esa labor en la UE”.

Con la idea de profundizar en el concepto de desarrollo sostenible, conservar la biodiversidad y conservar los entornos valiosos histórico - culturales, entre otras, promulgan el Código de Medio Ambiente, en junio de 1998, que entró en vigor a comienzos de 1999. El objetivo del nuevo Código Medioambiental (Miljöbalken), “es garantizar al ciudadano un entorno sano y bueno, ahora y en el futuro” (Instituto Sueco). El nuevo código plantea los mismos requisitos fundamentales a todo lo que influya en el medio ambiente, en el sentido de que la naturaleza tiene un valor propio intrínseco y que el ser humano tiene la responsabilidad de administrarlo bien. Sustituye a 15 leyes medioambientales distintas, que a veces resultaban contradictorias o poco inteligibles. Con posterioridad se han ido produciendo los desarrollos normativos más específicos.

En relación con las costas, lagos interiores y corrientes de agua rige la protección de riberas, es decir la prohibición de construir edificios con destino a viviendas, vallas o muelles, etc, situados a menos de 100 metros, y en algunos casos a 300 de la orilla, con la finalidad de mantener las riberas abiertas al uso público y conservar la flora y fauna. Esta protección no se extiende, sin embargo, a todo el litoral, sino que las zonas poco pobladas suelen estar exentas de esta protección.

En el apartado primero del Código de Medio Ambiente, Disposiciones Generales, Capítulo 1. Objetivos y Ámbito de aplicación, en su artículo primero se dispone como objetivo que “las disposiciones del presente código tienen por objeto fomentar el desarrollo sostenible, con vistas a asegurar a las generaciones actuales y futuras un medio ambiente saludable y bueno. Tal desarrollo parte del reconocimiento de que la naturaleza es un bien que debe protegerse y que el derecho del hombre a modificar y utilizar la naturaleza está unido a la responsabilidad de cuidarla.” Y en su apartado segundo “Se protegerán y se cuidarán los espacios que son valiosos desde el punto de vista natural y cultural”.

Esta obligación no afecta solo al estado, sino que en distintos artículos y apartados crea figuras de protección, y asigna competencias a “gobiernos provinciales” o “municipios”, que tienen capacidad para calificar las tierras o aguas, incluso como Reserva Natural, o Lugar de Interés Nacional, o disposiciones limitadoras de caza y pesca, entre otras. Las normas de Protección del Litoral, que aparecen en el capítulo séptimo, artículo 13, establecen el ámbito de aplicación y el objetivo, e indican que “La protección del litoral será de aplicación en las costas de mar, lagos y cursos de agua”. Dicha salvaguardia tiene por objeto “proteger las posibilidades de ocio del público al aire libre así como la conservación de unas condiciones favorables para la flora y la fauna, en tierra y agua”.

Más adelante, en su artículo 14, 15, 16 y 17 se determinan las distancias al mar de la servidumbre, exenciones, y edificaciones que se

prohíben. De manera similar al derecho francés el artículo 14 fija la franja de servidumbre mínima y máxima en cifras y conceptos similares: “La protección litoral comprende las tierras y aguas hasta una distancia de 100 metros desde la orilla, a la altura media del agua. El Consejo de Ministros o la autoridad que éste designe podrá ampliar dicha zona hasta un máximo de 300 m desde la orilla”. Pero aquí estas limitaciones están también sometidas a excepciones, y en el artículo 15 prevé las exclusiones “El Consejo de Ministros o la autoridad que éste designe podrá decretar que una zona del litoral, que obviamente carezca de importancia para satisfacer los propósitos de la protección del litoral, quede exenta de dicha protección”.

Dentro de la zona de protección del litoral estarán prohibidas (Art.16 del Código de Medioambiente):

1. “La construcción de edificios nuevos
2. La reforma de edificios existentes de modo que desempeñen una función sustancialmente diferente a la original.
3. Excavaciones u otras obras previas a las obras de construcción mencionadas en los puntos 1 y 2.
4. La construcción de otras edificaciones o instalaciones que impidan o dificulten el acceso del público a una zona en la que, de no ser así, podría circular libremente o deteriorar las condiciones para la flora o la fauna.
5. Otras actuaciones que deterioren sustancialmente las condiciones de la flora y la fauna.”

Prohibiciones que como se ha dicho más atrás podrán quedar sin aplicación bien por estar expresamente autorizadas por Consejo de Ministros (Art 17), o por existir motivos especiales por los que podrán concederse exenciones por el Gobierno Civil (Art 18). Al igual que en el derecho español (Ley 4/1989, de 27 de Marzo), a partir de la Ley de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, y el desarrollo previsto en ella, en este código también se recogen otras

figuras más específicas de protección, que pueden afectar a la costa, en forma de Reservas, Parques, etc, y que poseen su norma específica en cada caso.

Sin ánimo de realizar un análisis exhaustivo de las normas de protección establecidas en este código en relación con la Ley española de 22/1988, sin duda hay una diferencia fundamental, y es el hecho de que la norma sueca trata solo de establecer limitaciones al uso de la costa. Esta afirmación se sustenta en el contenido del apartado referido a derechos particulares, y objetivos como el hecho de que "las restricciones del derecho de una persona a gozar de tierras o aguas, establecidas de conformidad con una disposición protectora del presente capítulo, no serán más restrictivas de lo estrictamente necesario para satisfacer su finalidad protectora", (Art 25, los intereses individuales). Mientras que en el caso español, además de las limitaciones que se establecen en las zonas de servidumbre (de protección, de paso, de acceso al mar) o zonas de influencia, en todo caso afectan a la costa de todo el estado y son escasas exenciones (puertos, zonas urbanas...).

Sin embargo es en la definición de la zona marítimo terrestre mediante el deslinde, y la incorporación de las zonas costeras que resulten incluidas en la definición al dominio público y que por tanto gocen de su naturaleza demanial, donde se encuentra el instrumento de protección más potente de la costa española, porque la Ley de Costas vigente, a diferencia del resto de normas analizadas no se limita a proteger sino que incluye en el ámbito costero toda aquella franja que tenga esa naturaleza marítimo-terrestre, y le presta su esencia dominical.

Es por tanto en la incorporación al demanio de las dunas y almarjales del sistema español donde se halla el máximo cobijo protector de estos ecosistemas tan sensibles y amenazados, de todos los tipos de normativa comparada en los países de nuestro entorno.

1.3.3. Cuba, una consecuencia de Río.

Aunque no podemos considerar a Cuba como un país del entorno socioeconómico europeo, ello no impide que en este u otros países de otro ámbito, con normativas legales de tipo medioambiental alejadas de las nuestras, haya casos singulares con normas de protección de niveles similares a las europeas. En este sentido el caso cubano puede resultar un ejemplo de lo que decimos, y que puede mostrarse ilustrativo. La Ley No. 81 de 11 de julio de 1997, Ley del Medio Ambiente incluye entre los recursos marinos la zona costera y su zona de protección, las bahías, los estuarios y las playas.

Esta Ley 81 cubana establece los principios generales para su conservación y mejora conforme a la política integral de desarrollo sostenible del país y los principios enunciados en el capítulo 17 del Programa 21, adoptado en la Conferencia de Naciones Unidas, sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992.

En relación con la Ley 22/1988, resulta incluso similar el análisis introductorio de la norma cubana, que realiza de los problemas que afectan a sus costas, y que se produce en el preámbulo de nuestra Ley de Costas, puesto que es en el desarrollo turístico y urbano de la costa donde también se encuentran parte de las causas que conducen al deterioro del litoral:

“las construcciones sobre las dunas, la actividad marítimo portuaria, la siembra de plantas inapropiadas, la extracción de áridos para la construcción, la destrucción de dunas litorales, el relleno de lagunas costeras, la ejecución de obras marítimas y la sobreexplotación de los recursos marinos, entre otros factores, conducen a su modificación y a la pérdida de la diversidad biológica”.

En las zonas de dunas, como en el caso de la Ley española de 1988, para la cubana se extiende también el ámbito costero más allá de la

playa e incluye el primer cordón dunar, fijando un límite, al margen de las titularidades dominicales preexistentes:

” Artículo 4.- Los límites de la zona costera se establecen atendiendo a la estructura y configuración de los distintos tipos de costas según se describe a continuación:

- El límite interior de la zona costera, hacia tierra, se establece en cada caso como se dirá:

c) Playa, ecosistema de la zona costera, constituido por materiales sueltos de diferentes espesor en áreas emergidas y submarinas que manifiesta procesos de erosión y acumulación por alteraciones de origen natural o antrópico, con cambios en la dinámica de su perfil; pertenecen a ella las barras submarinas, las bermas y las dunas. Su límite se establece en el borde extremo hacia tierra de la duna más próxima al mar.”

Y al igual que en nuestra Ley de Costas a esta zona costera sigue otra más continental con las franjas protectoras que define como:

”La zona de protección, es el espacio terrestre y marítimo aledaño a la zona costera que amortigua los efectos negativos de las acciones antrópicas y cuyos límites se establecen en dependencia de la tipología establecida en el Artículo anterior (Artículo 5.1, Ley 81 de 1997).

En esta misma Ley, los límites hacia tierra, quedan fijados de la siguiente manera: “Para los tipos indicados en los incisos a), b) y e) del Artículo 4, se establece una anchura mínima de 20 metros, medidos a partir del límite hacia tierra de la zona costera.

Para los tipos indicados en los incisos c), d) y f), del Artículo 4, se establecerá una anchura mínima de 40 metros, medidos a partir del límite hacia tierra de la zona costera.”

En el caso isleño, (Artículo 9 de la Ley 81), es el Ministerio de Economía y Planificación, el rector de la política nacional de ordenamiento territorial y por tanto a quien compete:

“b) establecer en los planes de ordenamiento territorial y el urbanismo los límites de la zona costera y su zona de protección, de conformidad con lo dispuesto en el presente Decreto-Ley.”

Presenta pues el caso cubano una definición, una delimitación, y unas franjas de protección, con un esquema similar al aprobado por el legislador español, aunque sus dimensiones no coincidan. En todo caso los niveles de protección se parecen más a los casos francés, sueco o portugués que al nuestro por su carácter más cercano a la ordenación del territorio, que definitorio del demanio, de su naturaleza y su pretensión de delimitarlo, y menos todavía con objetivos de recuperarlo, como es el caso hispano. Ello no obstante permite afirmar que presenta un perfil claramente avanzado en el sentido de mayor nivel de protección con respecto al resto de las normas de nuestro entorno, mucho más si se considera el que rodea Cuba, y más especialmente en el caso de EEUU.

1.4. OBJETIVOS

Se parte de la consideración de que la playa y el sistema de dunas costeras no es tan solo un elemento geomorfológico sino que constituye un ecosistema peculiar, con un sustrato muy móvil, y que a lo largo del tiempo ha sido colonizado por una serie de organismos que actualmente constituyen una biocenosis muy específica, y de especial interés desde el punto de vista de la biodiversidad, y que son estos elementos que lo conforman o lo han generado los que deben servir para delimitar el ecosistema dunar litoral identificable como dominio público marítimo terrestre.

1.4.1. La hipótesis inicial.

Se basa en la consideración de que tanto la Ley de Costas de 1988 como en el Reglamento que la desarrolla, publicado en 1989, presentan un elevado margen de imprecisión y subjetividad, en la definición del ámbito costero dunar. La Ley incluye como dominio público “las playas o zonas de depósitos de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marítimo, u otras causas naturales o artificiales”. Para delimitar y concretar el ámbito de esta definición tan genérica se prevé en el Reglamento, Art 4º, como criterio que afectará a las zonas más alejadas de la playa incluir “en la delimitación de la playa las cadenas de dunas que estén en desarrollo, desplazamiento o evolución debida a la acción del mar o del viento marino”. No obstante cuando se trate de dunas fijadas por la vegetación el límite se fija tan solo hasta donde “resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa la costa”.

Esta falta de concreción en relación con “lo necesario para garantizar la defensa de la costa” arroja al menos dos grandes carencias, la primera de ella es que se entiende por garantizar la defensa de la costa, y la segunda y más importante qué es la costa y cuál su extensión. La norma parte del principio de que el terreno concreto que debe deslindarse “resulte necesario para”, y no de su naturaleza demanial. Esta elevada dosis de subjetividad e imprecisión ligada a la voluntad interpretativa del técnico que realice el deslinde debía conducir no solo a numerosos litigios y a la pérdida de los recursos por parte de la Administración, sino también a la inseguridad jurídica de los administrados y la ralentización de los procedimientos. En contraposición con la consideración anterior surge la visión del ecólogo que considera las cadenas dunares costeras como un ecosistema peculiar, y la costa una franja del litoral que puede definirse y precisar sus límites. Es precisamente *el territorio con características de costa el ámbito demanial, y son esos elementos definitorios los que*

proporcionan su naturaleza legal costera. La profundización de esa hipótesis tiene que referirse forzosamente a factores concretos que permitan su definición, y puedan concretarse a lo largo del presente trabajo.

La primera de ellas, derivada de la interpretación de las normas, es que este ecosistema costero tiene que desarrollarse forzosamente sobre sustrato arenoso o materiales sueltos transportados por el viento y procedente del mar, o bien que el suelo en cuestión haya tenido este sustrato y se haya eliminado. Para esto constituyen un apoyo esencial las fotos aéreas, partiendo de los vuelos más antiguos, que en algunas zonas se remontan al vuelo de Ruiz de Alda en 1930, aunque las más utilizadas son las de 1957, además de los más recientes vuelos de Costas y del planeamiento urbanístico de los ayuntamientos afectados. Así pues ni la Ley ni el Reglamento determinan que todo el arenal tiene que ser forzosamente costa, sino que parte de él puede quedar fuera de este sistema, como tampoco la presencia del sustrato arenoso condiciona la existencia de un solo ecosistema, por lo que deben además del tipo de suelo deben tenerse en cuenta otros factores que caractericen la franja costera y puedan utilizarse como indicadores de pertenencia al territorio que se pretende delimitar.

1.4.2. Objetivos e hipótesis parciales:

a.- Para determinar el límite con la máxima precisión que exige la técnica del deslinde se parte de la necesidad previa de conocer el medio físico y la génesis dunar, además de la evolución de la línea de costa, y en relación con estas la dinámica litoral, transporte de arena, y posterior traslado por los vientos hasta la playa y formación de dunas, que está afectada fundamentalmente por los aportes de los cauces fluviales, y en menor escala tiene origen animal o erosión de sustratos costeros.

Además, su estabilidad estará siempre relacionada con las oscilaciones que puedan producirse en la línea de costa. Es por eso que la

parte inicial de este trabajo se dedica a hacer un análisis histórico de la sedimentación en el área de estudio, con el uso, tanto de la metodología sedimentológica como en el análisis detallado de cartografías pretéritas del área, así como de información obtenida después de varios años de estudio de yacimientos arqueológicos. Se consideran pues objetivos:

Realizar una reconstrucción del medio de sedimentación relacionado con los ríos Segura y Vinalopó, mediante análisis de columnas de sedimentos y a partir de información arqueológica y cartográfica. El medio hipotéticamente reconstruido se piensa que serían un par de lagunas comunicadas entre si y con el mar abierto, que se habrían colmatado en un periodo relativamente corto. Todos estos aspectos relacionados con la génesis dunar de la actual área de estudio, constituyen el capítulo 2 de la tesis.

Analizar detalladamente la dinámica actual del sistema dunar, después de los cambios más recientes (poco más de un siglo los más antiguos) por medio de un seguimiento detallado de las variaciones de la línea de mar, con una descripción del sistema de corrientes que transportan los sedimentos y también las afectaciones sufridas por la expansión del turismo. En este apartado las evidencias principales son: 1) que los sedimentos que constituyen las dunas actuales provienen mayoritariamente de la cuenca del Segura y 2) que en la zona de estudio, en los últimos cuarenta años, se ha producido un retroceso de la línea de costa a veces muy relevante. Estos temas forman el capítulo tercero de la presente memoria doctoral.

b.- El ecosistema dunar es un claro ejemplo de sistema zonal, con un evidente gradiente perpendicular a la línea de costa, en el que se piensa que debe resultar posible determinar una línea que marque el final de la influencia marina en base a elementos físicos, químicos o biológicos, cuantificables.

Aunque la propuesta del uso de indicadores biológicos para prácticas de deslinde es nueva, no lo es el uso para delimitar humedales o caracterizar masas de agua, y tampoco que ello tenga efectos legales o administrativos. De hecho recientemente (enero de 2008) se han añadido al reglamento de la vigente Ley de Aguas estos conceptos definitorios, derivados en parte de la mayor sensibilidad en la protección medioambiental del dominio público hidráulico, exigida por la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

En el artículo 4 del RDPH, donde se define el cauce del río, que solo contiene componentes hidráulicos y geomorfológicos, “1. Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias”, en esta modificación que pretende definir con mayor precisión componentes útiles para el deslinde se añaden criterios ecológicos para su delimitación: “La determinación de ese terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas” además de otra información disponible (Real Decreto 9/2008, de 11 de enero).

A lo largo de este trabajo se analizan varios factores considerados como muy exclusivos de la costa, y en concreto su vinculación y valores en relación con su proximidad al ecosistema marino. De manera resumida podemos describir los trabajos realizados en este sentido:

- Estimar el alcance de la influencia del spray marino, resultado de la interacción entre el oleaje y los vientos de origen marino, en condiciones meteorológicas extremas, vientos débiles versus temporales de levante. La hipótesis que subyace es la esperable regularidad del proceso físico que se pondrá de manifiesto a través del análisis de captadores de spray y de los depósitos en el suelo, en ambos casos, y que haría posible fijar un límite en las condiciones extremas.
- Valorar el alcance del spray marino, especialmente del que tiene una mayor proporción de sustancias surfactantes, a través de los

daños producidos en los pinos de repoblación. En este caso hay dos hipótesis de interés, 1) que los árboles expuestos, libres de la protección de dunas u de otros pinos, e incluso protegidos, pueden servir también para apreciar el límite del efecto del spray contaminado y 2) que el *Pinus pinea* es más resistente al efecto del spray que el *Pinus halepensis*. Todo lo relacionado con el spray marino constituye el capítulo séptimo de este trabajo.

- Estudiar, en una serie de transectos, la distribución de especies que sean psamófitos estrictos, a lo largo del gradiente de influencia marina. La hipótesis en este caso es que se puede fijar en un transecto, un número o porcentaje mínimo de estas especies, a partir del cual se deja de estar en el ecosistema costero. Toda la información sobre estos datos que podrían ser útiles para delimitar la ribera de mar aparece en el capítulo 8.

- Caracterizar los recursos hídricos del ecosistema de dunas, tanto en las zonas que se han conservado inalteradas como en las que fueron repobladas al principio del siglo pasado, en las que la abundancia y diversidad de psamófitos es considerablemente menor. La hipótesis que surge de la comparación de ambos tipos de sistemas es que los árboles controlan los flujos hídricos y compiten con los psammófitos de menor porte que germinan en sus proximidades, pero que donde no existe repoblación forestal la disponibilidad hídrica no es un factor limitante que condicione la distribución de la flora. Este tema constituye el capítulo 4 de la tesis.

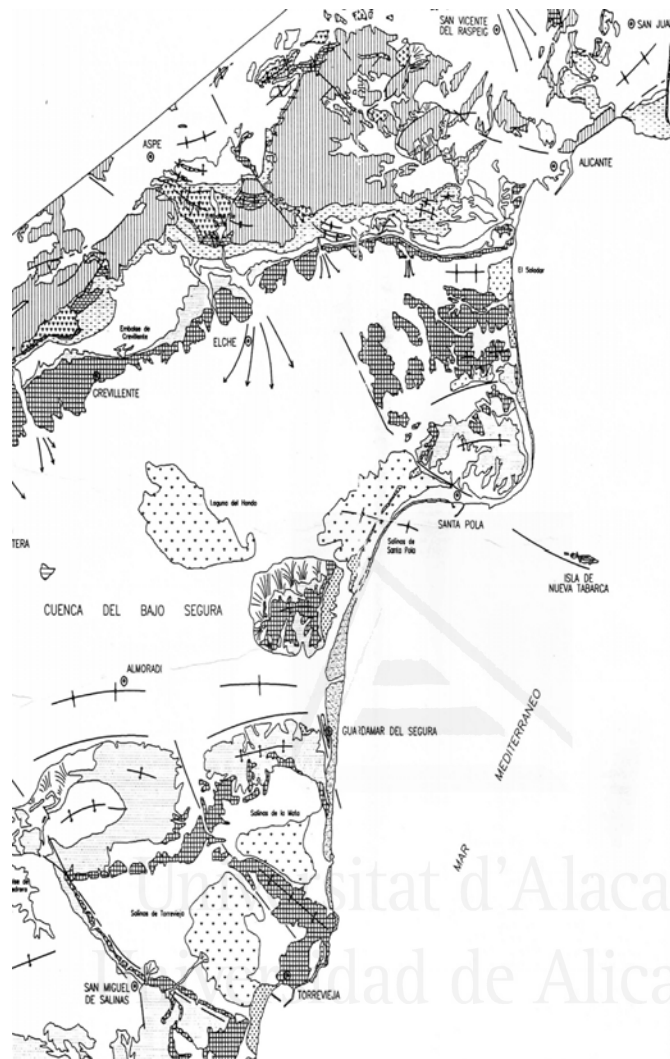
1.5. EL ECOSISTEMA DUNAR DEL SUR DE ALICANTE. ÁREA DE ESTUDIO Y PROBLEMÁTICA

1.5.1. El entorno geomorfológico del área de estudio y las fuentes de materiales.

La bahía del río Segura se extiende entre el cabo Cervera por el sur, en Torrevieja, y el cabo de Santa Pola, que a su vez la separa de la bahía de Alicante por el norte. Al arco alicantino llegan abundantes materiales transportados por las lluvias torrenciales que erosionan la cuenca del barranco de Agua Amarga y la Rambla de las Ovejas. A ellos se suman los procedentes de la erosión costera y los aportes organógenos (Aldeguer, Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros, Capítulo III, 1989). Estos materiales son conducidos hacia el sur por las corrientes costeras y depositados en la playa, donde tras secarse el viento los conduce en sentido perpendicular a la costa, tierra adentro, formando las playas del Saladar primero, y de los Arenales del Sol más cercana al cabo de Santa Pola. Pegados a ambas playas corren paralelos cordones dunares, muy menguados en la zona sur por la acción urbanizadora.

Solo los aportes procedentes del Cabo de las Huertas, se ven interrumpidos por el puerto de Alicante y otras construcciones que modifican la dinámica de esta parte norte de la bahía, a la que además de las fuentes de aportes procedentes del mismo litoral llegan algunas ramblas de menor cuenca que en el sur.

Entre el cabo de Santa Pola y cabo Cervera las arenas que forman las playas se originan en varias localizaciones, unas situadas en los mismos bordes de la playa, al norte y sur de la bahía, por erosión de los materiales rocosos y donde a su vez se hacen muy numerosos los restos organógenos, pero la mayor parte de ellos llegan procedentes de la erosión de la cuenca del Segura en los momentos de fuertes avenidas, puesto que el río Vinalopó en sus avenidas derrama sus aguas en el valle fluvial, que luego se drena a través de canales hasta la desembocadura, al sur de



Ámbito del área de estudio, zona del Saladar, en la bahía de Alicante, y la bahía del río Segura, al sur del cabo de Santa Pola. Alfaro et al, 1999

playa Lisa. Las obras realizadas a lo largo del río Segura, sobre todo los embalses, han producido una gran disminución en las últimas décadas de las arenas finas (Aldeguer, Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros, Capítulo III, 1989). Otra fuente de sedimentos lo constituye la erosión de la

isla de Tabarca y los bajos rocosos entre ella y el cabo de Santa Pola, que aportan arenas oscuras procedentes de los materiales ofíticos que conforman los materiales geológicos de la mitad sur de la isla.

El entorno de la zona costera de estudio que forma la cuenca del Bajo Segura presenta en su posición axial el cauce del río Segura, y está ocupado por sedimentos aluviales y costeros de edad holocena. Esta zona

está limitada por dos estructuras tectónicas activas, la falla de Crevillente, al norte, y la falla del Bajo Segura, al sur. Los datos de de tectónica activa indican un bajo índice de actividad durante el cuaternario, con valores que oscilan entre 0,5 y 1mm de subsidencia (Soria et al, 1999).

En el ámbito de esta cuenca final del Segura permanecen todavía varias zonas lagunares, de cota próxima a la del mar, unas hipersalinas y otras con agua salobre, y la línea litoral con uno o varios cordones dunares cierra esta llanura por el mar. Al norte del cabo de Santa Pola las dunas recientes se apoyan sobre dunas fósiles. Estos depósitos de arena se forman en plataforma regresiva de edad Risense, y avanzan durante la trasgresión Eutirreniense (entre 92.000 y 119.000 años) que no llega a sobrepasar el nivel de la trasgresión Paleotirreniense hace unos 250.000 años (Estévez & Pina, 1989).

1.5.2. Descripción de la zona de estudio: unidades diferenciadas de dunas litorales en la costa sur de la provincia de Alicante.

A los efectos de localizar la costa arenosa estudiada, que de otra parte se corresponde con la práctica totalidad de las dunas alicantinas, y donde posteriormente situar los transectos realizados, los dividimos en cuatro tramos o zonas atendiendo a su génesis y características: la primera desde la playa de Arenales al cabo de Santa Pola, la segunda de la playa del Pinet hasta la desembocadura del río Segura, el tercero desde el sur del río Segura hasta la población de La Mata, y finalmente el cuarto las dunas al sur de La Mata. Forman cuatro unidades con ciertas coincidencias, sobre todo en cuanto a los orígenes de sus arenas y el grado de presión antrópica, vegetación y deterioro del ecosistema.

En relación con la extensión de las dunas, para la costa alicantina Aldeguer & Seva (1989) hacen un cálculo aproximado de la superficie dunar perdida entre 1956 y 1984, mediante la comparación de fotografías

aéreas de esos años, y la estiman en unas 235 has, cerca del 20 % del



total existente

Tramo 1.- Campos de dunas de la playa del Saladar.

Este primer tramo dunar estudiado comienza al sur del término municipal de Alicante y llega hasta el norte del cabo de Santa Pola, en el cual se apoya el campo de dunas. Está formado por arenas no fijadas por repoblación forestal, salvo superficies muy reducidas al sur, con una profundidad media tierra a dentro de unos 400 metros, y una longitud superior a los tres kilómetros. Estos cordones dunares, se apoyan a su vez sobre playas fósiles y dunas Eutirrenienses (Estévez et al, 1989) ya compactadas, que afloran en la parte más alejada de la playa, están interrumpidos por la urbanización de los Arenales del Sol, donde se han destruido las dunas.

Situadas al sur de la bahía de Alicante, deben en buena parte su existencia a una dinámica litoral de claro componente del transporte en sentido norte-sur. Las arenas proceden de varios orígenes, pero sobre todo orgánico, de erosión y aportadas por las corrientes litorales. El origen orgánico es fundamentalmente producto de la destrucción de conchas calcáreas de moluscos, y caparazones de erizos, mientras la erosión afecta a los sustratos rocosos formados por areniscas, materiales tirrenienses subyacentes a las dunas actuales. La dinámica litoral contribuye aportando sedimentos a las playas y dunas del Saladar y Arenales del Sol materiales procedentes del Barranco de la Ovejas y de la Rambla de Agua Amarga fundamentalmente (Aldeguer, 1989), aportaciones que constituyen la mayor parte de los depósitos dunares existentes.

Estas dunas poseen unas comunidades psammófilas muy bien conservadas en las dunas que se conservan, y eso a pesar de la presión antrópica de las urbanizaciones que los rodean. El 20 % de sus anteriores 228, 2 hectáreas están ocupadas en la actualidad por diferentes edificaciones y viales (Aldeguer & Seva, 1989). A pesar de las extracciones de arenas, pisoteo, maquinaria de limpieza de playa, o vertidos de escombros, son las 182 ha mejor conservadas de la provincia de Alicante, tanto desde el punto de vista del sustrato como de las comunidades vegetales, y unas de las consideradas más prístinas de todo el litoral mediterráneo español (Sanjaume & Pardo 1992)

Tramo 2.- Bahía del Segura, desde la desembocadura del río Vinalopó hasta la del Segura, en Guardamar.

Desde el punto de vista geomorfológico estas dunas presentan un excelente estado de conservación, aunque sus comunidades están modificadas como consecuencia de la repoblación forestal con *Pinus halepensis* y *P. pinea*, y en menor medida eucaliptos o cipreses, realizada

a principios del siglo XX, además de *Carpobrotus*, *Arundo* o *Ágave*, utilizadas para detener y fijar las arenas inicialmente.

Salvo pequeñas disminuciones de la superficie debidas al retroceso de la línea de costa, algunas extracciones y ocupación por algunas viviendas, se conservan en la práctica totalidad. Es más, la demolición de edificaciones litorales en la playa de La Marina realizada por la demarcación de Costas, hace unas dos décadas ha permitido la recuperación de la duna litoral en unos dos kilómetros, en la zona situada entre la población de la Marina y Guardamar.

Forman un lienzo paralelo al mar de unos 900 metros de fondo, con varias series de médanos al sur en las proximidades del río Segura, y que se estrechan hasta un solo cordón litoral menor de 100 metros de ancho frente a las salinas de Sta. Pola. Se extienden a lo largo de unos 5 kilómetros de frente litoral. El origen de sus arenas se debe en su mayor parte a los sedimentos procedentes de las avenidas del río Segura; además de los aportes orgánicos, provenientes de fragmentos de caparzones. No deben despreciarse en este tramo los procedentes de la erosión de fondos. En su parte norte, ya frente a las lagunas saladas, se observa un progresivo cambio de color y composición de las arenas de la playa, que más al sur eran materiales calizos y silíceos muy claros, fundamentalmente de origen terrígeno y procedentes de los aportes del Segura, aunque con un creciente porcentaje de fragmentos de conchas de moluscos. Este cambio de color en los materiales cuando nos acercamos a playa Lisa, que al sur era marrón muy claro, se debe al de composición mineralógica, puesto que carbonatos y sílice se van sustituyendo por otros que han sido posiblemente transportados hacia el oeste resultado de la erosión de las ofitas que configuran parte de la Isla Tabarca (Aldeguer, Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros, Capítulo III, 1989).

Tramo 3.- Dunas de la Bahía del río Segura desde el sur del río Segura, hasta la población de La Mata.

Es un campo de dunas de unos nueve kilómetros de longitud, interrumpido por urbanizaciones que han afectado incluso a la duna litoral y que en unos dos kilómetros ocupan los antiguos cordones dunares. El resto se encuentra sometido a una enorme presión antrópica, no solo procedente de los residentes en Guardamar, sino también de las localidades y urbanizaciones vecinas, en una zona que ha experimentado un fuerte crecimiento urbanístico, y cuya población demanda de uso de sus playas, sobre todo en verano cuando el ecosistema es más frágil.

Esta presión tiene como resultado la alteración y destrucción de las comunidades psammófilas, y también de las especies forestales y arbustivas, como consecuencia del pisoteo, y en menor grado abandono de basuras. El resultado más evidente y grave es la velocidad con que se altera la propia morfología de la duna, sobre todo el cordón litoral que ha



Verano de 2003. Avance de las arenas de la antigua duna litoral en la playa del Salidero, al sur de Guardamar

desaparecido en varios kilómetros, desplazándose las arenas tierra a dentro. Como consecuencia de esta destrucción de la duna litoral, recrecida artificialmente hace un siglo para proteger

del spray marino las plántulas de pinos y otras especies usadas en la repoblación, de los vientos de levante y la sal que transportan, ahora ha

desaparecido su efecto protector y afectan de manera más directa a la vegetación.

La suma de procesos, pisoteo e incremento de la acción del spray tiene un efecto sinérgico demoledor, que acelera el proceso de destrucción de la masa forestal pero también de las especies psammófilas, con la consecuente pérdida de fijación de las arenas a ritmos que, de seguir así, conducirán a efectos irreversibles de alteración de gran parte del ecosistema en pocos años.

El origen de estas arenas es fundamentalmente terrígeno, debido a los aportes de sedimentos del Segura en las grandes avenidas, y en menor parte de origen orgánico, procedente de fragmentos de conchas. La superficie dunar calculada por el Ingeniero forestal Francisco Mira fue de 674 Ha para el término municipal de Guardamar, desde el camino del Rebollo por el norte, hasta La Mata por el sur.

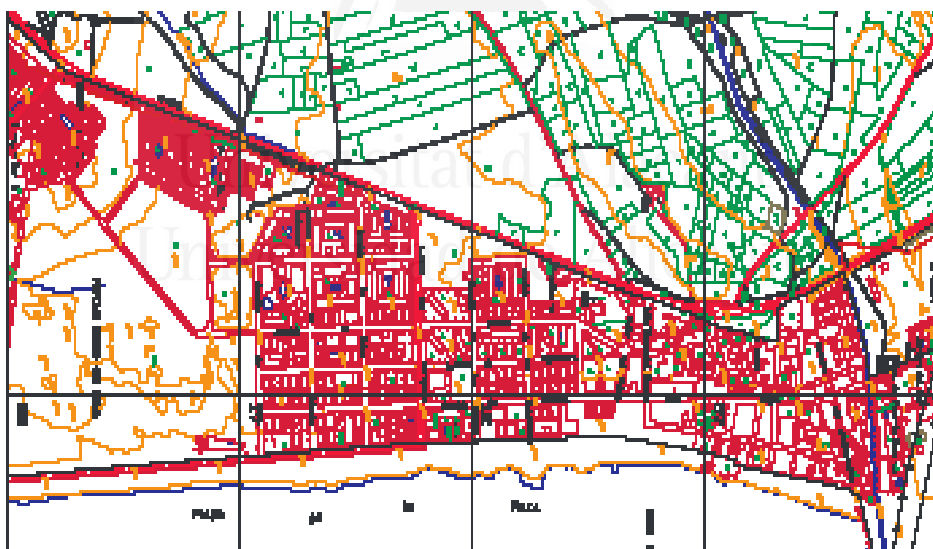
En la actualidad, midiendo en agosto de 2003 sobre planos de escala 1:5000 con el programa Autocad de dibujo técnico, la superficie encerrada en una polilínea que se obtiene es de 555, 45 Has, para todas las dunas del término municipal de Guardamar del Segura, incluyendo las playas, y tomando hasta el norte como lindero el camino del Rebollo y por el sur el acequión de La Mata.

No obstante, si consideramos solo la superficie existente al sur del río Segura, hasta La Mata, obtendremos valores mucho más acordes con la distribución real en la provincia de Alicante, y su reducción. Al mediodía del Segura, de 500 Has existentes hace un siglo, quedan 387, es decir se habían perdido 113, el 22, 6 %. en agosto de 2003.

Mucho menor es el porcentaje de reducción al norte del río Segura, donde la superficie perdida es inferior al 2 %, según se desprende de los datos de Aldegue & Seva (1989).

Tramo 4.-Dunas al sur de La Mata.

Situadas al sur de la bahía del Segura, y de la población de La Mata, han quedado reducidas a unas 30 o 40 Has, según se incluya o no la playa, donde no existe la duna litoral. Hace pocos años se la dirección provincial de Costas eliminó la carretera que las aislaba de la playa y bordeó las arenas que se conservan con un muro perimetral. La carretera se sustituyó por un paso peatonal que las atraviesa, en algunos tramos sin apoyarse en el suelo, formando un pequeño reducto de dunas que se denomina el parque del Molino del Agua, y para su protección incluido en su totalidad en la zona marítimo terrestre. Esta superficie es algo menor que la medida por Seva (1989) que las cifra en 38,1 en 1984, de un total que había en el año 1956 de 79,7Has. Debe tenerse en cuenta que antes no se midió la carretera que las separaba de la playa, y ahora esta



Cartografía catastral 1997. La Mata, Torrevieja. Playa de La Mata, al sur de la bahía del río Segura.
Al sur zona de dunas rodeada de urbanizaciones.

superficie si se incluye. Pero es que además la grave pérdida del 47,80 % que calcula Seva en 1989, ha crecido hasta el 50 % en la actualidad.

El interés de este fragmento dunar reside en que representa un fragmento de las desaparecidas dunas, y que a pesar de su escasa superficie presenta unas comunidades relativamente bien conservadas y sin repoblar con especies alóctonas, y por lo que parece posible su preservación, habida cuenta de que el muro perimetral construido actúa como barrera disuasoria frente al pisoteo, y las personas suelen atravesarlas por la zona de paso habilitada.

Estas dunas se forman también por el aporte de materiales procedentes de las aportaciones del río Segura, que desde la desembocadura se desplazan hacia el sur, siguiendo un balance de las corrientes litorales cada vez más favorable e intenso, en el sentido de la corriente general del mediterráneo. Pero además de estos sedimentos arenosos y aquí ganan mayor protagonismo los procedentes de fragmentos orgánicos, y del estudio de las granulometrías se observa que las muestras de playa de La Mata presentan una contaminación de materiales con diámetro superior, cuyo origen debe ser el procedente de la erosión litoral y de fondo de las dunas fósiles existentes (Aldeguer, Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros, Capítulo III, 1989)

CAPÍTULO SEGUNDO: EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA EN LA BAHIA DEL RÍO SEGURA

2.1. INTRODUCCIÓN

Un objetivo fundamental de la vigente Ley de Costas de 1988 es garantizar la estabilidad de la playa y la defensa la costa, para lo cual parece necesario el previo conocimiento de la evolución de la línea litoral, de los avances o retrocesos de las playas, y la dinámica litoral responsable de la situación en que se encuentra la costa que se pretende delimitar. Para conocer los cambios producidos en las playas, el uso de puntos fijos en costas con campos dunares, como referencia para estudiar la evolución de la línea de la zona marítimo terrestre no es un método habitual, porque esto exige la existencia de una línea de puntos fijos que no se hayan modificado a lo largo del tiempo, y alguna medición antigua y, el menos en la bahía del Segura, no existen. De no haberse desplazado los mojones de anteriores deslindes, por la alteración y destrucción de la duna litoral, probablemente estos puntos de referencia pudieran ser los mismos elementos de piedra u hormigón, puesto que estaban referenciados en planos precisos, pero la mayor parte de estos mojones están desplazados por la propia destrucción de las dunas.

En este caso, y dado el periodo de tiempo que se abarca en este estudio, probablemente los datos obtenidos aquí sean muy útiles para el conocimiento de dinámica litoral, y es posible obtener datos fiables para la evolución de la línea de costa, al menos para alguno de los tramos en que se dividió la zona de estudio.

Comparar los datos que se obtuvieron en los años 85 y 86, con los que puedan medirse en la actualidad, dan una idea fiable de la tendencia en el periodo de tiempo transcurrido, superior a los 16 años.

La comparación de fotografías aéreas a escala, y planos realizados para deslindes o planeamiento urbanístico son otra fuente de datos

existente que puede ser consultada, y que son utilizados con carácter general para estas tareas. Todo ello completa los datos de evolución de la línea de costa realizados por la administración responsable en diversos momentos, y que se comparan a lo largo de este capítulo.

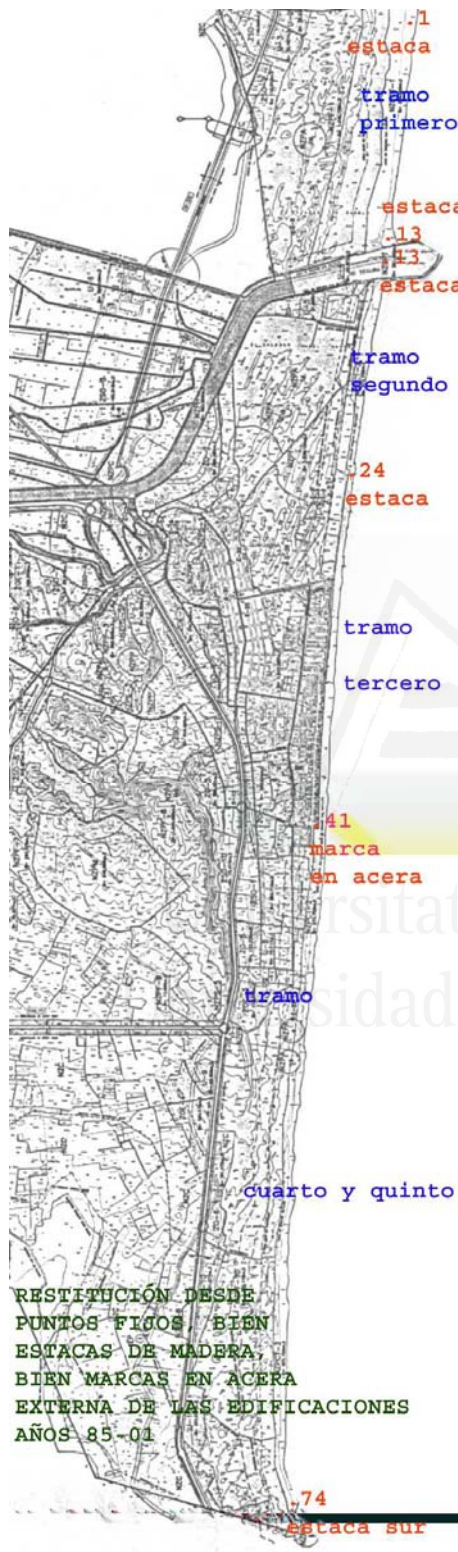
2.2. OBJETIVOS

.2.1. CONOCER EL AVANCE O RETROCESO DE LA LÍNEA DE COSTA EN LA BAHIA DEL SEGURA

La mayor parte del litoral de la península ibérica está formado por costas rocosas que no presentan modificaciones reseñables y resultan relativamente fáciles de delimitar, o bien están alteradas porque presentan un elevado porcentaje de ocupación por infraestructuras urbanas, escolleras, carreteras, puertos comerciales o deportivos. Es en aquellas costas cuyas playas están tuteladas por cordones dunares, o bien de lagunas litorales o terrenos inundables, que constituyen un pequeño porcentaje, donde se acumula buena parte de la biodiversidad litoral y de subsistemas naturales de gran interés y que todavía permanecen en algunas partes del litoral.

Aunque tanto los litorales asociados a zonas encharcadas como los que presentan cordones dunares necesitan un esfuerzo para intentar definir su ámbito, en este trabajo solo se borda de manera detallada las costas con dunas, y más en concreto las vinculadas a la bahía del Segura y asociadas en buena parte a los sedimentos por él transportados, aunque puedan citarse otras fuentes, y también se expone en el capítulo tercero la dinámica litoral en la bahía de Alicante. Otra cuestión más es el hecho de que algunas costas dunares están también asociadas a cordones dunares, que pueden estar cerrando la salida de estas aguas hasta el mar, como ocurre al norte y sur de la bahía, en el Vinalopó y laguna de La Mata.

Aunque es general el consenso en el sentido de que las playas están en retroceso, esta verdad no siempre se cumple y además la pérdida



de superficie de playas no es uniforme donde se produce, puesto que la dinámica litoral está asociada no solo a la dirección preferente con que llegan las olas hasta el mar y las corrientes litorales, sino que los aportes de sedimentos o las construcciones litorales pueden influir de manera muy decisiva en su cambio.

En este capítulo se pretende conocer la evolución de la línea de costa a lo largo de los diferentes tramos de la bahía, y durante aquellos años de los que tenemos referencias precisas, ligado necesariamente a periodos cortos, y no datos generales históricos como los que cabe obtener de la comparación de planos antiguos o yacimientos arqueológicos, o más todavía si se parte del análisis de los estratos rocosos o sedimentos no consolidados que encontramos a lo largo del litoral, más propios de trabajos de geología o sedimentología. Tampoco aquí se pretende valorar el papel de los aportes de sedimentos hasta el mar, puesto que se hace en el siguiente capítulo. En este

apartado se intentan obtener datos concretos referidos a tiempos conocidos con los que analizar los procesos evolutivos de las playas y línea de costa, teniendo en cuenta que la transformación de este litoral bajo y arenoso tiene que concretarse en función de los conceptos y definiciones la Ley 22 de 1988 de Costas, y el objetivo del deslinde es una línea, concreta y definida y no descripciones retóricas.

La evolución costera sirve de referente necesaria para interpretar el futuro a corto plazo, así como matizar el deslinde que se tramita en función de los objetivos de la vigente ley de Costas: mantener la estabilidad de las playas y la defensa de la costa. Difícilmente podremos tomar decisiones en el sentido de la estabilidad de la línea fijada en el límite interior que separa demanio litoral de terrenos patrimoniales, si los datos disponibles no permiten certificar que se mantendrá la situación del litoral, su estabilidad o sus más inmediatos vaivenes. En este punto las decisiones resultan trascendentes desde la perspectiva de que los terrenos no incluidos en la costa o protegidos en la zona de servidumbre suelen in asociados a desarrollos urbanísticos en las costas bajas y arenosas, y por tanto resultan totalmente destruidas, o en todo caso alteradas.

2.3. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio de las transformaciones de la línea de encuentro agua-playa emergida, en el litoral de la bahía del río Segura se ha realizado utilizando varios instrumentos, como es el Trabajo sobre la evolución de la costa del Laboratorio de Puertos del MOPU, de 1979, vuelos fotogramétricos y planos de la dirección General de Costas de varias fechas así como de los ayuntamientos de Guardamar, Elche y Santa Pola. Finalmente se han realizado trabajos propios de medición y seguimiento de la distancia del agua a puntos fijos situados en el borde externo de la playa, y que consisten en puntos situados en construcciones litorales de Guardamar, y una larga serie de postes de madera clavados en la base de barlovento de las dunas, que fueron desapareciendo con el tiempo, pero

que se comenzaron a medir hace más de dos décadas. Estos puntos fijos se han utilizado también para medir la pendiente del estrán desde la base de barlovento de la contraduna en una longitud de 100 m, que comprende parte de playa “seca” y parte de playa sumergida en el extremo opuesto al punto fijo, y tenían como objetivo el conocimiento minucioso de la evolución costera de las playas más utilizadas.

Otros trabajos, ya publicados (Escarré et al, 1989) incluyen datos que tienen que ver con la evolución de la pendiente del estrán- playa, incluida parte de la zona sumergida, en varios puntos de la bahía y que se examinan aquí con el objeto de tener más datos que permitan interpretar mejor la dinámica litoral en esta costa.

Restitución de la línea de costa a partir de puntos fijos situados al final de la playa.

Se trata de un seguimiento realizado a partir de 74 puntos fijos a lo largo de la línea litoral con una longitud de unos diez kilómetros y medio, correspondiente al término municipal de Guardamar del Segura, y que pretendía conocer con detalle la evolución de las playas, en relación con los cambios estacionales, y a lo largo de varios años.

De estos puntos, la mayor parte de ellos corresponden a palos de madera cilíndricos de unos 10 centímetros de diámetro, por metro y medio de longitud, clavadas en la base de barlovento de las dunas litorales, a unos 35 metros de la orilla del mar. Estos palos de madera tienen el inconveniente de que se pudren muy rápido, o son arrancados por bañistas, y hace años que desaparecieron.

Desde ellos se hicieron cuatro mediciones con cinta métrica, y de estos datos parte de ellos se publicaron en el año 1989, en un estudio sobre el medio dunar y la biocenosis de los arenales de la provincia de Alicante, junto con otras aportaciones (Escarré, et al 1989).

En abril del 2001 se ha realizado otra medición a partir de los puntos fijos que quedaban y que corresponden al tramo segundo (Punto tercero en la restitución fotogramétrica), desde el punto 25 al 40, situados en el muro externo de las aceras de viviendas o paseo marítimo, para contrastar mediciones anteriores, no solo por el valor de esta medición, dieciséis años después, sino también por constatar los cambios totales producidos en la duna litoral, y la evolución de las arenas vertidas en la playa en el año 1987, en el tramo que se ha vuelto a medir.

Distancias medias y pendiente del estrán en los cinco tramos de las playas de Guardamar.

El frente litoral del término municipal de Guardamar, que tiene más de diez kilómetros de longitud, se ha muestreado midiendo desde las estacas la distancia al borde de la lámina de agua marina, en la orilla, y la profundidad a una distancia siempre fija de 100 m desde el punto de origen. Luego se han extraído las medias para cada tramo, el primero al norte del río, el segundo al sur hasta las primeras viviendas construidas sobre la playa, el tercero en el frente litoral urbanizado, frente a la población, y uno que resulta de la media de los cuarto y quinto, y que corresponde al frente dunar situado al sur de la población y hasta el término municipal de Torre Vieja, en la población de La Mata.

Los resultados se dan en % de pendiente, teniendo en cuenta que el número tan elevado de puntos no puede dar una media muy precisa, porque a lo largo de cada tramo se producen situaciones disimétricas, pero son útiles para obtener tendencias que representan la situación más general de estas playas. Hay que tener en cuenta que las pendientes mayores producirán oscilaciones de la línea de agua más acusadas, y que también pueden indicar lugares de transporte preferente, frente a las zonas más aplaceradas que representan las zonas de acopio o de aportación, como puede ser la desembocadura de un río, o tramo con menor transporte.

Restitución de la línea de costa a partir de estudio del laboratorio de puertos, fotos aéreas y planos, desde el año 1930 a 1996, desde La Mata hasta playa Lisa.

El seguimiento de las modificaciones en el litoral no puede hacerse de manera independiente para cada tramo de costa, más todavía cuando se trata de interpretar las causas y prever la evolución, salvo que este constituya una unidad con la suficiente uniformidad o desvinculación de las que se sitúan más a norte y al sur. En este sentido no parece suficiente el conocimiento del frente litoral de Guardamar realizado con las medidas desde los puntos fijos, puesto que la bahía, sobre todo desde el puerto de Santa Pola por el norte, y hasta cabo Cervera por el sur, tiene una dinámica litoral global vinculada no solo a las corrientes litorales de carácter más local, sino también a la resultante de la interacción de la corriente general del Mediterráneo y de los accidentes costeros más señalados, que aquí están representados por los cabos situados a norte y sur, así como la isla Tabarca y los fondos rocosos que la unen con el frente del cabo santapolero.

Para completar estos datos de modificaciones costeras en la bahía se han utilizado trabajos anteriores comparativos de la línea que marca la lámina de agua, fotos aéreas de diferentes instituciones, Costas y ayuntamientos, incluido un vuelo de finales de 1929, restituido en 1930, y comparado los vaivenes costeros hasta 1996. Los documentos confrontados son en algunos casos correspondientes solo a parte de la costa, como el caso de los obtenidos de los Ayuntamientos que solo corresponden a sus frentes marítimos, por lo que en muchos de los casos las fechas comparadas son diferentes para grupos de puntos, porque corresponden a vuelos realizados con el propósito de redactar el planeamiento urbanístico de cada uno de los municipios.

Restitución de la línea de costa desde el año 1930 hasta el 2005, en la bahía, desde La Mata hasta playa Lisa.

La mayor disponibilidad de vuelos con posibilidades de realizar mediciones bastante precisas, realizados en fechas más recientes y distintas y que pueden consultarse desde Internet o bien propiedad de la administración central o autonómica permite completar los datos e interpretaciones realizadas en 1997 a fechas actuales. El vuelo del Sig-Pac de octubre de 1997, el de Google del verano de 2003 y más recientemente el de agosto de la Generalitat Valenciana, permiten tener un periodo más amplio para comparar, aunque el objetivo de estos vuelos no haya sido medir el litoral y la precisión unida al momento concreto del vuelo, tanto la estación del año como el estado de la mar parecen resueltas con el aspecto de mar en calma que presentan las fotos. Esta actualización de la línea del mar resulta especialmente conveniente porque coincide con un largo periodo en ausencia de avenidas del río Segura, y por tanto sin la fuente de suministro de sedimentos hasta el mar que resulta la más cuantiosa.

Esta ausencia de aportes externos a gran escala en la bahía produce la erosión de algunos tramos del litoral, y el correspondiente retroceso de la costa, o bien se mantiene en los mismos límites pero a consta de la destrucción de la contraduna que se convierte en el aporte sustitutivo de las playas. Aunque no se ha vuelto a medir la pendiente de la playa, las grandes oscilaciones que se producen en las playas a los lados de la desembocadura del río coincidiendo con los temporales, parecen poner en evidencia una mayor pendiente del estrán, concordante también con la desaparición del pequeño delta sumergido en el ámbito de la desembocadura del río Segura.

Debe tenerse también en cuenta que se trata de un trabajo de investigación y no la práctica de un deslinde, y que solo se pretende encontrar un procedimiento general aplicable a los distintos deslindes.

2.4. RESULTADOS Y DISCUSION.

2.4.1. Restitución de la línea de costa de Guardamar a partir de puntos fijos situados al final de la playa.

Tramo primero: norte del Segura hasta el camino del Rebollo en el límite de término municipal.

El primero corresponde a los puntos 1 a 13, al norte de la bahía del río Segura, desde el límite de términos municipales entre Guardamar y

TRAMO PRIMERO: 1260m									
	DISTANCIA DESDE PUNTO FIJO					DIFERENCIAS			
	29/1/85	12/9/85	25/11/85	3/4/86	18/4/86	1-2	1-3	1-4	1-5
1	28,25	32,10	15	20,50	25,30	+3,85	-13,25	-7,75	-2,95
2	32,80	23,30	12		19,80	-9,5	-20,80		-13
3	30	22,6	11,90		20,20	-7,4	-18,10		-9,80
4	29,65	24,50	11,90		14,30	-5,15	-17,75		-15,35
5	32,50	25,40	16,10		21,60	-7,10	-16,40		-10,90
6	34,40	23,10	14,60	20,40	19,20	-11,30	-19,80	-14	-15,20
7	31,10	23,10	10,20		17,60	-8	-20,90		-13,50
8	27,85	20,30	13,10		14,40	-7,55	-14,75		-13,45
9	27,20	19,49	10		18,90	-7,71	-17,20		-8,30
10	28,15	24,85	11,30		21	-3,30	-16,85		-7,15
11	30,30	23,60	21,20		14,50	-6,70	-9,10		-15,80
12	37	28	40	27,42	26	-9	+3	-9,58	-11
13	76,60	75,40	70		64	-1,20	-6,6		-12,60

- CADA UNO DE LOS PUNTOS FIJOS CORRESPONDEN A ESTACAS DE MADERA DE 1,5 m, CLAVADAS EN LA ARENA, EN LA BASE DE BARLOVENTO DE LAS DUNAS, SEPARADAS ENTRE SÍ 150 m.
- COMO EN ESTE TRAMO NO SE CONSERVA NINGUN PUNTO FIJO NO SE HAN REALIZADO MEDIDAS EN FECHAS RECIENTES.
- EL PRIMER PUNTO ESTÁ SITUADO FRENTE A LA LÍNEA DE TÉRMINOS MUNICIPALES GUARDAMAR-ELCHE, Y EL 13 JUNTO AL ESPIGÓN NORTE DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO SEGURA.
- LA MEDICIÓN SE HACE EN DÍAS DE CALMA, DESDE LA BASE DE LA ESTACA A LA LENGUA EXTERNA DEL AGUA, SIN QUE ESTA MOJE LA CINTA MÉTRICA.
- LAS MEDICIONES DE 3/4/86 SOLO SE REALIZARON EN ALGUNOS PUNTOS DE ACCESO MÁS ASEQUIBLE.

Elche, en el sur del pueblo La Marina hasta la desembocadura del río Segura. Este tramo se corresponde con el punto 4 de la restitución fotogramétrica de la bahía, que integra a su vez tres medidas.

Este tramo del litoral está bordeado por una franja de dunas repobladas con pino piñonero y carrasco, aunque con escasos ejemplares

de palmera datilera, eucaliptos, o incluso pueden encontrarse algunos lentiscos, y otros árboles y arbustos en muy escasa proporción. Estos arenales de monte público, que tienen un ancho medio entre 1200 a 800 metros, se asientan sobre una suave pendiente, con buzamiento hacia el Este-Sur, que continúan hacia el norte formando un cordón similar, que se estrechará al llegar a las lagunas de Santa Pola. A partir de allí se encuentra unas lagunas poco alteradas y a continuación las que forman una de las explotaciones salineras, separadas del mar por un estrecho cordón litoral, que cierra esta parte de la bahía, que corresponde a la llanura aluvial del río Vinalopó, cuyo tramo último son lagunas litorales salobres, a muy salinas, y que son en parte explotadas como industria salinera. Este cordón de dunas litorales es en realidad una barra que aísla las lagunas prelitorales del mar.

En este tramo primero, la duna litoral está colonizada por comunidades vegetales típicas del Orden Ammophiletalia, relativamente bien conservadas en el tramo central, mientras está muy alterada en los extremos norte y sur, como consecuencia del pisoteo, o la desaparición de la propia duna resultado del retroceso de la línea de costa.

Como consecuencia de la desaparición de las estacas en todo este tramo no ha sido posible realizar ninguna medida reciente desde ellas, pero a partir de las que se tomaron en invierno del 85, y luego a finales de verano, en el otoño y en dos mediciones del año 86, en primavera, si pueden destacarse dos cuestiones:

1.- Una tendencia general al retroceso de la línea de costa en todas las mediciones, aunque menos acusada cuanto más hacia el norte.

Las medidas próximas a los espigones pueden sufrir evoluciones diferentes, como consecuencia directa de su interacción con en el oleaje de las playas de su entorno más próximo, y por tanto de su modificación de la dinámica litoral, que es más acentuada en las proximidades.

2.- Es manifiesta la gran variación estacional, y la importancia de los temporales de otoño, que arrastran las arenas mediante corrientes de reflujos hacia mayores profundidades, devolviendo a la playa pocos meses después buena parte de las arenas.

El retroceso generalizado del otoño se invierte en gran parte, de manera que en primavera la línea de costa recupera parte del terreno perdido, aunque no llega a alcanzar en ningún punto la situación anterior, tal y como se ve en las columnas comparativas entre la primera y las siguientes mediciones realizadas.

En este sentido se constata que, en general todas las mediciones, arrojan un saldo negativo conforme se avanza en el tiempo, de manera que en el periodo de tiempo evaluado, que alcanza unos 15 meses el retroceso medio en este tramo ha sido de 11,46 m.

La duna litoral, estaba relativamente poco alterada en estos años, y tampoco se ha producido ningún aporte o extracción anormal de arena, salvo los vertidos por dragados del río en la bocana, como consecuencia de la construcción del puerto, en los años 97-98, que son muy posteriores a los años a que nos referimos.

La única situación anormal, que se arrastraba a lo largo de varias décadas, es la de unas dunas litorales destruidas a lo largo de varios kilómetros, y ocupadas por viviendas de madera, que se asentaban sobre plataformas de cemento, y que, en forma de hilera de una vivienda, estaban instaladas desde el punto uno hacia el norte, hasta la zona de lagunas de Santa Pola, aunque en el último tramo son chalets construidos con piedra, ladrillo, u otros materiales de construcción, y en general de planta baja, y que se han demolido.

Tramo segundo: desde el sur del río Segura hasta primeros chalets.

El segundo trayecto comienza en el punto 13, al sur del hoy espigón central, y que corresponde con el margen derecho del antiguo cauce del

TRAMO SEGUNDO: 1500m.									
	DISTANCIA DESDE PUNTO FIJO					DIFERENCIAS			
	29/1/85	12/9/85	25/11/85	3/4/86	18/4/86	1-2	1-3	1-4	1-5
13	51,60	44,70	40		39,30	-6,90	-11,60		-12,30
14	47,15	34	23		34,30	-13,25	-24,15		-12,85
15	38,75	26,70	18		26,70	-12,05	-20,75		-12,05
16	31,45	25	16		22,80	-6,45	-15,45		-8,65
17	28,90	19,30	16		17,70	-9,60	-12,90		-11,20
18	35,55	27,70	15	21,70	18,50	-7,85	-20,55	-13,85	-20,25
19	37,60	24,20	16		23	-13,40	-21,60		-14,60
20	34,80	27	24		24	-7,80	-10,80		-10,80
21	34,70	26,50	15		25,50	-8,20	-19,70		-9,20
22	35,50	51,60	18		30,60	+16,10	-17,50		-4,90
23	36,75	29,50	20		26	-7,25	-16,75		-10,75
24	39,90	34,80	20	31,90	29,10	-5,10	-19,90	-8	-10,80

- CADA UNO DE LOS PUNTOS FIJOS CORRESPONDEN A ESTACAS DE MADERA DE 1,5 m, CLAVADAS EN LA ARENA, EN LA BASE DE BARLOVENTO DEL CORDÓN LITORAL DE DUNAS, SEPARADAS ENTRE SÍ 150 METROS.
- COMO EN ESTE TRAMO NO SE CONSERVA NINGUN PUNTO FIJO NO SE HAN REALIZADO MEDIDAS EN FECHAS RECIENTES.
- EL PRIMER PUNTO, EL 13, ESTABA SITUADO JUNTO AL ESPIGÓN SUR DE LA DESEMBOCADURA DEL SEGURA, Y EL 24 ANTES DE LLEGAR A LOS CHALETS DE PRIMERA LÍNEA DE PLAYA, SITUADOS EN EL DPMT.
- LA MEDICIÓN SE HACE EN DÍAS DE CALMA, DESDE LA BASE DE LA ESTACA A LA LENGUA EXTERNA DEL AGUA, SIN QUE ESTA MOJE LA CINTA MÉTRICA.
- LAS MEDICIONES DE 3/4/86 SOLO SE REALIZARON EN ALGUNOS PUNTOS DE ACCESO MÁS ASEQUIBLE.

Segura, en la desembocadura del río, y se extiende hasta el primer chalet de la fachada litoral, calle Ingeniero Ricardo Codorniu, donde se sitúa el punto 24.

El campo de dunas situado al sur del río Segura que alcanza hasta unos 800 metros de profundidad, hacia el interior del continente en sentido este-oeste, y que se asientan sobre un glacis de limos continentales compactados que buzan hacia el mar y también hacia el norte, donde el Segura se abre paso hasta el mar entre las dunas.

En su mayor parte también están pobladas por pinares, producto de la repoblación forestal que se comenzó a principios del siglo XX. El cordón litoral de dunas, en los años 85-86, se encontraba bien conservado, y servía de soporte a una comunidad de psammófilas, con taxocenosis vegetales y animales adaptadas al sustrato arenoso, e influida por la proximidad marina, con especies como *Cakile marítima* o *Calystegia soldanella*, esta última prácticamente desaparecida en la actualidad.

En la parte alta de la duna *Ammóphila arenaria*, *Elymus farctus*, *Sporobolus arenarius*, o *Pancratium maritimum*, entre otras, favorecen el mantenimiento de la duna, mientras en sotavento, además de *Lotus creticus*, *Medicago marina*, y otras plantas vivaces, el *Eucaliptus sp*, o el *Tetraclinis articulata*, procedentes de la repoblación, sujetaban la duna litoral y frenaban su avance.

En la parte de poniente de este cordón litoral, de unos 6 metros de alto, una franja de palmeras repobladas y de pino carrasco de bajo porte fija la arena. Esta superficie plana de unas decenas de metros de anchura se corresponde con el lugar donde se situaban los slacks y la vegetación propia de las malladas, con poblaciones animales, propias de las zonas encharcadas, o influenciadas por los temporales o mareas, pero en ese momento ya estaban colmatados.

Tampoco en este tramo podían encontrarse estacas ya a finales del 1.987, y por tanto no es posible una comparación con estos puntos en la actualidad. Una cosa si es evidente, la profunda alteración del cordón litoral, que a pesar de haberse recrecido mediante técnicas similares a las usadas en la repoblación forestal, con empalizadas de cañas a principios de los años 90, está destruido en el tramo central, llamado también del vivero viejo, donde se situaba el aparcamiento que está enterrado en buena parte. El vertido de arenas y limos procedentes del dragado de la zona del puerto interior Marina de las Dunas, ocupan parte de esta duna

litoral cercana a la desembocadura del río, con una altura superior a las del resto del cordón dunar.

El pisoteo sobre la duna, por el paso continuado hacia la playa de numerosas personas y la desaparición de la vegetación, son los responsables de esta destrucción del cordón litoral, al menos en su mayor parte. Ciertamente que se ha producido una disminución de los aportes de sedimentos por el río, pero esta disminución afecta a todo el tramo e implica un retroceso general de la línea de costa, sin embargo en estos años solo se ha destruido el cordón litoral donde es muy importante el trasiego de personas, y ello no parece imputable a la erosión de la playa producida por los temporales. Sin protección de ningún tipo, la desaparición del resto del cordón dunar será, probablemente, cosa de tiempo.

La comparación de los datos de las columnas, correspondientes a las diferentes mediciones evidencian:

1.- En primer lugar un retroceso muy rápido de la línea de costa, más evidente si cabe que en el tramo primero, pero que se acentuaba ya justo en la parte central, donde se construyó el aparcamiento, y se produce el paso de bañistas a la playa. Es cierto que el periodo de tiempo es corto, pero en el entorno del punto 18 todas las comparaciones son negativas, y más acusadas que en el resto.

2.- Como en el tramo anterior, también aquí la variación estacional es acusada, y el otoño, la época de los grandes temporales, acusa un mayor retroceso a lo largo de todo el tramo, pero en todo caso la diferencia entre la primera y la quinta medición arrojan un retroceso medio para esos quince meses muy similares a los del norte del río Segura, que se cifran en 11,53 m.

Tramo tercero: frente litoral urbanizado.

Se sitúa entre los puntos 25 a 40, que corresponde a la fachada litoral donde no existe cordón dunar litoral, ocupado por viviendas, o destruido para formar playa.

Este tramo presenta a su vez dos partes diferenciadas, por el hecho de que hasta el punto 31 las viviendas están construidas sobre el antiguo

TRAMO TERCERO: 2650m											
DISTANCIA DESDE PUNTO FIJO							DIFERENCIAS				
	29/1/85	12/9/85	25/11/85	3/4/86	18/4/86	30/4/01	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
25	38,60	32,30	26		29,30	22,50	-6,30	-12,60		-9,30	-16,10
26	36,10	29,	20		25	22,50	-7,10	-16,10		-11,10	-13,60
27	36,30	25	18		26,40	19	-	-18,30		-9,90	-17,30
28	37,50	23,50	18		24,10	21	-14	-19,50		-13,40	-16,50
29	35,95	33,10	24		24,70	22	-2,85	-11,95		-11,25	-14
30	28,15	32,80	24	27	25,50	24	+4,65	-4,15	-1,15	-2,65	-14
31	40,15	31,60	20		30,40	30	-8,55	-20,15		-9,75	-10
32	58,60	57	50		51,30	51	-1,60	-8,60		-7,30	-7,60
33	60,70	56,70	44		53	62	-4	-16,70		-7,70	+1
34	58,80	55,80	44		54	65	-3	-14,80		-4,80	+6
35	66,40	70,70	56		64,40	75,50	+4,30	-10,40		-2	+9
36	62,80	58,40	55,50	61,20	53,50	75,50	-4,40	-7,30	-1,60	-9,30	+12,5
37	64,30	61	56		62,80	69,50	-3,30	-8,20		-1,50	+15
38	59,10	57,30	51		54,50	65	-1,80	-8,10		-4,60	+6
39	66	59,40	47,30		56	66,50	-6,60	-18,70		-10	+0,50
40	72,75	63,40	51,50		56	50	-9,35	-21,25		-16,75	-23

- CADA UNO DE LOS PUNTOS FIJOS ESTÁ SITUADO EN LA PARTE EXTERNA DEL MURO DE LAS ACERAS DE CHALETS Y PASEO MARÍTIMO, SEPARADOS ENTRE SÍ 150 METROS.
-LOS PUNTOS 32,33 Y 34 CORRESPONDEN AL NORTE, CENTRO Y SUR DEL MURO INFERIOR DEL PASEO MARÍTIMO.
- EL PRIMER PUNTO, EL 25, ESTÁ SITUADO EN EL PRIMER CHALET, DE PRIMERA LÍNEA DE PLAYA, AL NORTE (CONSTRUIDOS EN LA ZMT).
- DESDE EL PUNTO 32 AL 40 (EN AZUL) CORRESPONDEN A LA ZONA DE PASEO MARÍTIMO Y CHALETS DE LA URBANIZACIÓN DUNAS, DONDE SE REALIZÓ EN EL AÑO 87 UN VERTIDO DE 150.000 m³ DE ARENAS, PROCEDENTES DE LAS DUNAS DE LA PLAZA PORTICADA.
- LA MEDICIÓN SE HACE EN DÍAS DE CALMA, DESDE LA PARTE EXTERIOR DEL MURO DE LA ACERA, O VALLA, HASTA LA LENGUA EXTERNA DEL AGUA, SIN QUE ESTA MOJE LA CINTA MÉTRICA.
- LAS MEDICIONES DE 3/4/86 SOLO SE REALIZARON EN ALGUNOS PUNTOS DE ACCESO MÁS ASEQUIBLE

cordón dunar, muy cerca del agua, siguiendo hacia el centro de Guardamar, a continuación se encuentra el paseo marítimo franqueado por edificios por el lado de poniente, que como en el resto del tramo más al sur, se retranquean, respecto de las primeras unos 30 metros.

Los puntos 32, 33 y 34 están medidos a partir del muro externo del paseo marítimo. En línea aproximada con el muro del paseo se continúan los vallados perimetrales de los chalets de planta baja que continúan hacia el sur, que son edificaciones aisladas al principio, y edificios de varias plantas al final. En este tramo los puntos fijos de medida se sitúan en las edificaciones, con lo cual si es posible realizar mediciones de la situación actual y comparar con las que se tienen desde el año 1985.

La comparación de los datos pone de manifiesto una diferencia significativa entre las dos partes en que dividimos este tramo:

1.- Entre los puntos 25 a 31, es decir, frente a las casas más próximas al agua, se ha producido un retroceso continuado de la línea de costa, especialmente significativo. Si se toman los datos de la primera columna medidos en enero del 85, y los comparamos con los de la quinta medida, en abril de 1986 tenemos un retroceso de 9,62m, menor que para los tramos más próximos al río. Si comparamos la primera medida con la realizada a finales de abril del 2.001 podemos hablar de un retroceso medio de 14,5 m, para estas playas, y que porcentualmente significa un ancho 40 % menor que en el año 1985, casi un metro por año.

2.- El hecho de que el vertido de arenas del 1987, procedente de los solares de la zona de la plaza porticada de Guardamar, se realizara al final de estas playas puede tener alguna relación con un menor retroceso al final, en los puntos 28 a 30. En todo caso parece claro que se consolida el retroceso experimentado a partir del año 1985, y ya en la actualidad el mar amenaza seriamente con destruir estas casas,

3.- Entre los puntos 32 a 39 se observa una estabilidad de las playas, aunque posiblemente haya contribuido a mantener la línea de costa el vertido de 150.000 m³ de arenas en este trozo de playa, procedentes de las dunas que existían en la que hoy ocupa la zona sur este de la expansión del casco urbano, entre las calles Cartagena, Cervantes, Crevillente y Mediterráneo, en el entorno de la plaza porticada.

En este trecho parece que se pueden además extraer conclusiones en relación con la influencia de las edificaciones en la dinámica litoral, en el sentido de que mientras las casa cercanas al mar tienen un efecto multiplicador del transporte de sedimentos, afectando a las corrientes de transporte, los edificios situados 30 metros atrás ya no producen un efecto significativo, y esto teniendo en cuenta el vertido de arenas. No obstante transcurridas ya dos décadas desde el aporte de arenas podrían haber producido cambios reveladores de tener alguna influencia negativa las edificaciones situadas al sur del paseo marítimo e incluso las que se sitúan dando fachada a él, y no parece ser este el caso.

Está por comprobar el efecto que puede haber tenido la destrucción de la duna litoral en el tramo segundo, cuyas arenas, además de ser arrastradas mar adentro por los temporales, probablemente hayan viajado hacia el sur, y parte de ellas pueden estar retenidas en este tramo, de manera que en los próximos años pueda iniciarse un lento retroceso, porque la erosión no se equilibre con los aportes de las playas situadas más al norte. La comparación, con datos obtenidos por otras vías, aportará datos para ratificar o no estas afirmaciones.

Lo que parece evidente es que la dinámica de transporte hacia el sur es muy activa en la zona de las casas situadas en el dominio público, junto al mar, probablemente acentuado por la proximidad de las edificaciones, mientras a partir del comienzo del paseo se estabiliza la playa. Si comparamos los retrocesos sufridos en este tramo urbano tercero, la primera mitad situada más al norte retrocedió 9,62 m y en el situado a partir del punto 32 solo 7,1 m, un 26 % menos que en la parte primera de este tramo tercero cuando las viviendas están próximas al mar.

Probablemente los datos obtenidos en mediciones más recientes están afectados por el posterior vertido de arena de 1987 en las proximidades del paseo marítimo, que ha producido un cambio que afecta

a estos puntos situados al sur del comienzo de la zona de paseo, de manera que desde 1985 hasta 2001 solo hay un retroceso medio de 2,5 m.

Tramo cuarto: frente litoral junto zonas de cultivo, al sur del casco urbano de Guardamar, y hasta el Moncayo.

Corresponde al litoral que abarcan los puntos 41 a 52, y que se extiende por la fachada marítima donde existe cordón litoral dunar, pero detrás hay cultivos. Aquí ya no hay construcciones salvo casas de campo dispersas, y la duna litoral está bien conservada. Un kilómetro tierra

TRAMO CUARTO:1456m									
	DISTANCIA DESDE PUNTO FIJO					DIFERENCIAS			
	29/1/85	12/9/85	25/11/85	3/4/86	18/4/86	1-2	1-3	1-4	1-5
41	49,95	44,80	48,80		47,70	-5,15	-1,15		-2,25
42	38,00	37,40	25,20	37,72	36,60	-0,60	-12,80	-0,28	-1,40
43	33	31,60	24,90		43,20	-2	-8,10		+10,20
44	33,45	30,60	20,20		28,60	-2,85	-13,25		-4,85
45	38,90	42,50	26,20		39,90	+3,60	-12,70		+1
46	45,10	38,20	28,90		32	-6,90	-16,20		-13,10
47	37,55	32,50	23,50		30,30	-5,05	-14,05		-7,25
48	42,39	43	32,80	27,26	48	+0,61	-9,59	-15,13	+5,61
49	30,55	29,30	22,20		27,40	-1,25	-8,35		-3,15
50	23,27	21,50	24,85		22,70	-1,70	+1,58		-0,57
51	28,70	26	22,40		22	-2,70	-6,30		-6,70
52	36,93	40	22,60		39,30	+3,07	-14,23		+2,37

- CADA UNO DE LOS PUNTOS FIJOS CORRESPONDEN A ESTACAS DE MADERA DE 1,5 M, CLAVADAS EN LA ARENA, EN LA BASE DE SOTAVENTO DE LAS DUNAS, SEPARADAS ENTRE SÍ 150 M.
- EN ESTE TRAMO NO SE CONSERVA NINGUN PUNTO FIJO.
- EL PRIMER PUNTO, EL 41, ESTÁ SITUADO 150 M AL SUR DEL ÚLTIMO CHALET DE PRIMERA LÍNEA, DE LA URBANIZACIÓN DUNAS DE GUARDAMAR, EL ÚLTIMO, EL 52, FRENTE A LA CASA FORESTAL, CARRETERA DEL CAMPO-LOS MONTESINOS.
- LA MEDICIÓN SE HIZO EN DÍAS DE CALMA, DESDE LA BASE DE LA ESTACA A LA LENGUA EXTERNA DEL AGUA, SIN QUE ESTA MOJE LA CINTA MÉTRICA.

adentro está la elevación del Moncayo, de unos 100 metros.

En este tramo desaparecen de nuevo los puntos de referencia fijos situados a finales de los 80; tampoco las estacas han resistido el paso del tiempo, y los bañistas, por lo que no pudo realizarse la medición del 2001.

La duna litoral presenta una gran estabilidad, tanto en el año 1985 como en la actualidad, y las comunidades psammófilas están bien

desarrolladas, porque el pisoteo es muy escaso, debido a que la parte de sotavento del cordón litoral está recorrida linealmente por empalizadas de cañas que separan las tierras cultivadas de la duna litoral. Solo los propietarios colindantes o, a través de una senda, los vecinos atraviesan la duna para llegar a la playa, y en la actualidad la contraduna está vallada y solo se accede a la playa por accesos construidos por el MMA.

Las tierras cultivadas se dedican a cítricos o viñedos, generalmente. En las primeras decenas de metros próximos a la duna litoral el substrato es arenoso aunque de escasa potencia, debajo del cual se sitúan limos rojizos continentales.

Del análisis comparativo de los datos puede deducirse:

1.- Una menor variación estacional de la línea de costa que en los tramos anteriores, y por tanto una mayor estabilidad de las playas a lo largo del año.

2.- La ocupación del terreno por cultivos, y la existencia de un promontorio cercano no parece tener ninguna incidencia negativa en la dinámica litoral, por el contrario el retroceso medio en los 15 meses de intervalo se reduce a 1,66 m, mucho menor que en el tramo anterior, incluso el subtramo más al sur que fue de 7,1 m. En la práctica este retroceso puede considerarse no significativo y la playa estable.

Tampoco se observa ningún efecto como resultado de la presencia del hotel Campomar, y el posible efecto en la modificación de la dinámica litoral, en las mediciones realizadas en su entorno.

Quizá el hecho de que la bajada del hotel a la playa se haya canalizado, casi exclusivamente por una senda-camino, ha impedido la destrucción de la duna litoral en el tramo, y contribuido a mantener la estabilidad de la playa y del cordón dunar.

Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los bañistas acceden a estas playas paseando por la orilla del mar, salvo los que proceden de una pequeña urbanización junto al hotel, y los propios clientes del hotel, que acceden por sendas con empalizadas de madera-cuerda depositadas sobre el suelo, sobre las que es más fácil transitar que sobre arena. Recientemente, en el año 2005, en este tramo se ha delimitado la duna litoral con un vallado por el este y otro por el oeste, se han colocado empalizadas con ramas para fijar las arenas y se ha repoblado con plantas psammófilas. El acceso a la playa solo puede realizarse mediante pasarelas de madera apoyadas sobre pilotes de este material que permiten el crecimiento de las plantas de bajo y el paso del viento y las arenas.

Tramo quinto: litoral sur de la bahía bordeado de dunas repobladas, al norte de La Mata.

Entre los puntos 53 a 74, que corresponde a la fachada litoral situada más al sur de la bahía, antes de la población de La Mata. En estos tres kilómetros y medio existe una contraduna litoral, que se continúa tierra adentro con varios cordones dunares, hasta unos 500 metros de distancia del mar.

Este tramo es el más largo de todos, y corresponde a las playas más vírgenes, por las dificultades de acceso al mar. Solo se puede llegar a la playa por los extremos, o bien a través de un camino asfaltado situado en el centro del trozo que consideramos, o a pié atravesando las dunas a través de sendas o caminos de tierra. Los campos de dunas están poblados de pinos, con escaso sotobosque, aunque mucho más desarrollado que en el tramo segundo, por el escaso trasiego de personas.

El cordón litoral bien conservado cuando se tomaron las medidas, está en la actualidad muy alterado en las proximidades del tramo situado al sur del denominado Campamento o Salidero, por donde miles de bañistas llegan con su vehículo al mar hasta un aparcamiento situado a sotavento

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE
DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE

de la duna litoral, a través de un camino asfaltado, de modo que en más de

TRAMO QUINTO: 3480 m									
	DISTANCIA DESDE PUNTO FIJO					DIFERENCIAS			
	29/1/85	12/9/85	25/11/85	3/4/86	18/4/86	1-2	1-3	1-4	1-5
53	23,10	21,50	15,70		19,90	-1,60	-7,40		-3,20
54	26,30	28	25,20	28,46	29,80	+1,70	-11,10	+2,16	+3,50
55	28,92	28,30	19,70		28,20	-0,62	-9,22		-0,72
56	22,43	25,40	21,40		23,20	+2,97	-1,03		+0,77
57	36,48	36,30	20,70		38,40	-0,18	-15,78		+1,92
58	25,15	21	22,50		23,90	-4,15	-2,65		-1,25
59	29,23	33,20	16,90		28,60	+3,97	-12,33		-0,65
60	34,26	35,80	23,10	23,10	25,30	+1,54	-11,16	-11,16	-8,96
61	40,85	32,40	29,20		33	-8,45	-11,65		-7,85
62	38,45	38,50	32,10		34,60	+0,05	-6,35		-3,85
63	45,47	39,20	28,20		39,30	-6,27	-17,27		-6,17
64	42,20	40,50	31,50		40,30	-1,70	-10,70		1,90
65	44,15	41,10	29,70		41	-3,05	-14,45		-3,15
66	40,58	38,80	28,50	41,25	40	-1,88	-12,18	+0,57	-0,58
67	38,92	37,70	29,30		35,80	-1,22	-9,62		-3,12
68	37,12	34,40	31,65		35,70	-2,72	-5,47		-1,42
69	36,40	39,20	30,15		36,10	+2,80	-6,25		-0,30
70	36,28	39,30	32,40		37,60	+3,02	+3,88		+1,32
71	32,17	31,80	26,20		31	-0,37	-5,97		-1,17
72	32	27	25,70		25	+5	-6,30		+7
73	28,96	33,20	23,30	26,80	26,60	+4,24	-5,66	-2,16	-2,36
74	25,65	29,90	23,80		23,70	+4,25	-1,85		-1,95

- CADA UNO DE LOS PUNTOS FIJOS CORRESPONDEN A ESTACAS DE MADERA DE 1,5 m, CLAVADAS EN LA ARENA, EN LA BASE DE SOTAVENTO DE LAS DUNAS, SEPARADAS ENTRE SÍ 150M.
-EL PRIMER PUNTO, EL53, ESTÁ SITUADO FRENTE A LA CASA FORESTAL, SITUADA FRENTE A CARRETERA DEL CAMPO, UNOS 150 M AL SUR, EL ÚLTIMO, EL 74, JUNTO AL ACEQUIÓN EN EL LÍMITE DE TÉRMINOS MUNICIPALES CON TORREVIEJA.
-COMO EN ESTE TRAMO NO SE CONSERVA NINGUN PUNTO FIJO NO SE HAN REALIZADO MEDIDAS EN FECHAS RECIENTES.
-ESTOS PUNTOS CORRESPONDEN A LA ZONA DE PLAYAS MÁS VÍRGENES, A LOS QUE SOLO LLEGAN ACCESOS PEATONALES, POR SENDAS, QUE ATRAVIESAN EL CORDÓN DE DUNAS, SOBRE PASARELAS DE MADERA-CUERDA, PROCEDENTES DE URBANIZACIONES SITUADAS A UN KM APROXIMADAMENTE.
-LA MEDICIÓN SE HACE EN DÍAS DE CALMA, DESDE LA BASE DE LA ESTACA A LA LENGUA EXTERNA DEL AGUA, SIN QUE ESTA MOJE LA CINTA MÉTRICA.

un kilómetro de fachada litoral ha desaparecido la contraduna.

La vegetación costera está más deteriorada y en buena parte del tramo no existen plantas. Donde hay duna litoral está muy perturbada, sobre todo en la parte de barlovento, no solo como consecuencia de los temporales, sino también por el uso habitual de esta parte de la duna para tomar el sol, lejos de la orilla, pisoteo y vehículos todo terreno.

El deterioro se produce de modo mucho más acentuado entre El Salidero y La Mata, en la zona por donde a los del Salidero se suman los bañistas que bajan a la playa a través de las dunas desde las urbanizaciones, o bien procedentes de La Mata. Es aquí donde se produce el mayor impacto en la duna costera en todo el frente litoral de la bahía del Segura, tan degradado o inexistente, que se ha desplazado la arena hacia noroeste y ha producido dunas móviles más hacia el norte en un frente superior al kilómetro y medio. La dirección de los ejes dunares indica un transporte por el viento del sur-este, el lebeche.

En el sur, junto a la Mata, la presión de los bañistas se acentúa, por la aglomeración de viviendas que posee esta pedanía de Torrevieja, y que se desplazan a pie buscando mayor tranquilidad. En esta zona también la duna litoral está muy degradada, aunque la existencia rocas en la playa amortigua el oleaje y atenúa su efecto, por lo que la dinámica litoral está fuertemente condicionada.

Otra cuestión será el efecto del oleaje en estas rocas, en cuanto a su aportación a los sedimentos que forman las playas, como consecuencia de la erosión, además de las aportaciones de fragmentos de caparzones, púas de erizos, y otros restos orgánicos, procedentes de individuos que habitan estas areniscas, que en realidad son dunas fósiles.

La comparación de las cinco columnas de datos nos permite extraer algunas conclusiones:

a.- Gran estabilidad de la línea de costa, sobre todo al comparar la primera medida con la última, aunque con ligeros retrocesos más acentuados en la parte central, y con avances incluso en el tramo más al sur.

b.- El efecto de los temporales de otoño es solo significativo en el tramo central, y probablemente tendrá relación con la existencia de rocas litorales.

c.- Parece evidente el impacto tan acusado del pisoteo en la desaparición de la vegetación psammófito, y la consiguiente desaparición de la duna litoral. Afortunadamente también este cordón dunar litoral se ha protegido mediante vallado a barlovento y sotavento, se han colocado pequeñas empalizadas de ramas para frenar y estabilizar las arenas, y como en el tramo anterior también se han fijado con plantas de arenal, aunque no está resuelto en problema de la zona desprovista de contraduna ni los efectos derivados de la ausencia de barrera contra el spray en la repoblación forestal.

2.4.2. Distancias medias y pendientes del estrán en los cinco tramos de Guardamar.

DISTANCIA AL PUNTO FIJO, EN METROS				
Tramo primero, norte del Segura				
29.1.85	12.9.85	25.11.85	18.4.86	Puntos: 1 a 13
34.29	28.13	19.79	22.83	Ancho medio de playa
12.51	14.00	16.37	12.40	varianza
2.9%	2.69%	.....	2.49%	Pendiente estrán
Tramo segundo, entre Sur del Segura y casas				
29.1.85	12.9.85	25.11.85	18.4.86	Puntos: 13 a 24
37.66	30.88	20.05	26.56	Ancho medio de playa
5.58	8.14	6.34	5.56	varianza
3.61%	3.0%	.....	3.13%	Pte estrán
Tramo tercero, frente línea de casas				
29.1.85	12.9.85	25.11.85	18.4.86	Puntos: 25 a 41
53.16	48.07	40.48	45.62	Ancho medio de playa
13.00	14.87	14.43	14.31	varianza
4.10%	3.97%	.....	5.45%	Pte.estrán
Tramo cuarto/quinto, sur línea de casas a La Mata				
29.1.85	12.9.85	25.11.85	18.4.86	Puntos: 42 a 74
34.33	33.97	25.38	32.32	media
6.54	6.17	4.42	7.05	varianza
3.03%	3.11%	.....	3.13%	Pte estrán

Distancias medias para cada uno de los tramos.

El cálculo de las distancias medias, como manera de simplificar el uso de datos no resulta eficaz, debido a la gran dispersión de los datos, que aparecen muy desviados respecto del valor medio. Probablemente la división en un mayor número de tramos haría

más útil el valor de la media, y mayor la correlación.

El cálculo de la varianza, que aparece en el cuadro adjunto, pone de manifiesto esta elevada separación entre los diferentes valores, y por tanto la escasa representatividad del valor medio. No obstante y al efecto de comparaciones globales entre tramos, si puede ser útil confrontar estos valores medios, para descifrar los sucesos que afectan a toda la bahía, e interpretar la dinámica general entre los cabos de Sta. Pola y Cervera.

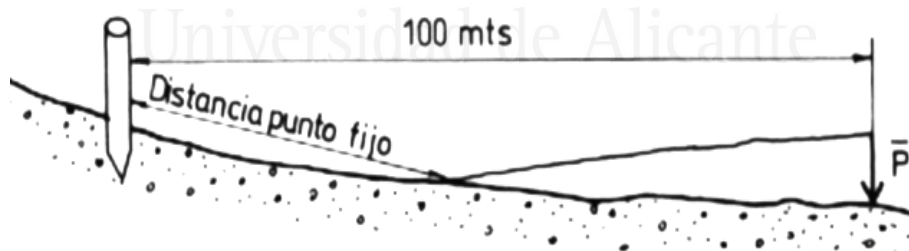
Del contraste de resultados puede deducirse, que para los 15 meses de seguimiento con puntos fijos en la costa, que hay una tendencia al retroceso de la línea de costa más clara en los dos primeros tramos, a ambos lados de la desembocadura, y en menor medida en el tramo tercero. Este retroceso es mucho menos acusado en los dos últimos tramos, donde solo se pone de manifiesto una variación estacional, permaneciendo las playas más estables.

La menor dispersión de los datos se da entre los que se encuentran en el segundo tramo, con varianzas entre 5 y 8, y en los correspondientes a la costa sur, tramos cuatro y cinco.

En relación con la profundidad a 100 m del punto fijo, las variaciones estacionales más acusadas se dan en el tramo tercero, es decir, frente a la línea de casas, donde hay oscilaciones superiores al 20 %, que contrastan con una mayor estabilidad es el resto de los tramos.

Pendiente del estrán en los distintos tramos.

La pendiente del estrán sigue unas pautas acordes con lo esperado, mayor aplaceramiento al norte, donde la protección del cabo de Sta. Pola,



PENDIENTE MEDIA

La pendiente se calcula solo para los metros sumergidos de playa. Se utiliza una cuerda de 100 metros, se mide desde el punto fijo, y se descuenta la distancia de agua a punto, por lo que el ancho del tramo de playa sumergido que se estudia es variable.

y el efecto de Tabarca y los bajos entre la isla y el Cabo reducen el efecto del oleaje del largo, produciendo pendientes más suaves. En el frente

litoral urbano, entre los puntos 25 a 41 se produce la mayor pendiente de todo el frente litoral que además se incrementa en un 25 % desde enero del 1985 hasta abril de 1986.

El seguimiento detallado de los cambios en la pendiente costera indican que tanto al norte como al sur del tramo urbano hay un mayor aplaceramiento del estrán y además no hay modificaciones significativas, si acaso las que corresponden a los cambios estacionales, donde en general estas pendientes son de rangos similares, y quizá tenga relación con los abrigos que proporcionan los pequeños serrados de La Marina, el propio relieve sobre el que se ubica el casco urbano de Guardamar y el Moncayo. Los puntos más cercanos al sur, abrigados por el cabo Cervera y formaciones rocosas mantienen también la estabilidad.

Es muy significativo el hecho de que en la comparación de los

Profundidad a 100 m del punto fijo en la costa.			
29.1.85	12.9.85	18.4.86	Punto 1 a 13
1.93	1.93	1.92	Prof. media
0.29	0.28	0.24	Varianza
2.9%	2.69%	2.49%	Pte.estrán
29.1.85	12.9.85	18.4.86	P. 13 a 24
2.25	2.08	2.30	Prof. media
0.19	0.10	0.18	Varianza
3.61%	3.0%	3.13%	Pte.estrán
29.1.85	12.9.85	18.4.86	P. 25 a 41
1.93	2.04	2.42	Prof. media
0.13	0.13	0.14	Varianza
4.10%	3.97%	5.45%	Pte.estrán
29.1.85	12.9.85	18.4.86	P. 42 a 74
1.89	2.06	2.12	Prof. media
0.23	0.27	0.27	Varianza
3.03%	3.11%	3.13%	Pte.estrán

diferentes tramos de la bahía donde se ha medido, a lo largo de diez kilómetros y medio, aparece muy destacado un incremento de la pendiente que parece relacionado directamente con las edificaciones situadas frente al pueblo de Guardamar. Esta variación de la pendiente del estrán alcanza valores de 5.45 %, pasados los temporales de invierno, y duplica algunos del tramo primero, 2.49 % del mismo periodo. Lo que implica, con toda probabilidad, una mayor velocidad en el transporte de las arenas, y un mayor efecto sobre las

playas.

Debe destacarse también el hecho de que al norte y sur de las edificaciones los valores de pendiente del estrán sean similares, del

entorno del 3 %, o algo superiores, lo que parece dejar afirmada una relación directa entre la existencia de las viviendas y la dinámica litoral. Los valores obtenidos en las diferentes mediciones a lo largo de los 15 meses sufren oscilaciones, pero parecen responder a un patrón de estabilidad, salvo en el frente urbano.

2.4.3 Restitución pormenorizada de la línea de costa a partir de estudio del laboratorio de puertos foto aérea y planos, desde el año 1930 a 1996, en toda la bahía del Segura.

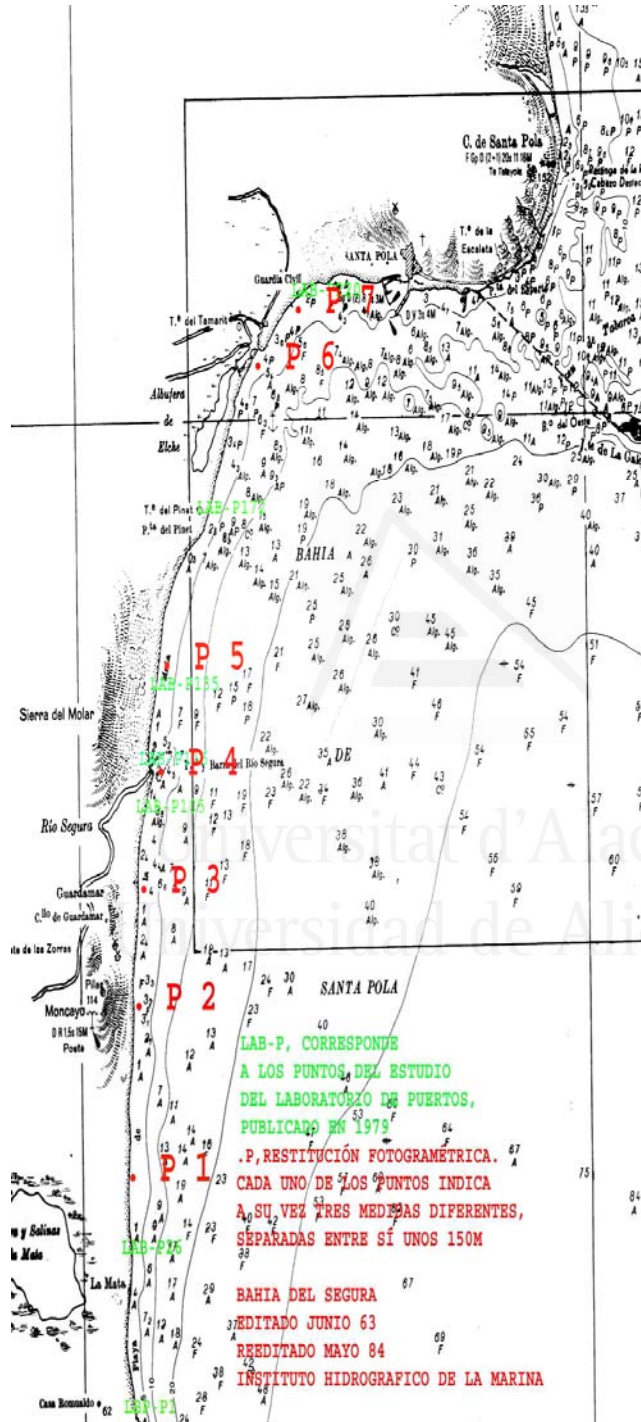
El tramo en estudio abarca desde un pequeño espigón al sur de Playa Lisa, en el término municipal de Sta pola, prácticamente donde la costa sufre una desviación y pasa de tener una orientación norte-sur, a otra este-oeste, hasta el acequión, junto a la población de La Mata.

Es decir se trata de un tramo de unos 20 km de costa recta, orientada en sentido norte-sur, y expuesta a los temporales de levante, con vientos fuertes que soplan desde el este, ligeramente norte, playas arenosas que incluye al sur el tramo de la costa de Guardamar, y se extiende hasta Playa Lisa por el norte. De la playa de La Mata, Torrevieja solo hay datos del MOPU, porque los sucesivos aportes de arena hacen imposible interpretar los acontecimientos naturales, y los planos del Plan General de Ordenación Urbana no pueden tener medidas fiables de la evolución litoral.

Para estudiar la evolución de la costa se han utilizado planos facilitados por los Ayuntamientos de Guardamar, Elche y Santa Pola, correspondientes a Planes Generales de Ordenación Urbana, de diferentes años, así como foto aérea de escalas diferentes, entre ellas las del vuelo en color de la Dirección General de Costas. Todos los vuelos se han llevado a escala 1:5.000, a partir de los cuales se han obtenido los resultados.

La costa se ha considerado representada por siete puntos situados de sur a norte, y cada uno de ellos se visualiza a su vez con tres medidas.

De esta manera obtenemos 21 medidas, y su ubicación y su evolución



siguiendo los resultados que se obtienen al medir la distancia entre un punto identificado tierra adentro y el bode del agua. Cada uno de los puntos es representativo de un tramo más homogéneo, y se toman medidas en tres sitios para confirmar el proceso de ese tramo en tres lugares diferentes pero cercanos. Así, se considera más representativo de lo que ocurre trozo a trozo y resulta más fiable la interpretación general de los procesos de dinámica litoral. En muchos de los casos los puntos utilizados eran

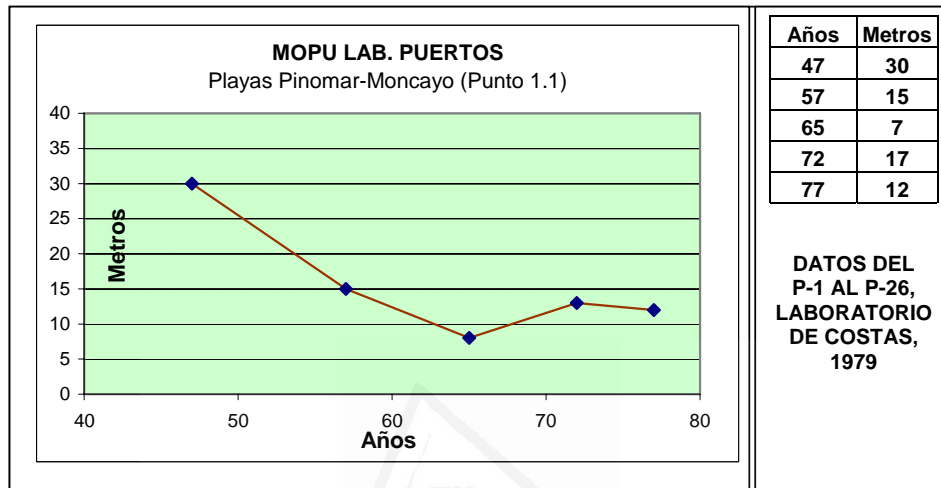
construcciones aisladas, cruces de caminos o similares, puesto que a lo largo de la costa no siempre se encuentran elementos que perduren, teniendo en cuenta que estamos en una bahía con dunas o lagunas litorales y salinas en buena parte. Este análisis por tramos cortos de la costa tiene sentido si se considera que los deslindes se refieren a tramos concretos, y también que lo que se pretende es encontrar pautas y no se trata de realizar un deslinde generalizado de la bahía.

Puesto que la foto aérea permite visualizar la zona de rotura de las olas aunque sea reducida por que la mar está en calma, esta línea a escala 1/5000 tiene una precisión inferior al metro por el grosor de la línea y el borde externo de las olas. También en los planos utilizados aparece la cota cero, pero en el uso de ambos materiales hay que tener en cuenta que a esta escala puede verse reducida la playa, entre 2 y 5 metros que puede considerarse como un error probable también si se usan fotos aéreas para medir la playa, o bien combinando fotos aéreas con los planos que miden la línea de cota cero. Esto sin considerar el efecto de las mareas que puede modificar ligeramente el ancho de la playa según el día y hora del vuelo utilizado.

Las restitutiones tomadas del Mopu, Laboratorio de Puertos y Costas deben tomarse también con precaución puesto que se realizan a partir de planos 1:3000, una escala que sigue siendo excesiva para precisar a partir de vuelos fotogramétricos. No obstante sí son útiles para indicar tendencias en la evolución de los diferentes tramos costeros, y poner en evidencia los cambios mayores que puedan producirse de manera sucesiva de no modificarse la dinámica litoral, pero también la degradación litoral.

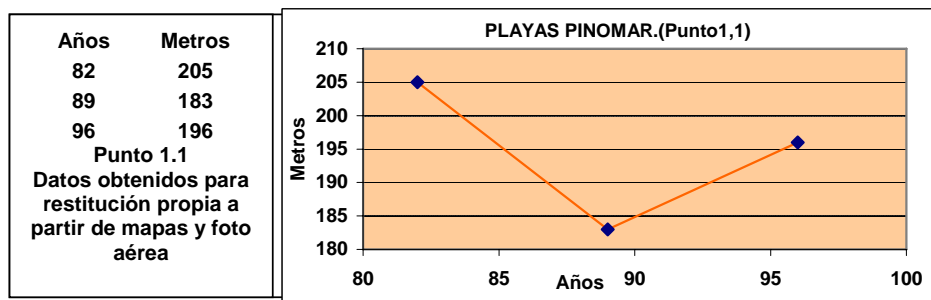
Restitución fotogramétrica en el punto uno (P 1), entre el acequión y camino del salidero.

La comparación de los datos del estudio de dinámica litoral del



Laboratorio de Puertos, publicado en 1.979, y referido a los años 47 a 77, pone de manifiesto un retroceso continuado hasta el año 65, y una ligera recuperación y mantenimiento de la línea de costa, en los años posteriores.

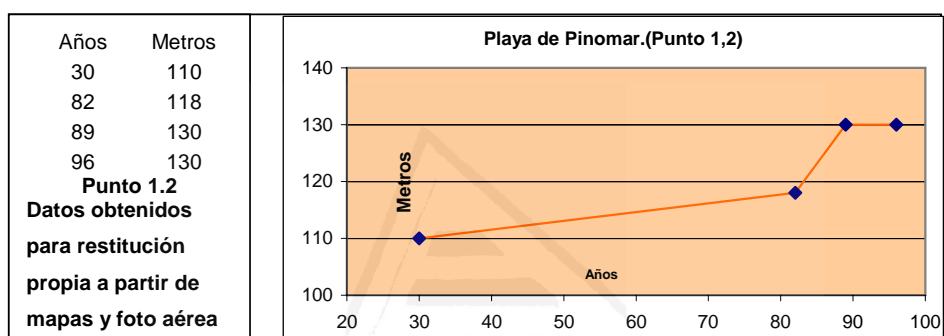
El hecho de que el Laboratorio de Puertos incluya entre el tramo P´1 a P-26 la Playa de La Mata hace que estos valores no son comparables con otros posteriores ni representativo de la dinámica litoral, por los



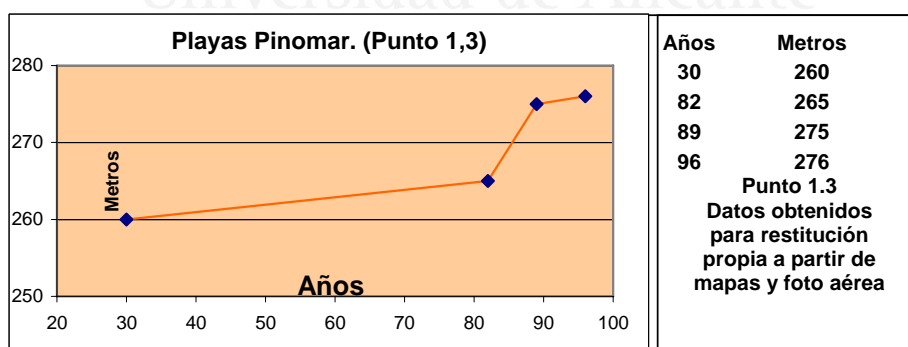
sucesivos aportes de arena en esta playa realizados por la Dirección de Costas, para compensar la erosión y retroceso del frente playero en este frente urbano.

Esta zona tiene abundantes rocas, y en realidad se situa en el extremo sur del.P1 de la restitución fotogramétrica que se ha realizado, coincidente solo en parte con el Punto1,1 del tramo que posteriormente se ha estudiado. Los datos posteriores al ochenta obtenidos de fotos aéreas o planos nos indican que en esta zona existe una cierta oscilación, y tendencia al retroceso, aunque no muy significativos.

La comparación en los puntos P-1.2 y P-1.3 , situados varios centenares de metros más al norte, en la zona del Salidero, revelan una estabilidad e incluso un ligero crecimiento de las playas desde el vuelo de



los años 30, sobre todo a partir de finales de los años ochenta donde se produce una mejora representativa de la estabilidad costera, quizás vinculada al vertido de arena del año 1987 y los aportes procedentes de la contraduna litoral destruida más hacia el norte.



No obstante en esta zona de dunas litorales y cordones dunares con pinos, aunque el cordón litoral se conserva en buen estado, hay dos tramos, de varios centenares de metros, donde ha desaparecido o está muy deteriorado. No obstante esta alteración no parece ser consecuencia

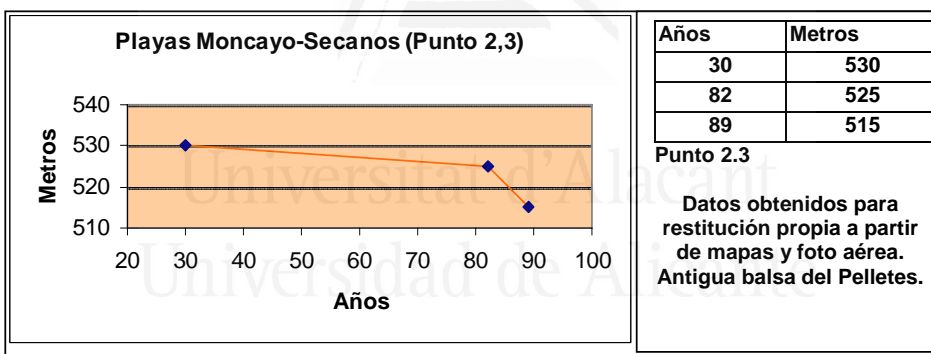
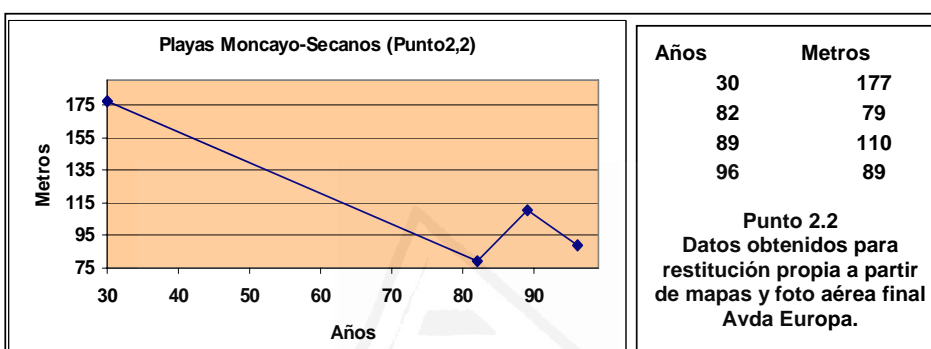
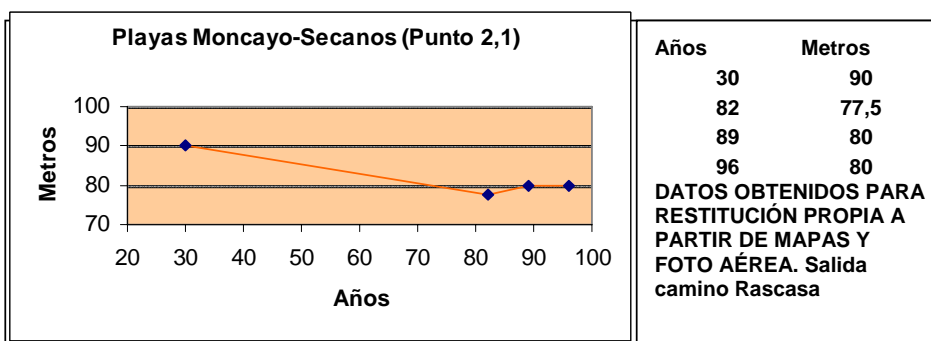
de la dinámica litoral sino el resultado del pisoteo y destrucción de la vegetación psammofítica que fijaba la duna por vehículos todo terreno.

Restitución fotogramétrica en el punto dos (P.2), desde el alto del Moncayo hasta el sur del paseo marítimo.

La comparación de los datos del Laboratorio de Puertos, para el tramo equivalente a los puntos 2 y 3 de nuestro trabajo, correspondientes a la zona entre sus P-26 y P-105, no es muy útil para comparar con nuestros datos. No obstante siempre pueden cooperar en la comprensión de la dinámica de esta costa, más todavía para este tramo de varios kilómetros sin apenas referencias fijas en el litoral y con situaciones de la costa muy diferentes, dunas, casas y paseo marítimo. Para él obtiene una situación de estabilidad entre los años 47 a 77, aunque con algunos retrocesos para el tramo central.

Hay que destacar el hecho de que en estos años la existencia de construcciones era mucho menor en el frente litoral del pueblo de Guardamar, y desde luego el efecto de la presión antrópica sobre la duna litoral solo era muy evidente en la parte norte del tramo, frente a la urbanización dunas de Guardamar, al sur de paseo marítimo.

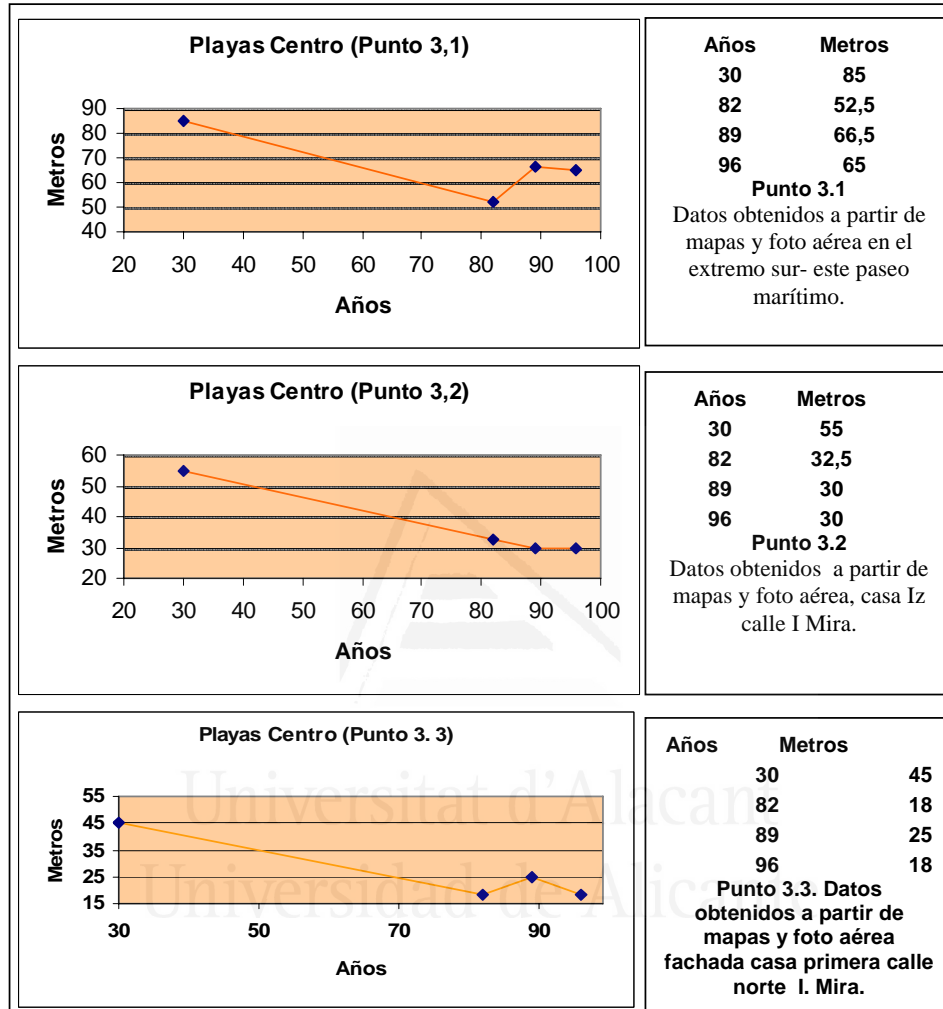
Aquí se substituyó el cordón litoral por viviendas o bien se explanó en la parte de las viviendas junto a la playa y hacia en agua. La recuperación de la playa después de un retroceso en las tres medidas que se realizaron, correspondientes al 2.1, 2.2 y 2.3 hasta el año 1982, probablemente tenga también influencia del vertido de arena al sur del paseo marítimo en el año 1987, teniendo en cuenta que las dos últimas medidas corresponden al año 1989 y 1996. Esta última falta en el lugar 2.3 para 1996, porque el punto desde el que se tomaban las medidas no existe ya en estos años, como consecuencia del proceso de urbanización del pueblo de Guardamar, hacia su extremo más meridional.



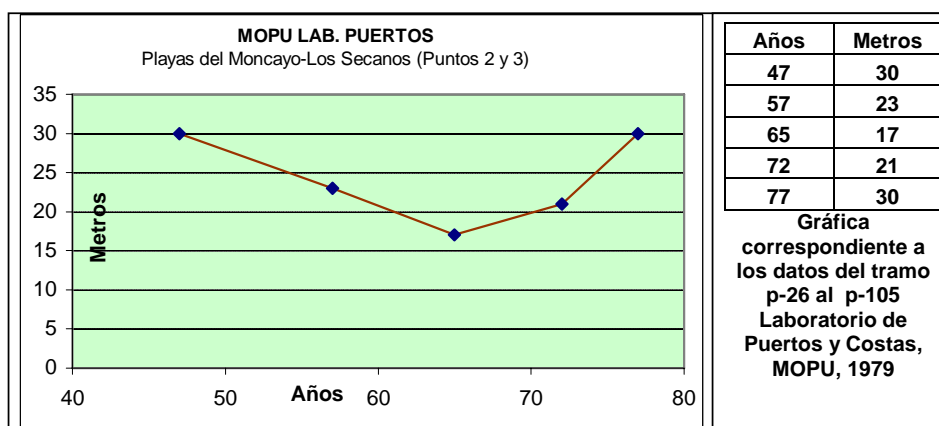
Restitución fotogramétrica en el punto tres (P. 3), en el frente urbano de Guardamar ocupado por las casas construidas sobre el dominio público.

Separados entre sí varios centenares de metros, en este tramo denominado P3, los tres lugares de medida, correspondientes a los P- 3.1 , P-3.2 y P-3.3, están situados en la parte externa de las edificaciones, el

primero al sur del paseo marítimo, el segundo frente a la calle Ingeniero Mira, y el tercero algo más al norte.



En los tres casos se produce un retroceso significativo, del entorno de los 30 metros, desde los años 30 a los ochenta, que supera los 40 metros en el punto situado más al sur, aunque en los tres cortes se detiene el retroceso de la línea de costa a partir de los años ochenta, y hay una recuperación ligera en el primero y tercero. La regeneración más acusada del punto 3.1 quizá pueda explicarse porque el vertido de arenas se produjo a finales de la década, y la mayor parte de las arenas se depositaron en este tramo, restituyendo así parte de los materiales de las playas erosionadas.



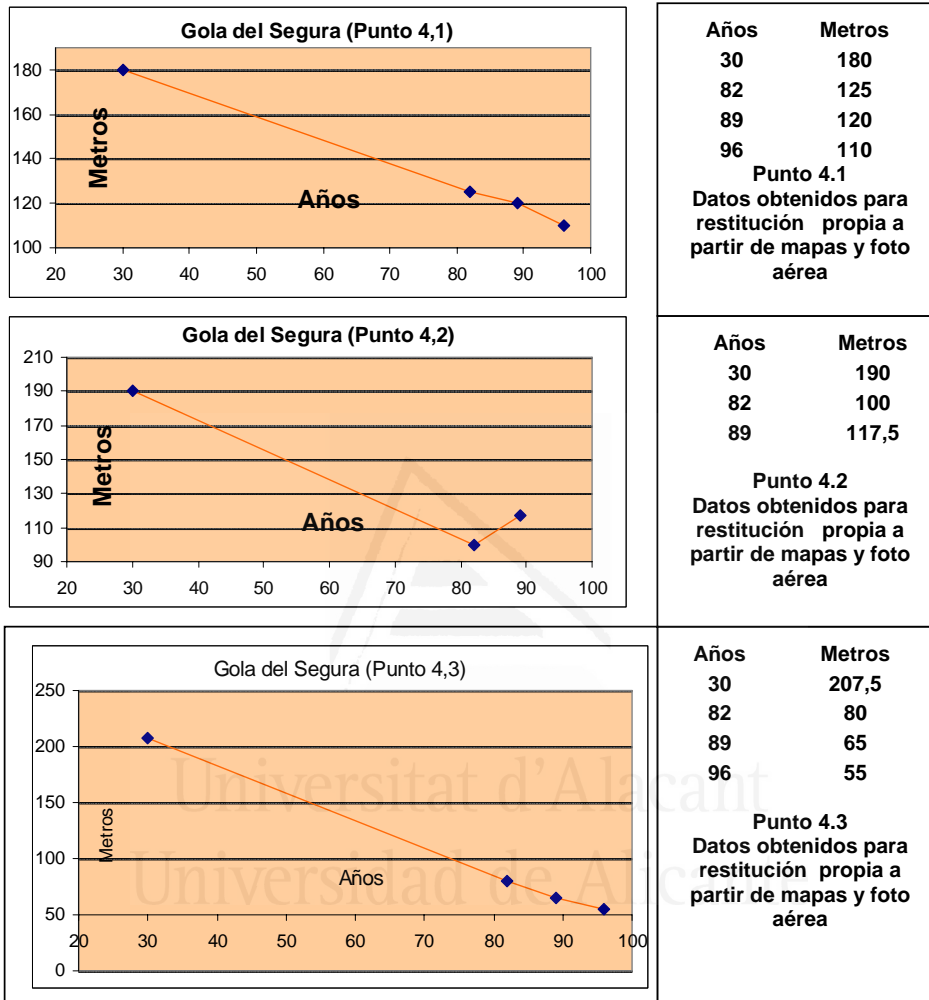
El análisis de los datos obtenidos a partir de las restituciones del Laboratorio de Puertos y Costas, correspondientes a los años 1947 a 1977 en los tramos de costa relativos a los puntos 2 y 3 de este trabajo, cuando la presión antrópica era todavía muy escasa muestran una situación de bastante estabilidad, aunque con oscilaciones. De la comparación con las medidas recientes tomadas con cinta métrica y expresadas en las gráficas anteriores se deduce el mantenimiento de la estabilidad de la playa en el punto 3,1, aunque los puntos 3,2 y 3,3 corresponderían a tramos donde continúa el retroceso.

Debido a la excesiva longitud del tramo, de unos ocho kilómetros, la estabilidad que recoge la gráfica del MOPU no es significativa, porque los procesos son muy diferentes en cada uno de los subtramos. De otra parte tampoco se explica en el citado trabajo cómo se han obtenido estos datos representativos del tramo, para elaborar la gráfica que se reproduce y que está tomada de dicha publicación, por lo que debe tomarse con cautela la evolución que indica la representación.

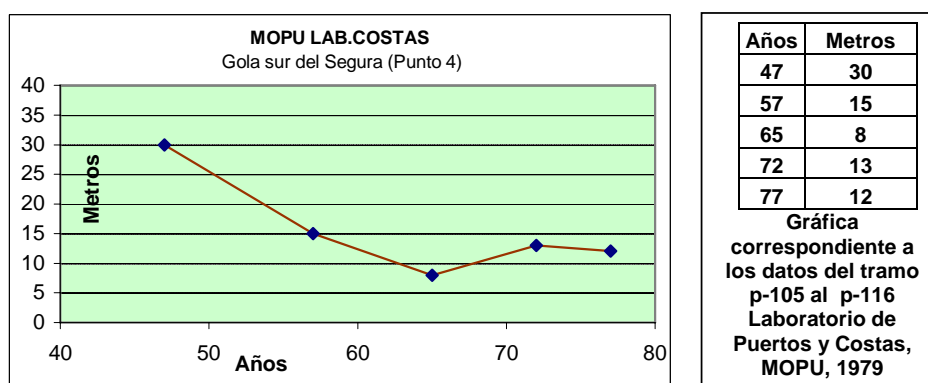
Restitución fotogramétrica en el punto cuatro (P -4), al norte del río segura.

Los tres lugares en los que se toman medidas corresponden a un tramo de costa de un kilómetro aproximadamente, situado al sur y norte de la gola del río Segura. El P-4.1 500 m al sur, el P-4.2 , junto al antiguo

espigón de lebeche, al sur del río viejo (hoy centro del cauce nuevo), y el P-4.3 unos 500 metros al norte de la desembocadura.



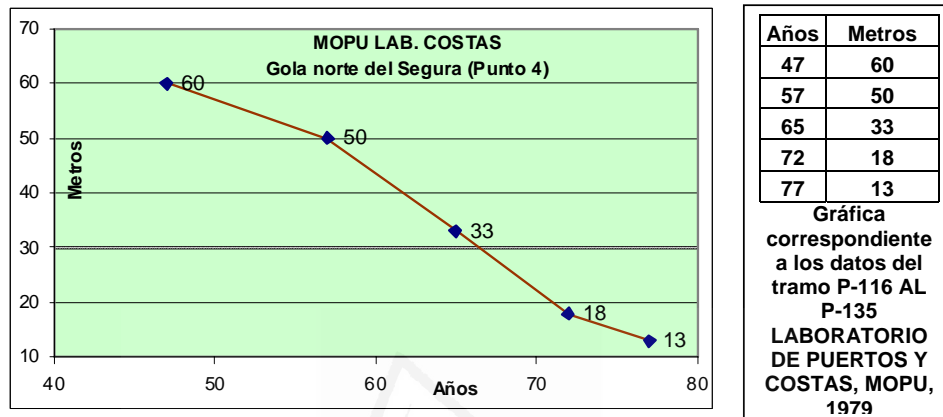
Las gráficas del laboratorio de Puertos corresponden una al lado sur de la desembocadura y otra al lado norte, y abarcan un tramo de costa similar al que separa las tres mediciones utilizadas para confeccionar nuestras gráficas, aunque en esa publicación no se indica tampoco si corresponde a valores medios o medidas en puntos concretos.



Los datos del Mopu, para el periodo 1947 a 1977 indican un retroceso máximo de 22 metros, con una ligera recuperación a partir del año 1965, que pudiera deberse a obras en los espigones del sur, porque esa recuperación no se detecta en el lado norte de la gola del río, donde el retroceso es continuado, con una elevada tasa de 1,5 metros por año, para los 30 años del intervalo de tiempo que se considera. Hay que tener en cuenta que las obras de encauzamiento en la desembocadura del Segura se producen a partir de la década del los 60, pero ya durante la misma se coloca escollera sobre la margen derecha, y por esos años se colocan gaviones y otros, como troncos clavados en la arena a ambos lados.

Los continuos enterramientos de la gola del río que impedían la salida de las embarcaciones de pesca hasta el mar obligan a la administración de aquellos años a intentar mantener un canal abierto, y los temporales y riadas destruyen o deterioran gravemente las obras realizadas, una y otra vez, desplazando la gola del río varias decenas de metros al norte o sur. No obstante y de manera sucesiva se van mejorando y consolidando hasta la construcción de los espigones actuales que forman parte de las obras del Plan de Defensa contra las Avenidas de 1987. Estas obras primeras tratan de estabilizar los márgenes clavando troncos en la ribera norte, luego construyendo un pequeño espigón en el margen derecho, que se consolida y completa con otro de mayor longitud en la ribera del norte, hasta la situación actual, con el antiguo cauce que se conserva, y recoge las aguas pluviales y de drenaje que llegan a la Vega

Baja, y el nuevo que trae las aguas que llegan al río desde más arriba de Orihuela, además de las ramblas que llegan por la margen derecha. Ambos cauces están abrazados por sendos espigones que facilitan el vertido de aguas en el mar.



Puesto que las medidas tomadas para el trabajo de 1979, del MOPU, se refieren a los años anteriores a las fuertes modificaciones de la desembocadura, cuando se habían iniciado las grandes roturaciones de tierras para ampliar regadíos, o se estaba en el inicio, además de coincidir con las grandes repoblaciones forestales, que probablemente frenaron la erosión y los aportes al mar, es difícil extraer conclusiones en relación con la diferente evolución observada en relación con los datos de este trabajo, apenas un retroceso de 50 metros entre los años 47 a 77 frente al enorme retroceso observado desde el año 1930.

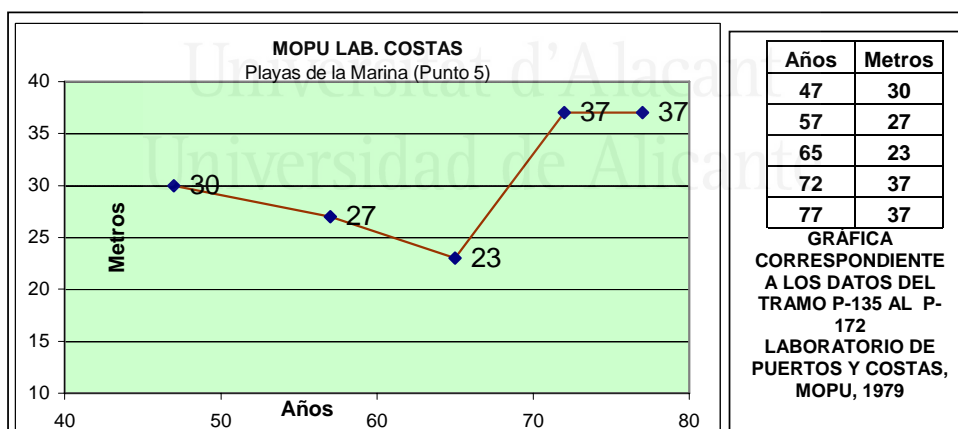
Por otro lado es probable que la construcción de los grandes embalses de la cuenca del Segura en los años sesenta, y la extraordinaria capacidad de retención de sedimentos por las presas haya influido reteniendo sedimentos. Los datos obtenidos en nuestro trabajo desde los años treinta, a partir de las medidas en tres sitios concretos, revelan un retroceso sostenido en el periodo de 66 años, de 1,3 metros por año, que se incrementa hacia el norte, junto al primitivo espigón de lebeche, alcanzando un valor de 90 metros entre el año 30 y 82, con una tasa de 1,8

metros de retroceso por año. Posiblemente la recuperación posterior, aunque escasa, se deba a las obras en la desembocadura.

Al norte de la desembocadura actual, donde solía encontrarse con mayor frecuencia la cambiante gola del río, cuando no había espigones y era más extenso el delta, es donde se detecta un mayor retroceso, que en el punto considerado es de 150 metros, pero que debe ser mayor junto a la margen norte del antiguo cauce. Este retroceso supone una tasa de destrucción de playa de 2,5 metros por año, y debe estar provocado, en su mayor parte, por la retención de sedimentos en los pantanos, que a lo largo de estas décadas se fueron construyendo en la Cuenca del Segura.

Restitución fotogramétrica en el punto quinto (P.5), playas del rebollo y la Marina.

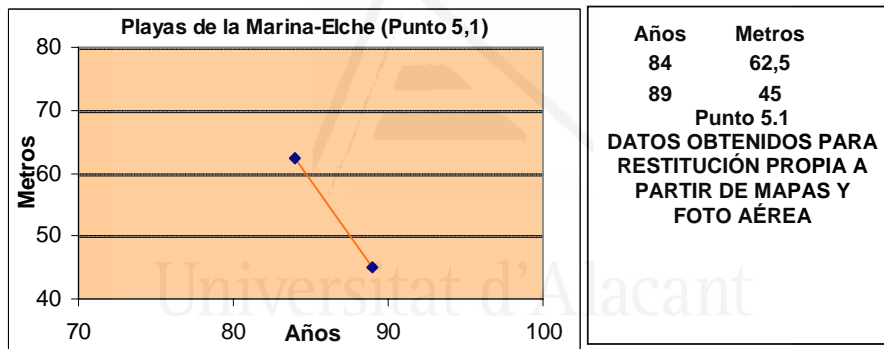
Los valores medidos en esta playa de La Marina están tomados al sur de la carretera que baja desde La marina a la playa, y en ambos lados de la carretera, en la zona de chalets que hay sobre la duna litoral.



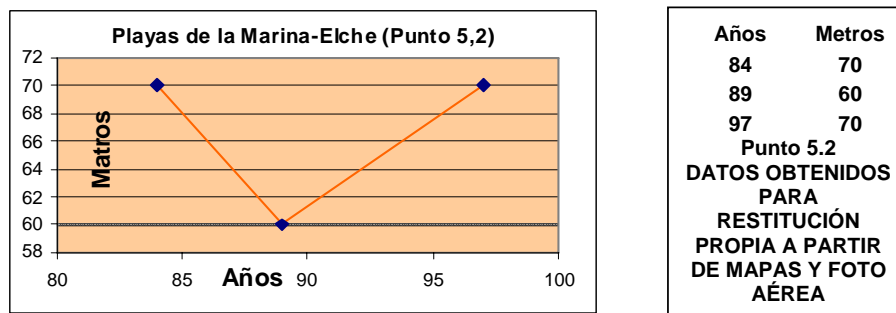
En los tres puntos de medida que se han manejado en las restituciones de planos realizadas, los cordones dunares posteriores están poblados con pinos, y no han sufrido alteraciones por actuaciones urbanísticas.

La gráfica obtenida con los datos del MOPU indican una estabilidad para el tramo de tiempo considerado, de 30 años, aunque con variaciones entre cada una de las medidas, de modo que al final de los setenta la playa era muy estable, e incluso unos metros mayor que en el 47, pero se había movido en rangos similares.

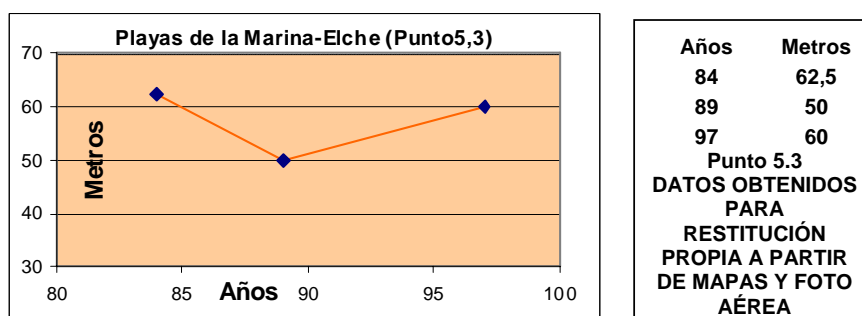
El punto P-5.1 de los que se miden en este trabajo está unos dos kilómetros al sur de esta carretera que baja a la playa, y aunque no hay viviendas, antes sí había una hilera de construcciones de madera que se asentaban sobre la duna litoral. La destrucción de estas edificaciones ha eliminado puntos de referencia por lo que los datos obtenidos son menos numerosos, y en consecuencia menos significativos para este punto que en los casos anteriores, dado el escaso periodo que comparamos y la falta



de documentos fiables de los que se disponen, por la imposibilidad de encontrar planos o fotos aéreas anteriores al año 1984, ni en el Ayuntamiento de Elche, ni en la



delegación de Costas de Alicante.



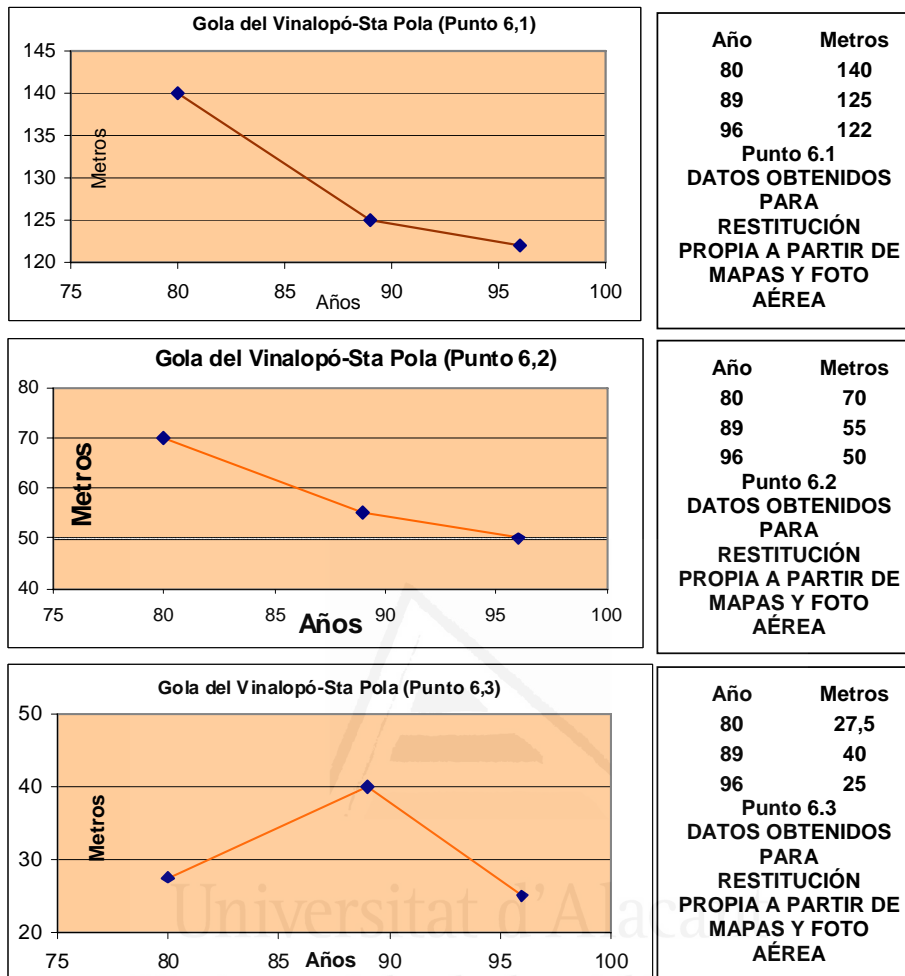
En los tres cortes se repite el mismo patrón, con un retroceso hasta el 1989 y una recuperación posterior de las playas, oscilaciones significativas que alcanzan los veinte metros negativos en este año, y para el punto más al sur y por tanto más cercano a la desembocadura. Estos retrocesos, aunque de menor entidad se repiten en los dos lugares mas al norte. Aunque en el P.1 no hay datos de 1997, en los otros dos sí aparece una recuperación del rango del anterior retroceso, con valores de unos 10 metros positivos, hasta alcanzar la línea inicial del 84, y manteniendo los valores finales estables. Probablemente, la demolición de las casas de madera que estaban instaladas sobre la duna litoral, y la regeneración parcial de esta duna haya tenido una influencia directa en este efecto positivo, sufrido a partir del 1989.

Restitución fotogramétrica en el punto sexto (.P 6), en las proximidades de la desembocadura del río Vinalopó.

Los tres puntos donde se compara la evolución de la costa están situados, el primero un kilómetro al sur de la gola del río Vinalopó, que atraviesa por un estrecho cauce la barra arenosa que cierra la llanura litoral, y de los dos restantes uno cien metros más al sur de la desembocadura, y el tercero, el P-6,3 cerca de la desembocadura pero al norte.

Desde el punto de vista morfológico, la costa de la bahía del Segura

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE
DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE



es prácticamente lineal, desde cabo Cervera, al sur, hasta el comienzo de las salinas de Sta Pola. Al norte la costa describe un arco que abarca el tramo frontal de las lagunas y salinas de Sta Pola, hasta Playa Lisa.

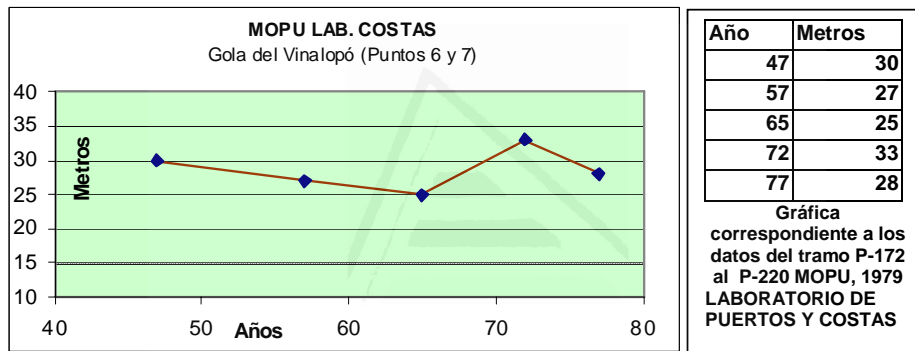
El P-6 se localiza en el extremo sur de este arco, donde la costa comienza a tener una orientación sur-este, y el color de las arenas indica todavía un aporte escaso de las ofitas de Tabarca que se transportan en el sentido de norte a sur. La duna litoral es aquí una barrera que separa las salinas y lagunas del mar, y su comportamiento es diferente que en el P-5.

En los datos del MOPU se reflejan ligeras oscilaciones desde 1947, con un leve retroceso inicial, que se recupera en 1972 y con una

tendencia marcada al retroceso en el año 1977. De manera general y para estos treinta años la costa indica estabilidad.

En los datos que se han obtenido a partir de foto aérea de Costas, del año 1989, y fotos y planos del Ayuntamiento de Sta. Pola se observa un importante retroceso al sur de la gola del río Vinalopó, puntos P-6,1 y P-6,2 del entorno de los 20 metros, sin que posteriormente se observen síntomas de recuperación.

No ocurre así al norte de la desembocadura del Vinalopó, donde se produce una recuperación de los años 1980 al 1990, para volver a

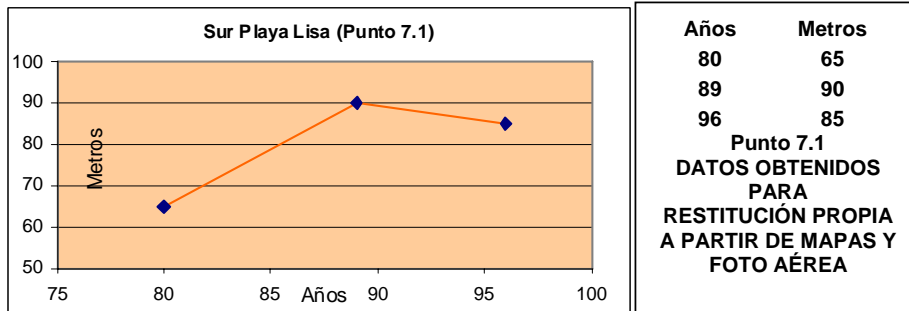


retroceder en los datos del año 1996. Posiblemente esta recuperación tenga que ver con el desplazamiento de arenas de la zona de Playa Lisa, recrecida artificialmente en estos años. Luego, y hasta el año 1996 se inició un importante retroceso, de casi 20 metros.

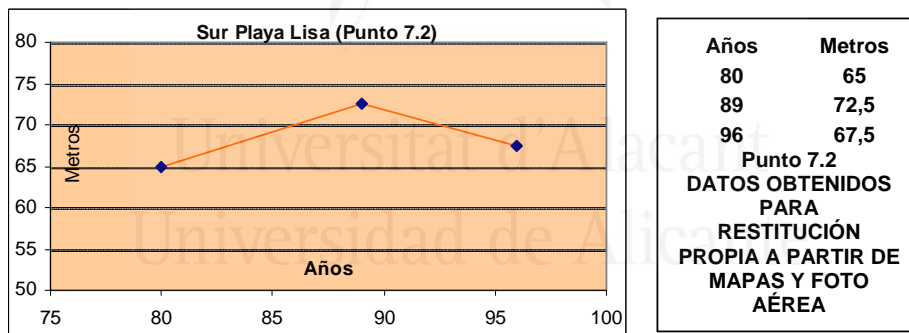
Restitución fotogramétrica en el punto séptimo (P.7), junto espigón litoral al sur de playa Lisa.

El último intervalo estudiado corresponde al que se ha denominado P-7, y se sitúa al norte de la bahía, al final del arco que una la costa este, con la costa orientada hacia el sur, porque es a partir de aquí cuando encontramos un pequeño espigón que sirve de apoyo a las arenas que sirvieron para recrecer Playa Lisa, y las playas están totalmente

modificadas por el aporte de arenas que se realizó en la década de los ochenta.

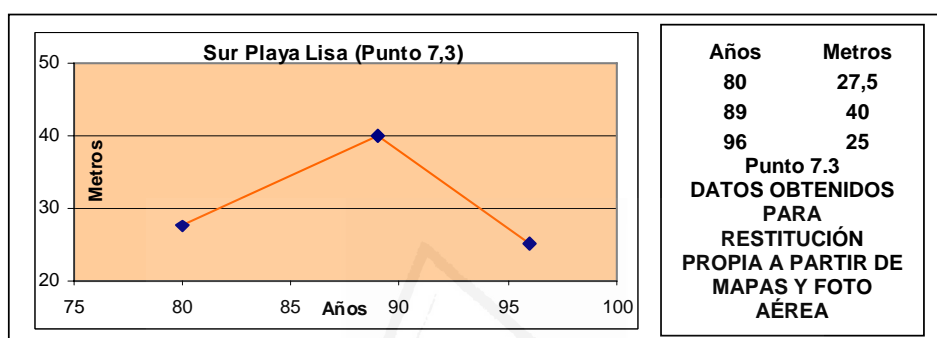


Las tres medidas comparativas están tomadas a partir de tres puntos situados al sur del espigón de lebeche de Playa Lisa, el P-7.1 a un kilómetro, el P-7.2 ubicado 600 metros más al norte del anterior, y el P-7.3 pocos metros más abajo del pequeño espigón junto al canal. Para obtener los datos se han tomado a partir de fotos aéreas y planos del Ayuntamiento de Sta. Pola y vuelo de Costas.



En los tres casos se repite la situación que ya reflejaba el P-6.3, con un crecimiento de la playa a partir del año ochenta, hasta el 1989, que llega a alcanzar los 30 metros en el P-7,1 avance que se hace menos evidente en los P-7.2 y P-7.3, porque mientras en el primero la playa llega a ensancharse en 25 metros, en los otros dos puntos apenas si sobrepasa los 12 m.

En los tres casos se produce un retroceso posterior al año 1989, y la explicación quizá pueda encontrarse en un vertido, como en los puntos 2/3, frente el pueblo de Guardamar en el hecho de que parte de las arenas vertidas en los ochenta en playa Lisa, más al norte, rebasan el pequeño espigón y se desplazan hacia el sur recreciendo las playa próximas, hasta que cesa este flujo de arena y se inicia un retroceso posterior, que lleva a la línea de costa hasta situaciones incluso más regresivas que las iniciales,



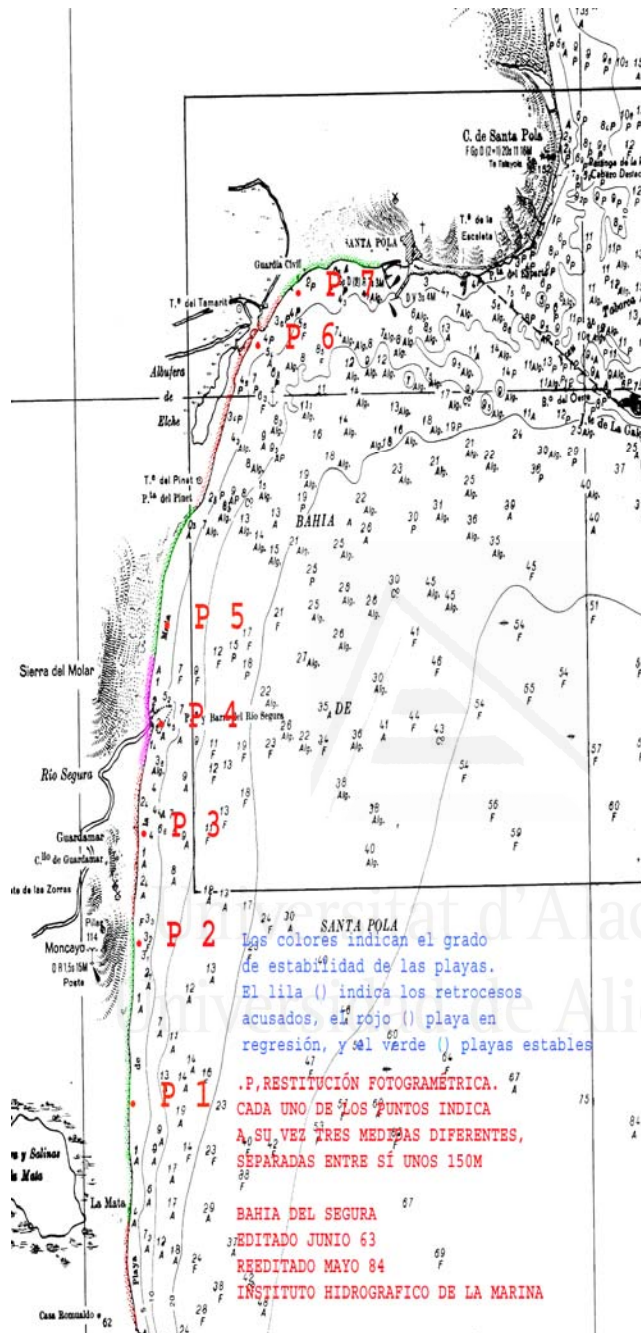
tan solo siete años después, como ocurre en el P-7.3. En los otros dos puntos situados más al sur, el retroceso no es tan grande y las playas siguen conservando parte de las arenas llegadas desde el norte.

2.4.4. Restitución general de la evolución de la línea de costa en la bahía del río Segura hasta 1997.

Para analizar las situaciones concretas que puedan producirse en la bahía del río Segura de manera más precisa parece conveniente insertar los datos locales dentro de la dinámica general. Ello comporta resumir de una forma visual y sencilla la situación de las costas de esta bahía, una vez obtenidos y estudiado los datos pormenorizados. La cantidad de medidas tomadas, que reflejan avances o retrocesos de las playas, como consecuencia de factores de origen e intensidades distintas, dan como resultado una situación concreta, que varía en cada tramo, y que necesitará de actuaciones definidas para cada trozo de costa.

En el dibujo que se acompaña se trata de expresar de manera resumida, y siguiendo el modelo que el MOP utiliza en su Plan de Usos del

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE
DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE



Evolución de las playas en la bahía del río Segura, hasta 1997.

Litoral de 1976, la evolución de la línea de costa en la bahía que ha tenido lugar hasta 1997. Es evidente la existencia de un tramo donde los retrocesos son muy importantes, a norte y sur de la gola del río Segura, de manera que incluso la intensidad de la retirada de arenas por el transporte litoral hacia norte y sur de la desembocadura es de tal magnitud que ha modificado el fondo marino y no existe ni rastro del antiguo

delta, que aunque poco potente servía para equilibrar la playas colindantes y enviar sucesivos aportes, sin erosionar apenas las playas próximas en

las últimas décadas del siglo pasado, ni incrementar la pendiente del estrán más próximo a la orilla.

El hecho de que hacia el sur la longitud de playas inestables sea mayor puede deberse, con mucha probabilidad, a la existencia de la línea de viviendas, con la que coincide. Al sur de las playas más afectadas por las construcciones, y un kilómetro más arriba de la desembocadura del Segura las playas se mantienen estables, a lo largo de varios kilómetros, hasta donde se encuentran las casas ubicadas en zona de playa en La Marina, y hasta las últimas continuando hacia Santa Pola, en el frente litoral correspondiente a la playa del Pinet, aproximadamente.

Hacia el norte, comenzando ya en los chalets del Pinet, los retrocesos son más evidentes puesto que las olas han afectado ya a las viviendas, en cuyo frente litoral se ha colocado escolleras para evitar su ruina. Probablemente la causa añadida a la disminución de aportes procedentes de las riadas y de las obras de encauzamiento de la Cuenca del Segura, se encuentre en las barreras construidas al sur de Santa Pola



Duna litoral destruida en el punto 1.2, año 2004. Se observa la ausencia de plantas.

para retener los sedimentos que puedan proceder de Playa Lisa. Inicialmente se deja notar la influencia de los aportes artificiales en las playas de Sta. Pola, que han permitido ligeras recuperaciones en el punto 7, pero comienza a ponerse en evidencia un retroceso, consecuencia

probablemente de las retenciones que producen los espigones construidos para contener el vertido de arenas en Playa Lisa que modifican la dinámica

normal, que en este tramo más septentrional tiene componente mayoritario hacia el sur.

Son las zonas más distantes de la gola del río Segura hacia el sur, en La Mata, donde además las construcciones y el intenso pisoteo de los bañistas y vehículos motorizados han arruinado la duna litoral y afectado a la dinámica marina. Entre estas zonas próximas a La Mata y el frente urbano de Guardamar las playas eran estables, cuanto no avanzaban. El frente litoral se encontraba protegido por una duna litoral en condiciones aceptables, en su mayor parte. Esta situación de equilibrio de dunas fijadas por plantas psammófilas se encuentra hoy muy alterada y la duna litoral inexistente o muy modificada, sin apenas vegetación se ha desplazado en buena medida hacia el norte y tierra adentro.

2.4.5. Restitución pormenorizada de la línea de costa con datos propios desde el año 1930 hasta el 2005.

Aunque algunos de los puntos que se utilizaron como referencia en las proximidades del litoral ya no existen y por tanto es complicado, cuanto no imposible conocer lo sucedido desde la medición de 1996-97, sí quedan los suficientes como para traer hasta los últimos años de los que disponemos vuelos, el seguimiento de los vaivenes en las playas. En otros casos no se tienen las fotos aéreas de 1930, pero si los suficientes como para conocer la evolución con el detalle que aquí se precisa.

Estos años se caracterizan por la ausencia de avenidas y la consiguiente falta de aportes de sedimentos al mar, que se ya están ausentes desde el año 1989, puesto que desde esta última riada apenas si han llegado alguna vez las aguas del Segura hasta el mar, y además de los aportes de sedimentos procedentes de la construcción de la dársena del puerto deportivo situado junto al río, en la margen derecha, no se han producido circunstancia como grandes temporales ni otros acontecimientos reseñables.

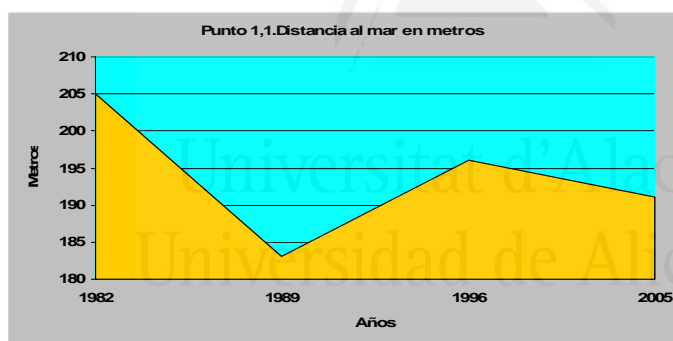
Restitución fotogramétrica en el punto uno (P 1), entre el acequión y camino del salidero.

La situación de este lugar de medida, con fondo rocoso y apoyado



en un pequeño saliente rocoso, permite que el transporte litoral, que tiene una marcada componente sur, retenga las arenas. Solo los continuos lebeches que dominan

durante largas temporadas asociados o no a las brisas y el transporte eólico de las arenas secas de la playa, impulsan hacia el norte los granos,



Punto 1,1	
Años	Metros
1982	205
1989	183
1996	196
2005	191

Datos obtenidos por restitución a partir de mapas y foto aérea

que luego los levantes devuelven con las corrientes marinas litorales hacia el sur.

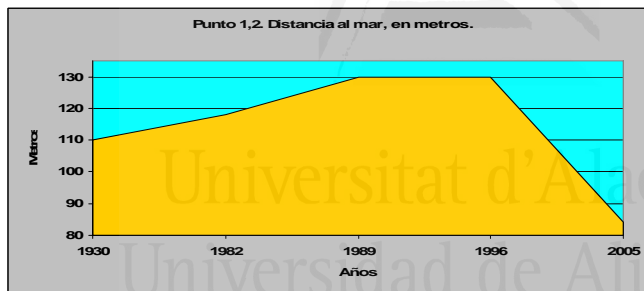
Esta realidad permite mantener una cierta estabilidad en la playa en esta situación concreta, aunque sometida a oscilaciones, que probablemente estén asociadas en mayor medida a grandes temporales. Por el contrario, una persistente dominancia de lebeches invierte el sentido del transporte eólico en dirección norte. El avance de la playa medido en

1996 posiblemente tenga alguna relación con las arenas vertidas varios kilómetros más al norte, y su lento desplazamiento hasta el sur.

Las mediciones realizadas en el segundo lugar de referencia está situado frente el camino del Salidero, que en la actualidad se encuentra enormemente alterado. Corresponde a un tramo de la costa donde el



pisoteo y los vehículos pasando por la contraduna, han conducido a la destrucción de un tramo superior al kilómetro, y hacia el sur. Las arenas han avanzado cubriendo pinos y dejando más hacia el mediodía un largo frente sin



Años	Metros
1930	110
1982	118
1989	130
1996	130
2005	84

Datos obtenidos por restitución a partir de mapas y foto aérea

la duna litoral. La reciente fijación y vallado de esta duna en el año 2005/6 probablemente invierta la esta situación de inestabilidad, que se agrava por la ausencia de aportes de sedimentos desde la cuenca del Segura hasta el mar.

La situación de estas playas es de grave retroceso, que alcanza los 46 metros donde había una situación anterior de avance de las playas y estabilidad, aunque posiblemente esta situación del 1989 a 1996 esté relacionada en parte con el vertido de 1987, varios kilómetros más al norte. A partir de la destrucción de estas dunas, y por el transporte eólico de las

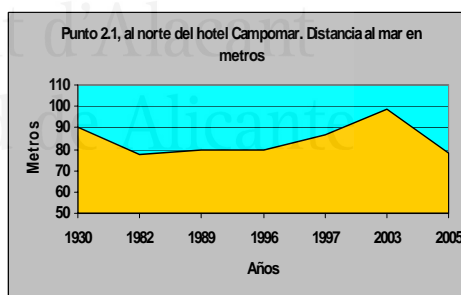
arenas secas de la playa, las arenas han avanzado tierra adentro y hacia el norte enterrando las primeras hileras de árboles. Otras habrán sido arrastradas por los temporales o vientos de poniente mar adentro, hasta mayores profundidades, de donde vuelven con mayor dificultad a la playa o simplemente no regresan.

El punto P-1.3 situado más al norte no se ha podido identificar, por lo que no se tienen referencias, pero muy probablemente la situación de franco retroceso se mantenga todavía.

Restitución fotogramétrica en el punto dos (P.2), desde el alto del Moncayo hasta el sur del paseo marítimo.

También en el frente litoral segundo, falta uno de los puntos de relación, el tercero, porque el desarrollo urbanístico de la localidad ha modificado las referencias puntuales utilizadas en las medidas de los años anteriores, situadas en caminos, viviendas o similares.

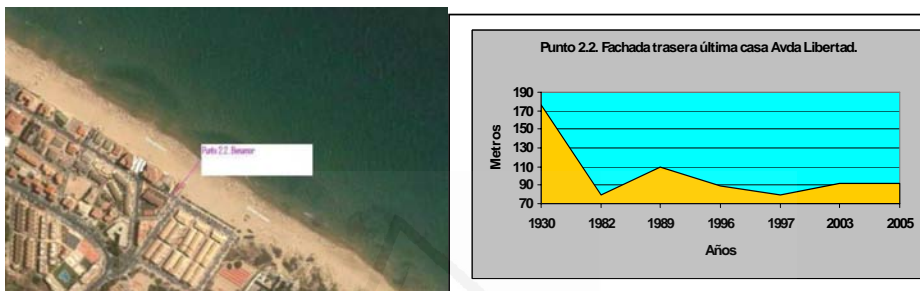
El punto primero se sitúa unos centenares de metros al norte del



hotel Campomar, donde la duna litoral se conserva aceptablemente, debido a que todavía el proceso de urbanización no ha llegado hasta aquí, y la parte de sotavento está ocupada por parcelas de cultivo por las que solo acceden al mar pisoteando esta duna los agricultores, produciendo una presión sobre las comunidades de plantas que fijan las arenas muy inferior a las de los dos puntos anteriores, situados más al sur.

El segundo lugar de seguimiento se localiza en el límite sur del frente urbanizado de Guardamar. Las playas son aquí ámplias porque la línea de edificaciones son de planta baja aisladas, o varias plantas pero de baja densidad, con vallas separativas de las arenas, con lo que está separada del mar, aunque la duna litoral no existe.

Como en el punto 2.1 la playa se mantiene en una situación de equilibrio. Prácticamente se ha mantenido el ancho de playa desde 1982,



con algunas oscilaciones. Probablemente el importante retroceso producido desde los años treinta tenga relación con la retirada de toda la duna litoral a partir de los años cincuenta del siglo pasado, cuando se produjo el proceso de urbanización de esta zona, pero no se dispone de otras fotos con las que poder restituir la costa en estos años.

Punto 2.1	
Valla salida Damiana	
Años	Metros
1930	90
1982	77,5
1989	80
1996	80
1997	87
2003	99
2005	78

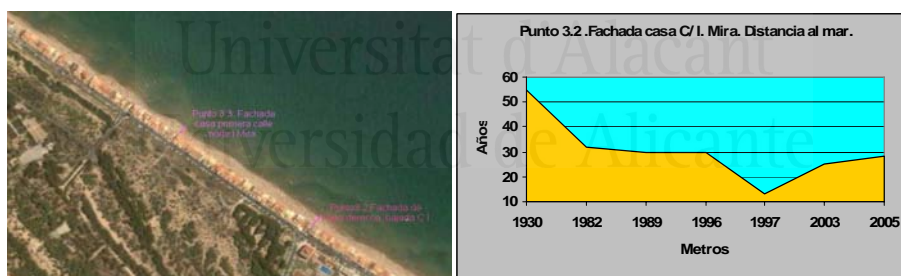
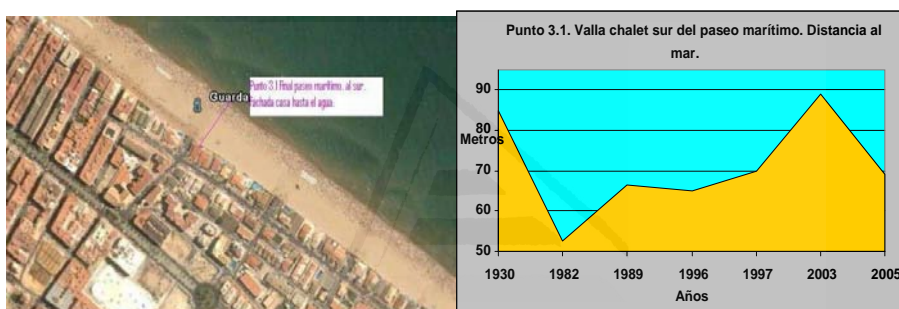
Punto 2.2.	
Avda Perú	
Años	Metros
1930	177
1982	79
1989	110
1996	89
1997	80
2003	92
2005	92

Tampoco parece que el conocimiento más detallado del proceso aporte gran información para conocer la evolución general en estos más de setenta y cinco años, en los que además se puede disponer de información complementaria sobre riadas,

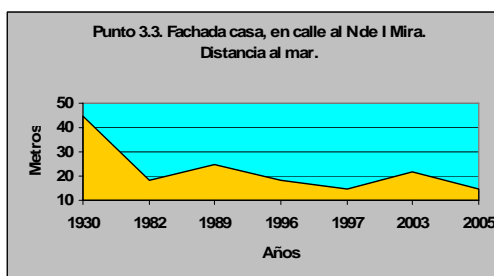
replantaciones forestales y roturaciones extensas, circunstancias que se cruzan con el hecho de la aparición de nuevos embalses, donde se retiene un volumen enorme de materiales procedentes de la erosión de la cuenca y que deben considerarse al prever la estabilidad de la playa.

Comparando ambos lugares, que están separados más de un kilómetro se pone de manifiesto la continuidad de la línea costera del tramo segundo, y el avance producido en el más septentrional en la medida de 1989 parece cláramente relacionado con el vertido producido algo más al norte, que se va desplazando hacia el sur, y que ya no se detecta en las cuatro medidas posteriores, hasta el año 2005.

Restitución fotogramétrica en el punto tres (.P 3), en el frente urbano de Guardamar ocupado por las casas construidas sobre el dominio público.



Este fragmento de la costa está bordeado por una hilera de chalets construidos sobre dominio público, ocupando el lugar donde debiera existir la duna litoral. Se trata de edificaciones



construidas desde hace varias décadas en el borde de la playa. En su

parte trasera se encuentra el sistema dunar bien conservado y fijado por el bosque que se repobló a principios del siglo XX, separado de las viviendas solo por la calle Ricardo Codorniu, excepto en el tramo de un kilómetro más al sur al final del paseo marítimo, en el que además hay edificaciones que las separa del resto de dunas que quedan sin destruir.

Al principio de este tramo se produce una situación de estabilidad, con avances y ampliación de la playa respecto del año 1982. El primero como consecuencia del vertido de 1987 frente a la zona del paseo marítimo, y el segundo, detectado en la medida de 2003 que probablemente se derive del vertido del puerto en los años 1998-99, porque ya en 2005 se ha producido un nuevo retroceso hasta la línea de 1997.

Las cifras de los puntos P-3.2 y 3.3, deben someterse a varias consideraciones. En primer lugar los números absolutos no son

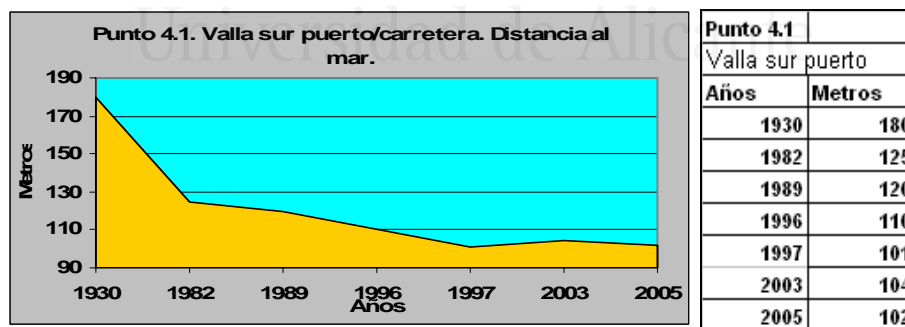
Punto 3.1		Punto 3.2		Punto 3.3	
Final paseo marítimo		Ingeniero Mira		Primera calle norte I Mi	
Años	Metros	Años	Metros	Años	Metros
1930	85	1930	55	1930	45
1982	52,5	1982	32	1982	18
1989	66,5	1989	30	1989	25
1996	65	1996	30	1996	18
1997	70	1997	13	1997	15
2003	89	2003	25	2003	22
2005	69	2005	28	2005	15

comparables con los de el P-3.1, puesto que en este caso las vallas de las viviendas o el extremo sur-este del paseo marítimo donde se mide, están alineados con las partes traseras

de las casas de más al norte donde se encuentran los puntos segundo y tercero. Por esta razón forzosamente deben salir cantidades menores que el los 2 y 3, al margen de las oscilaciones que deben compararse con otras del mismo lugar. Las fuertes disminuciones de la playa reflejadas en el año 1997 son con bastante probabilidad resultado de la ausencia de riadas desde 1989, que solo se compensa momentáneamente por el aporte de sedimentos de excavación de la marina portuaria al sur de la desembocadura del río a finales de los noventa, como parece evidenciar la medida de 2003.

Esto no oculta el hecho de que las cifras absolutas de ancho de playa sean en el punto tercero tres veces menores que en 1930, y que las cifras absolutas en la en 2005 oscilen en el entorno de los 15 a 20 metros de disminución del ancho de playa. Esta situación agravada hacia el norte, y en la actualidad más acentuada todavía, provoca que varias de las casas se hayan destruido por los temporales, y eso a pesar de que los propietarios han construido muros, reforzado cimientos de las aceras, o simplemente depositando arenas contenidas en sacos, con el propósito de proteger las viviendas. Prácticamente todos los temporales llevan las olas contra las aceras de las casas, que presentan más daños en el tramo más cercano al río, de esta línea de viviendas de la calle Ingeniero Ricardo Codorníu, con lo que la playa que desaparece durante los temporales, queda reducida a unos pocos metros cuando llegan las calmas. Probablemente, de no producirse aportes por el Segura, o bien vertidos de otra procedencia, como el vaciado de la desembocadura, parte de estas viviendas quedarán demolidas por las grandes olas.

Restitución fotogramétrica en el punto cuatro (P.4), al norte del río Segura.



Las obras del Plan de Defensas contra las Avenidas, aprobadas tras la riada de 1987 han producido profundas modificaciones en el entorno de la antigua desembocadura, con lo que no es posible realizar comparaciones con las medidas anteriores, salvo en el P-4.1.

En este lugar se ha producido posteriormente, a finales de los noventa, un importante vertido procedente de la excavación del puerto Marina de las Dunas, entre el camino asfaltado que discurre paralelo al mar y la playa, que ocupa el lugar de la duna litoral. Este depósito alcanza varios metros de altura y está formado por una mezcla de arenas y limos compactos, que si bién no se depositó sobre la playa, los temporales han



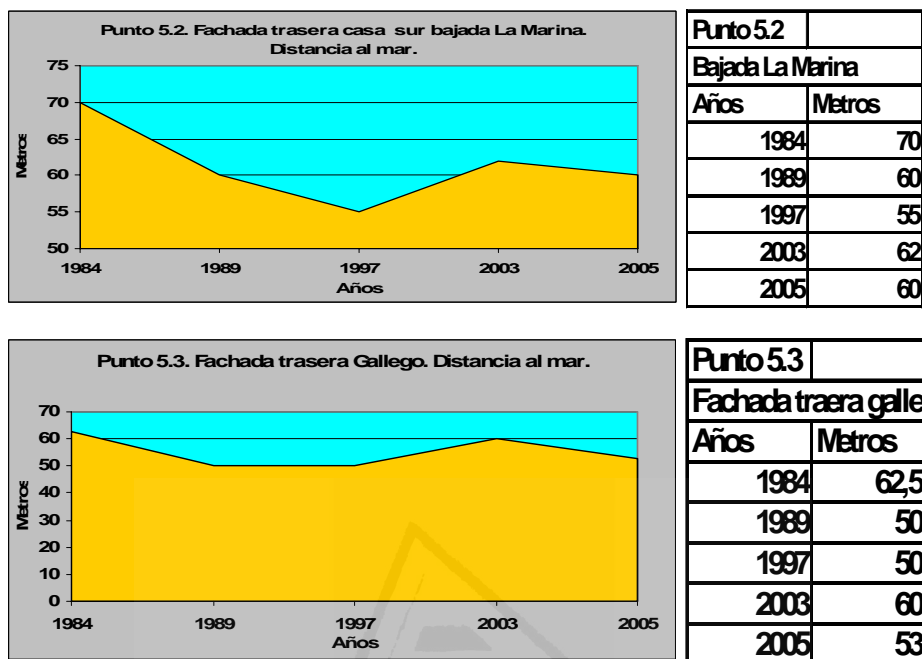
erosionado y conducido solo hacia el sur, puesto que aparentemente no sobrepasan los espigones hacia el norte, tal y como los estudios con arenas trazadoras realizados por el CEDEX predecían (CEDEX, 1989).

Al fuerte retroceso producido desde 1930 a 1982 tiene en buena parte su origen, con mucha probabilidad, en la retención producida por las obras de restauración hidrológico forestal de la primera mitad del siglo XX, y las que se acumulan en los vasos de los embalses. A partir de 1982 ha seguido un periodo de cierta estabilidad de la costa hasta el 1989. En 1996 comienza una ligera regresión que cesa en 1997, hasta unos valores que se mantienen estables, probablemente porque la dinámica entre la duna litoral y la playa mantiene un equilibrio, al menos hasta hoy. No obstante los sedimentos que pueden enviarse hacia el sur no son suficientes para equilibrar las playas de estas zonas.

Restitución fotogramétrica en el punto quinto (P 5), playas del rebollo y la Marina.

Este sector de la costa, frente al pueblo de La Marina, está bordeado por las dunas repobladas del norte del río Segura, que alcanzan hasta las lagunas de Santa Pola, donde quedan reducidas a una barra litoral de entre 100 y 200 metros. En esta zona las dunas llegan a los 600

en incluso superan los 1000 m, estrechándose la franja conforme se



avanza hacia el norte.

Aquí se produjeron modificaciones de la situación a mediados de los ochenta cuando se fueron retirando las casas de madera que situadas en línea ocupaban más de un kilómetro de frente litoral, desde el camino de bajada que separa lo términos municipales de Elche y Guardamar hasta las casas que están frente a La Marina, en el punto segundo. Consecuencia de las modificaciones no se localiza el primero de los puntos de referencia utilizado anteriormente.

Aunque esta playa conserva una extensión bastante estable, sí hay algunas oscilaciones regresivas en los años 1989 y 1997, probablemente consecuencia de la dinámica creada al retirar las edificaciones litorales de madera y el depósito posterior de arenas mediante el transporte eólico desde la playa, que los antiguos ocupantes de las casas de madera devolvían a la playa. Con ello se ha formado un depósito en forma de corduna litoral, que sin alcanzar el tamaño de las recrecidas al sur del Segura sí tiene que haber influido en la regresión de la playa, que luego

avanza ligeramente en 2003 para volver a retroceder ligeramente en 2005, algo más acusado hacia el norte.



Quizá, como hacia el sur del río, la falta de aportes del Segura se refleja en una costa que no se estabiliza todavía, y que en medidas posteriores podría confirmar el efecto del déficit de sedimentos aportados por las riadas. De hecho los propietarios de las viviendas situadas en las proximidades del punto de medida 5.3 han tenido que proteger el frente de las casas contra los temporales para evitar su destrucción, como el las casas situadas al sur del Segura.

Restitución fotogramétrica en el punto sexto (.P 6), en las proximidades de la desembocadura del río Vinalopó.

Este trozo de costa está recorrido por su interior por una barra arenosa que separa el mar de las lagunas que forman las salinas de Santa

Punto 6.1		Punto 6.3	
Sur Vinalopó. Vértice balsa		Norte Vinalopó	
Años	Metros	Años	Metros
1980	140	1980	27,5
1989	125	1989	40
1996	122	1996	25
1997	149	1997	22
2003	159	2003	21
2005	158	2005	24

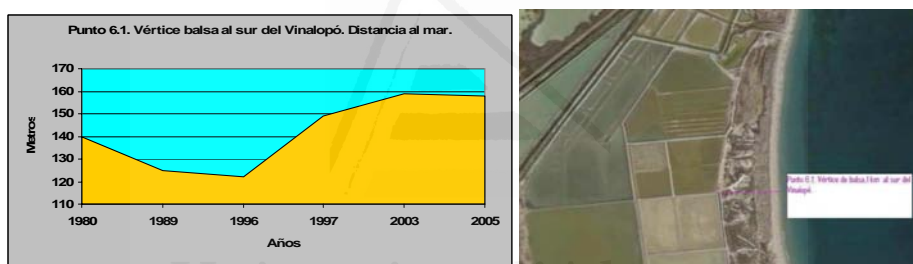
Pola, y en el entorno de la desembocadura del río Vinalopó, o al menos la gola del desagüe de toda la zona inundada que ciega la estrecha franja de arena que dibuja el arco norte de la bahía del Segura.

Este segmento litoral, por la distancia a la principal fuente de sedimentos de la bahía, tiene una mayor desvinculación con las riadas y

los aportes del Segura, y similar a los procedentes del noreste. Probablemente este alejamiento tenga como consecuencia que la oscilación de la costa esté más influida por los temporales de levante y el transporte eólico de los lebeches.

Esta mayor independencia tiene como resultado que en el punto P-6.1, al sur del Vinalopó, que presenta una oscilación costera similar a la del P-5, con un retroceso hasta 1996, luego se recupera y mantiene hasta la actualidad, con una cifra final global muy importante que alcanza los 36m en relación con 1996.

Al norte del río, aunque en sus proximidades, los valores medidos ofrecen una imagen final algo diferente, puesto que al descenso del



tamaño de playa de 1996 le siguen sucesivos decrementos, hasta que comienzan a elevarse los valores en 2005. Ambas secuencias son

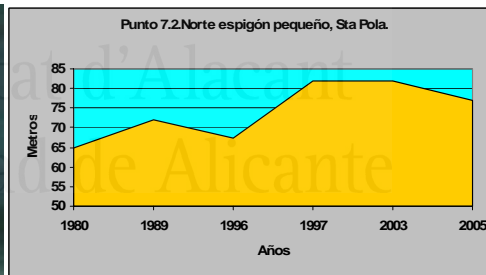
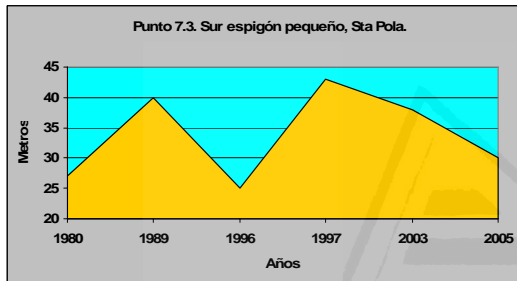


contrarias a lo que se observa en los tramos colindantes, porque a los descensos producidos después de 1989, fecha en la que ya se había producido el vertido de arenas de Playa Lisa, y que el ascenso de todos los valores del P-6 y P-7 ponen de manifiesto, sigue descendiendo. Sin embargo tras el año 2003, que se produce un descenso más o menos

acusado a norte y sur, mientras en este caso se produce un ligero avance de la playa.

El P-6.2 no es posible encontrarlo, porque en ausencia de puntos fijos se había utilizado trazados de los canales, que han sufrido alteraciones en los últimos años, con lo que ante la duda se opta por no contar con él.

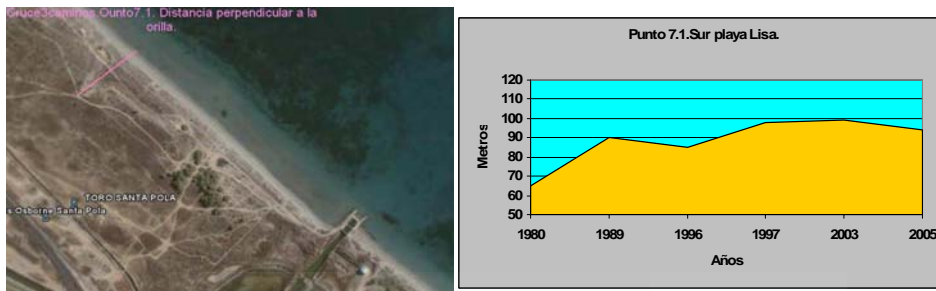
Restitución fotogramétrica en el punto séptimo (P.7), junto espigón litoral al sur de playa Lisa.



Punto 7.1		Punto 7.2		Punto 7.3	
Sur playa Lisa		Sur punto 1		Sur punto 2, y espigón pequeño.	
Años	Metros	Años	Metros	Años	Metros
1980	65	1980	65	1980	27
1989	90	1989	72	1989	40
1996	85	1996	67,5	1996	25
1997	98	1997	82	1997	43
2003	99	2003	82	2003	38
2005	94	2005	77	2005	30

La numeración en este extremo de la bahía se invirtió para poner en evidencia el efecto del espigón construido desde

hace décadas, como una construcción anexa para regulación y otros de las salinas, y que permite visualizar el efecto de las construcciones litorales cuando estas cortan la corriente costera de transporte de sedimentos, aunque en este caso interese fundamentalmente evidenciar el hecho de que el equilibrio local tiene una mayor tendencia hacia el norte, aunque



muy poco marcada.

Los fuertes temporales de levante aquí generan olas que tienen una dirección este, puesto que el cabo de Sta Pola y la isla de Tabarca, además de los fondos rocosos generan refracciones de las olas que el viento N-E, o levante como aquí se le conoce, ha producido. Por otra parte, el transporte eólico hacia norte está muy dificultado por la existencia del canal, con lo que la composición de estas arenas tiene un marcado sesgo de origen animal, y probablemente a partir de esta zona, hacia el norte, el resultado del transporte de sedimentos norte- sur producido por las corrientes litorales, se equilibre (Aldeguer, Cap III 1989).

La observación más detallada de lo que ocurre en los entornos de medida refleja evoluciones similares aunque con oscilaciones mucho más acusadas al sur del pequeño malecón.

Probablemente la proximidad del abrigo que presta la construcción ocasiona que las oscilaciones sean más acusadas en P-7.3, y en todo caso que el resultado final de los datos evidencie una estabilidad global sometida a vaivenes que no superan los 18 metros entre los dos puntos más distantes. En este caso se producen por impulsos más o menos

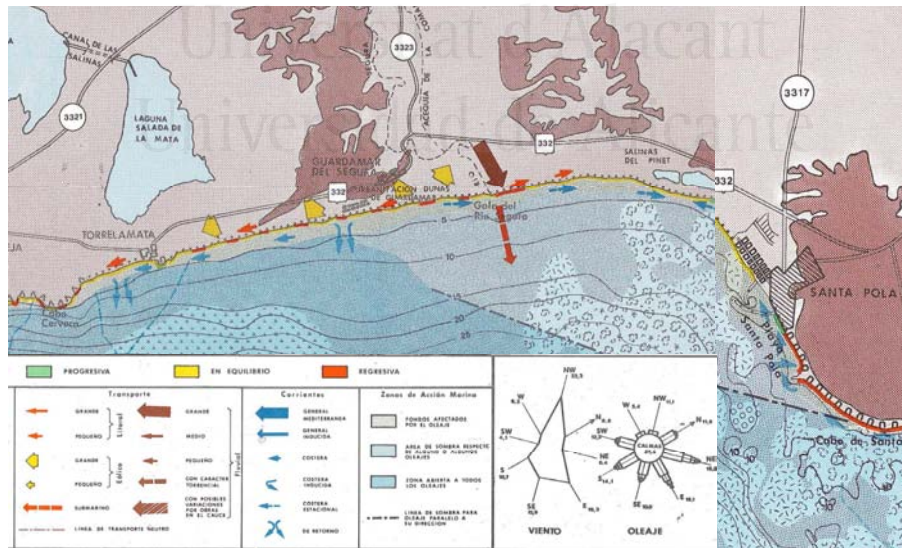
continuados en el tiempo, procedente de las playas del sur y debidos a los lebeches dominantes. Los fuertes temporales ocasionaran retrocesos que lentamente se recuperan.

Las fluctuaciones en el sitio 7.2, al norte del espigón, siguen una secuencia similar en cuanto a las tendencias en cada medida, y también en las diferencias entre máximas y mínimas entre las cifras obtenidas, que en este caso solo llegan a los 17 m.

En la medida tomada más al norte, el punto 7.1, sufre oscilaciones mucho mayores, de una parte hay una mayor influencia del vertido de Playa Lisa, de modo que se produce un crecimiento de la playa de 25m entre 1980 y 1989, para luego retroceder ligeramente y volverse a recuperar hasta superar el máximo alcanzado tras el vertido, y manteniendo una situación estable en los últimos años.

2.4.6. Evolución general de la línea de costa en la bahía del río Segura desde abril de 1976 hasta la actualidad.

A partir de los planos publicados por el MOP en el Plan Indicativo



PLAN INDICATIVO DE USOS DEL DOMINIO PÚBLICO LITORAL
MOP, abril de 1976. Tramo: "El Mojón Cabo de Santa Pola"

del Dominio Público Litoral para el tramo del Mojón hasta el Cabo de Santa

Pola, en el que se pormenorizan los tramos según el estado progresivo a regresivo de las playas se han producido numerosas modificaciones, aunque el esquema general de la dinámica se conserva, a pesar de que en



Bahía del Segura. Situación de las playas en 2005. En rojo playas muy regresivas, amarillo poco y verde en equilibrio.

él no se tenían en cuenta importantes fuentes de sedimentos ni tampoco se habían producido aportes de arena por parte de la administración. Este Plan tenía como objeto analizar el litoral desde el punto de vista físico, asociándolo al concepto de borde, orilla o costa del mar (Plan Indicativo de Usos del DP Litoral, 1976)

En relación con el transporte paralelo a la costa existe coincidencia con entre los del PIDU los datos que

se han obtenido, aunque en aquél no se contemplan los aportes procedentes de las ofitas de Tabarca. Tampoco los procedentes de la erosión de las calcarenitas costeras de la zona de La Mata ni los aportes

de origen organógeno, que hacia los extremos norte y sur de la bahía adquieren gran importancia.

En 1976 el MOP dibuja un estado de las playas en una situación de relativo equilibrio, con alternancia de tramos menores en regresión, algo más acusada junto al río, al norte de la desembocadura, aunque luego la situación es de equilibrio hasta el puerto de Santa Pola. Parte de este último tramo que corresponde a Playa Lisa, es la zona en que se recreció la playa con aportes de arena, pero con el objetivo de incrementar la pendiente litoral, facilitar las corrientes a la nueva línea marítima y el uso lúdico de los bañistas.

Con los datos obtenidos en las últimas mediciones puede obtenerse una imagen más detallada y actual de lo que ocurre en función de las medidas que se realizaron, aunque los cambios producidos en estos años no pueden considerarse representativos, salvo que se pongan en consonancia con la evolución observada en las medidas anteriores, en 1996 y 97.

Comenzando por el sur encontramos una playa en regresión continuada desde 1996, que se incrementa en 2005 hacia el norte, en la zona del Salidero. Debe tenerse en cuenta que los tramos actuales más regresivos en este segmento fueron hasta 1996 playas bastante estables hasta las proximidades del frente litoral de Guardamar.

El único trozo estable al sur del Segura se limita al frente playero que se localiza entre el sur del cerro del Moncayo y el extremo sur del frente litoral urbano, y más hacia el norte, en el punto tercero las playas vuelven a ser regresivas, sobre todo a partir del centro del frente urbano y hasta las proximidades de la desembocadura donde se mantiene la línea de costa en niveles similares a los de 1997, tanto a norte como a sur.

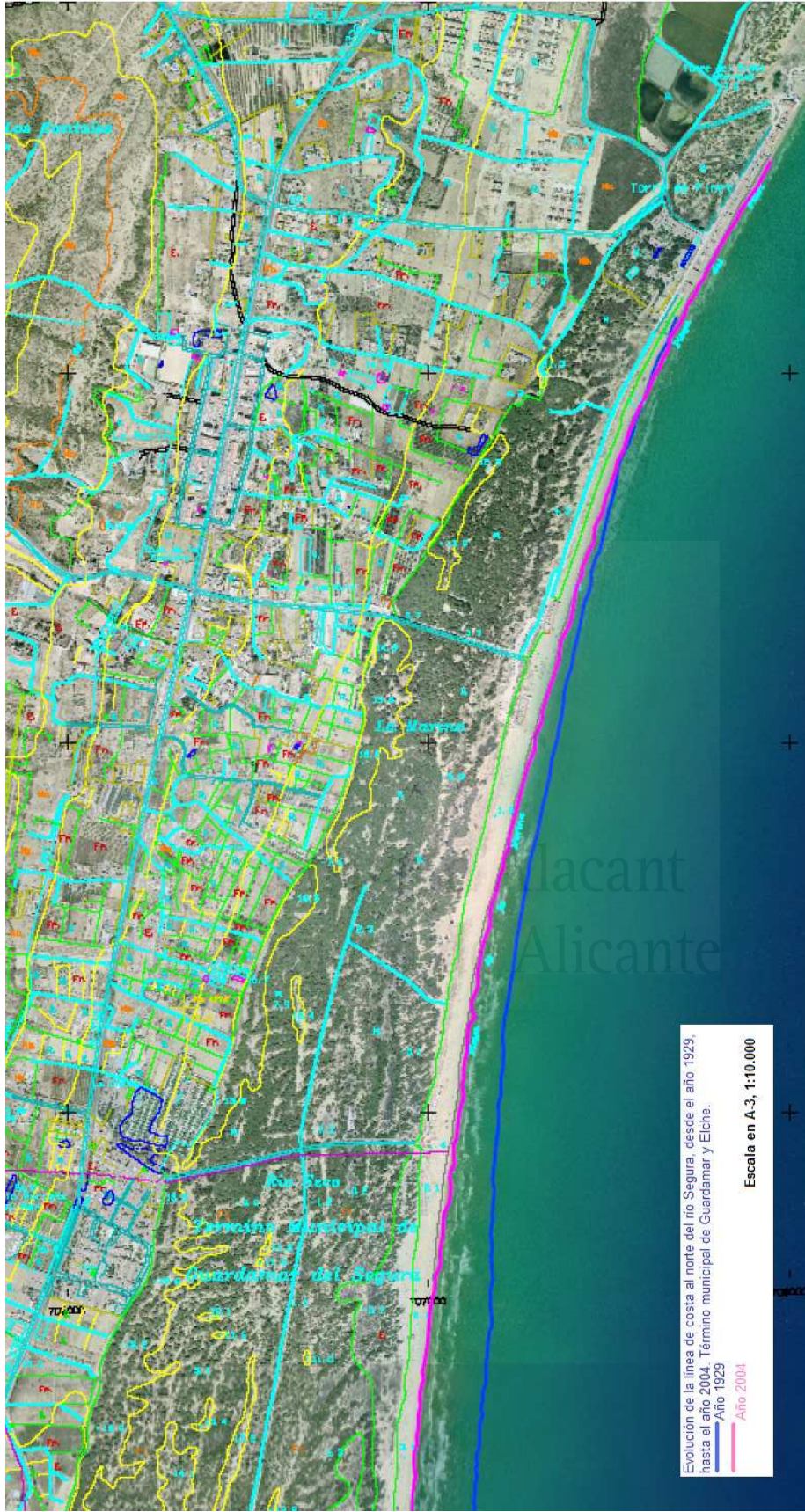
Las playas situadas a los dos lados del río mantienen una cierta estabilidad aunque regresiva, y que al igual que ocurría en el extremo

opuesto de la bahía, continuaba con una playa estable en 1997, solo regresiva en la playa ocupada por casas, al norte del tramo situado frente La Marina. A partir del río las oscilaciones producidas en los últimos años tienen tendencia regresiva, muy acentuada donde están las casas, que ya antes lo era.

Solo el segmento de costa situado frente a las lagunas de la salinas de Sta Pola presenta una situación estable, como ya ocurría hasta 1997. No obstante el tramo último, al sur de Playa Lisa presenta una tendencia regresiva, que antes era positiva.

Globalmente pues aparece una situación de mayor inestabilidad y retroceso de las playas desde 1997 hasta el año 2005, que se manifiesta de manera muy significativa con la situación de ruina de las casas edificadas en el frente litoral urbano de Guardamar, más acusado conforme se avanza hacia las que están más próximas a la desembocadura. También las casas construidas en las playas de La Marina, en el tramo más al norte están seriamente amenazadas por los temporales, como consecuencia del retroceso de la línea de costa. Estas oscilaciones probablemente se acentuarán en los próximos años de no producirse nuevos aportes, puesto que los sedimentos que arrastran los temporales hacia zonas profundas no llegan a ser devueltas a las playas en épocas de calma.

2.4.7. Planos de restitución de la línea de costa en la bahía del río Segura en los años 1929-1930, y 2004.



En las playas al norte del río Segura, la restitución de las dos líneas de costa mas separadas en el tiempo de las que disponemos fotografía aérea, el vuelo de Ruiz de Aida (1929-30) y de 2004, colocadas de manera superpuesta, permite conocer la evolución general de la línea litoral en un periodo de casi 75 años. Se pone en evidencia un importante retroceso de las playas, del entorno de 175 m, y que a partir de los 1.400 m al norte va siendo menor, hasta llegar a los 3.750 m, frente a La Marina, en que ya aparece una situación de aparente estabilidad en el frente litoral, comparando ambas líneas de costa.



Al sur del río Segura, la restitución de las dos líneas de costa realizadas uniendo numerosas fotos aéreas del vuelo de Ruiz de Alda (1929-30) y de 2004, y superponiendo las líneas, dibuja un suave delta en 1929 que ha desaparecido en el año 2004. En esta zona sur el retroceso mayor se sitúa solo en las proximidades del cauce antiguo del río, y alcanza unos 150 m de máximo, disminuyendo progresivamente hasta una situación de estabilidad para este intervalo total de 75 años, unos 3.000 m al sur, donde acaban los chalets de primera línea.



Plano de restitución litoral en la bahía del río Segura. En las playas situadas al norte y sur del río Segura, la reconstrucción de las dos líneas de costa más separadas en el tiempo de las que disponemos fotografía aérea, el vuelo de Ruiz de Alda (1929-30) y de 2004, colocadas de manera superpuesta, permite conocer la evolución general de la línea litoral en un periodo de casi 75 años. Se pone en evidencia la desaparición de un estrecho delta existente en el año 1929 hasta la situación actual más lineal de la línea litoral. El retroceso de las playas más acusado se produce al norte, con unos 175 m, y va siendo menor hasta llegar a los 3.750 m de distancia al río, frente a La Marina. Hacia el sur el retroceso alcanza unos 3.000 m, con un ancho máximo de unos 150 m, en que ya aparece una situación de aparente estabilidad en el frente litoral, comparado ambas líneas de costa. En color claro está dibujada la línea de 1929 y en violeta la de 2.004.

CAPITULO TERCERO -DINÁMICA LITORAL **TRANSPORTE DE SEDIMENTOS, Y ESTABILIDAD DE** **PLAYAS**

3.1. INTRODUCCIÓN

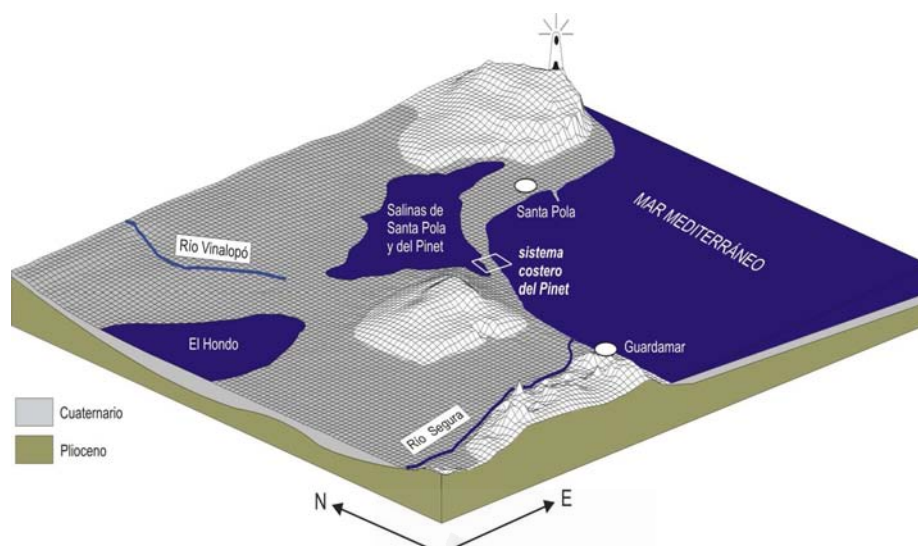
3.1.1 Consideraciones generales sobre la dinámica litoral.

La conveniencia de conocer la situación de las playas, en relación con el progreso o destrucción a que estén sometidos aquellos tramos sujetos a deslinde, y del cual resultará una franja que debe responder a la naturaleza demanial y a la vez cumplir los objetivos de la Ley vigente de Costas, tiene su fundamento principalmente en el mandato que de ella se deriva cuando se exige que se incluyan en el dominio público, además de las playas hasta donde alcancen los grandes temporales, las dunas fijadas por vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa (Art 4º,d, RDL 1471/1989).

La costa sur de Alicante procede a grandes rasgos de la evolución postorogénica Alpina, entre el Mioceno superior y Cuaternario, y las formas litorales son el resultado del equilibrio dinámico producido entre el mar, que erosiona, transporta y sedimenta las rocas costeras, los aportes terrígenos transportados por las aguas de ríos o barrancos y los restos orgánicos duros que proceden fundamentalmente de moluscos, y en menor escala de erizos. Esta dinámica marina, unida a la acción tectónica determina una costa estructuralmente moderna y en plena actividad (Aldeguer, Cap III, 1989).

La colmatación de la bahía que ocupaba el ámbito que en la actualidad representa la Vega Baja del río Segura y las lagunas del hondo y salinas de Santa Pola que representan los restos de la antigua bahía del río Vinalopó, trasladó el borde litoral desde los bordes de esta gran laguna interior hasta la situación que ocupa en la actualidad. La transición entre ambas posiciones debió corresponder a un periodo reciente de tipo lagunar- y marismas a finales del cuaternario.

Esta interpretación concuerda con las observaciones de Soria et al (1999)



Colmatación de los valles fluviales del Segura y Vinalopó, con los restos lagunares del Hondo y salinas litorales franqueadas por la barra arenosa del Pinet / Santa Pola. Soria, 2007

que han descrito para la Cuenca del Bajo Segura una evolución para los últimos 8000 años en la que se han depositado hasta 30 metros de potencia de sedimentos, con una elevada tasa inicial que alcanza los 4.1 mm/año, y una ralentización progresiva que en los últimos periodos la sitúa en 1,95 mm/año. Esta disminución de la tasa de depósito, entre otras razones como las que pueden tener su origen en movimientos eustáticos, debió estar vinculada a un progresivo avance de las aguas del río que iban colmatando la laguna del Segura-Vinalopó hacia el este, y que en las grandes avenidas se incrementaba año tras año hasta la posición actual, e iba trasladando sedimentos en sentido oeste-este y trasladando la orilla del mar hasta su posición actual, en muchas ocasiones teniendo que abrirse paso a través de los sedimentos que en los últimos tiempos constituían barreras litorales.

En épocas históricas recientes, probablemente no más allá de tres mil años, las riadas alcanzan continuamente la línea actual y depositan los sedimentos en la bahía del Segura, pero el avance acelerado de los depósitos de arena en el mar, y el consiguiente crecimiento de los cordones dunares en los últimos dos siglos, probablemente tienen una más reciente explicación, y esté vinculada a la canalización del río y azarbes para la puesta en cultivo del sector

norte de más de 44 km² del Segura, en la Vega Baja, entre 1715 y 1723 (Muñoz 2000 y Latour ,1985).

La evolución de la costa se analiza en este capítulo a partir del análisis de



Riada de 1987. La Vega Baja volvió a convertirse en una laguna con aguas cargadas de sedimentos.

los perfiles litorales y la distribución

granulométrica de los sedimentos en la actual bahía del Segura, así como de la fuente principal de aportes, las riadas del río Segura, de cuya capacidad actual para transportar arenas cabría dudar, puesto que la pendiente media de los

últimos cien kilómetros apenas supera los 0,5 m por kilómetro. Para ello se estudian también los orígenes terrígenos y su vinculación con la evolución más reciente de la acreción de la llanura sedimentaria del río, y se trata también de poner en evidencia, muestreando y analizando las granulometrías de los sedimentos más recientes depositados en el último tramo de la Vega Baja.

Las columnas estratigráficas de sondeos profundos realizados en los últimos ochenta kilómetros del valle fluvial ponen también de manifiesto una gran capacidad de transporte de sedimentos en periodos anteriores a los estudiados por Soria et al (1999), poniendo en evidencia una corriente capaz de transportar bancos de gravas que se alternan con limos y arenas, con espesores que alcanzan más de 300m de potencia. Estos sedimentos que el río lleva hasta el mar son luego conducidos por las corrientes litorales, y posteriormente en la dinámica de temporales-calmas pueden depositarse en profundidades donde se compactan posteriormente, o bien se dejan a la orilla y posteriormente tras el secado en playa por el viento y el sol son objeto del transporte eólico hacia las dunas.

No obstante, el transporte de arenas hasta el mar, incluso para periodos cortos de tiempo, no es un proceso homogéneo sino que está sometido a fuertes fluctuaciones. En relación con los aportes del Segura, estas observaciones son puestas de manifiesto por Mira F, cuando afirma que desde muy antiguo se han conocido arenas en toda la playa de Guardamar, pero ocupando un ancho relativamente pequeño, y con un avance imperceptible, hasta el extremo de que en el año 1829, al reconstruir el pueblo que estaba emplazado en el cerro del castillo, se situó en una banda más cercana al mar que el lugar que ocupaba el destruido por los terremotos, sin temor en esos años de que con el transcurso del tiempo la arena de la orilla del mar, distante entonces del pueblo unos 500 metros, pudiera ser un nuevo peligro para su destrucción (Mira F. en 1903).

Describe también este autor, responsable de la repoblación forestal, que toda la orilla del litoral ocupada por estas dunas aparecía formada de una capa de arena perfectamente plana en toda su longitud, con ligera pendiente hacia el mar y anchos variables de 40 a 80 metros. A esta distancia de la orilla comenzaban pequeños montones de arena de uno a dos metros de altura, de formas muy irregulares y con algunas matas de barrón; estos montones, a medida que se iban alejando de la playa, aumentaban en longitud, formando largos médanos (Mira F, 1903). Estos pequeños promontorios litorales sirvieron de soporte a las empalizadas de madera primero, y cañas después, que posibilitaron su recrecimiento y la creación de una contraduna litoral continua de unos seis metros de altura, que ha permanecido hasta hoy, aunque presenta fuerte deterioro en muchos tramos.

Estas dunas litorales, desarrolladas en una costa de clima árido, constituyen un biotopo muy peculiar, además de por las características del sustrato y la situación local más concreta del clima, por el hecho de que la interacción entre los ecosistemas terrestres y marinos se manifiesta de manera especialmente intensa en estas costas bajas, y más todavía en las playas y dunas litorales. Además del efecto en la biocenosis terrestre, las olas y el viento erosionan o depositan, transportan o abandonan materiales, de una manera muy dinámica modificando no solo la franja mixta litoral sino que afecta también a los ecosistemas terrestres.

Estas interacciones naturales se ven modificadas a su vez por otras indirectas más alejadas como la orografía terrestre, o debidas a la acción humana como la construcción de edificios próximos a las playas y paseos marítimos, o



Fuerte temporal en 2003. Las edificaciones situadas al borde de la playa, en Guardamar, en la actualidad muy reducida.

bien la interacción directa de espigones y puertos. Estos provocan modificaciones de los vientos costeros, refracciones sobre los fondos o reflexiones sobre la costa, que modifican la dinámica litoral y el transporte de sedimentos, produciendo alteraciones en las playas y dunas y afectando a la estabilidad

de las playas.

3.2. OBJETIVOS

El objetivo de ámbito más general es el conocimiento del medio físico capaz de generar la costa actual, de la dinámica litoral existente y prever la evolución de las playas, a los efectos de que en la materialización del deslinde se tenga en cuenta la previsión de una franja suficiente como para la defensa y mantenimiento de las playas y costa, como persigue la Ley de Costas del 1988. Partiendo del contexto más amplio, la zona de estudio se sitúa en el sureste español, entre los cabos de La Nao y cabo de Palos, con una reducida plataforma continental que es consecuencia de una fuerte pendiente, como puede deducirse de las isobatas de la imagen. A lo largo de toda la costa presenta varios salientes que generan dinámicas litorales de carácter local, aunque es la corriente general de componente norte sur la que domina todo el ámbito geográfico y condiciona los flujos litorales.

Aunque en el capítulo segundo se estudian los cambios producidos y se apuntan las posibles razones de esas modificaciones en el tramo litoral de la



Restitución de las curvas batimétricas en el litoral del sureste peninsular, según Soria 2006.

bahía del río Segura, en este se analizan distintos factores que tienen relación o están condicionados con la dinámica litoral. En este sentido se han considerado cuestiones tales como la topografía del talud marino costero en la franja de profundidad hasta donde las corrientes litorales transportan los sedimentos, o pueden sentirse los efectos de las olas sobre el fondo, junto con el estudio de las

granulometrías, en sentido perpendicular a la playa, que nos aporta una valiosa información sobre la dinámica perpendicular a la costa, bien hacia zonas más profundas, bien dejando las arenas sobre las playas, que luego alimentarán las dunas costeras.

Con el objetivo de averiguar el sentido e intensidad del transporte paralelo a la orilla se muestreó a lo largo de la bahía, tanto dentro del agua como en la base de las dunas, y se analizaron las granulometrías. El conocimiento de estos datos permite posteriormente interpretar los cambios en los porcentajes y relacionarlos con la dirección preferente del transporte de sedimentos. Este desplazamiento paralelo a la costa, así como la dinámica perpendicular de los sedimentos, provocan cambios sucesivos en la playa que de no ser compensados con aportes equivalentes a los desplazados, a través de las fuentes más

importantes, pueden provocar modificaciones muy graves. A su vez la intensidad de las alteraciones se acentúa con la reincidencia de los grandes temporales y la falta reiterada de grandes avenidas, pero también debe tenerse en cuenta la existencia de factores como las construcciones litorales, tanto en las playas como dentro del mar, en tanto modifican la intensidad y dirección de los vientos que a su vez condiciona el transporte paralelo y perpendicular a la línea litoral.

Además se ha tratado de verificar la capacidad de transporte de la fuente principal de arenas, el río Segura, para lo que se han muestreado sedimentos durante riadas y en varios transectos en la cuenca del Bajo Segura para comprobar la capacidad de transporte reciente, a los que se han sumado los datos obtenidos a partir de sondeos realizados en las Vegas Media y Baja del Segura.

Para comparar con situaciones anteriores, geológicamente recientes, o dentro de periodos históricos, se han utilizado datos de otros autores, o buceado en la arqueología de estas costas y documentos gráficos, sobre todo mapas antiguos, que permiten analizar la evolución de la costa en la bahía del Segura obteniendo así una visión más dilatada en el tiempo de los cambios producidos.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

3.2.1 El río Segura como fuente de arenas en la bahía de su nombre.

Evolución sedimentaria Holocena en la cuenca del Bajo Segura.

La velocidad de acreción de esta bahía del Segura y Vinalopó está relacionada de manera muy directa no solo con el transporte de sedimentos que realizaban el Segura y el Vinalopó, sino también con los movimientos eustáticos del mar que permiten aumentar la potencia de los sedimentos en las circunstancias transgresivas de los últimos milenios. Siguiendo las fallas del río Segura se producen a su vez movimientos subsidentes, que han producido cambios en la velocidad de sedimentación en la llanura de inundación del Segura. Aunque estos procesos son muy lejanos para el problema que se analiza, con frecuencia tienen interés por la fuente de sedimentos que proporciona la erosión



Dunas Tirrenienses y episodios erosivos y aportes de clastos de gran tamaño en la costa del Pinet (Elche).
De Soria 2008.

de estos materiales detríticos compactados, y que son el reflejo de procesos y medios sedimentarios antiguos.

Antecedentes históricos de la evolución litoral, a partir de planos antiguos y excavaciones arqueológicas.

Además de los estudios de sedimentación, pueden buscarse otras fuentes de información, procedentes del campo de la historia y la arqueología. Aunque pueden indagarse numerosas aportaciones desde estas especialidades, no parece necesario recurrir a una exhaustiva aportación de datos para poner en evidencia la existencia de importantes cambios documentados históricamente, para ello una visión somera e interpretación a partir del análisis de planos pueda quizá puede bastar para ilustrar esta cuestión, de manera que la subida del nivel del mar puede ponerse en consonancia con el depósito de sedimentos que ha colmatado las llanuras del Segura – Vinalopó, y modificado la línea de costa en los últimos siglos.

Los planos de la Edad Media mas antiguos dibujan dos lagunas litorales, una para la desembocadura del Segura y otra para el Vinalopó, separadas por una lengua de tierra que corresponde al serrato de La Marina, y que visto desde el mar no podría apreciarse la conexión de ambos por poniente, y aunque en realidad formaban una laguna única, en cuyo centro se alzaba el promontorio de La Marina.

Retención de sedimentos en los embalses

La baja pluviometría de la cuenca del río Segura unida a una pendiente

Embalses elegidos entre aquellos situados en cabecera de la cuenca hidrográfica del Segura, y en las zonas cuyo clima, litología y grado de protección del suelo hacía suponer que la erosión pudiese alcanzar valores elevados (Centro de Estudios Hidrográficos, 1977-85)						
Embalse	Fecha construcción	Fecha reconocimiento	Años funcionamiento hasta última batimetría	Capacidad inicial (hm ³)	Capacidad fecha reconocimiento (hm ³)	Disminución fecha reconocimiento (hm ³)
Alfonso XIII	1916	1976	60	42,00	21,65	20,35
Anchuricas	1957	1979	22	8,00	6,25	1,75
Argos	1970	1976	6	11,70	11,14	0,58
Camarillas	1960	1977	17	40,00	36,51	3,49
Cenajo	1960	1984	24	471,95	438,90	33,05
Fuensanta	1933	1977	44	235,00	204,85	30,17
La Cierva	1929	1985	56	7,00	5,20	1,8
Puentes	1884	1976	92	31,60	13,88	17,68
Taibilla	1973	1981	9	10,00	9,09	0,91
Talave	1918	1976	58	55,00	34,00	21
Valdeinfierno	1897	1976	79	25,00	14,20	10,81
Camarillas	1960	1983	23	40,00	35,84	4,16
Talave	1918	1983	65	55,00	33,30	21,7
TOTALES				1032,25 (hm³)	864,81 (hm³)	167,45 (hm³)

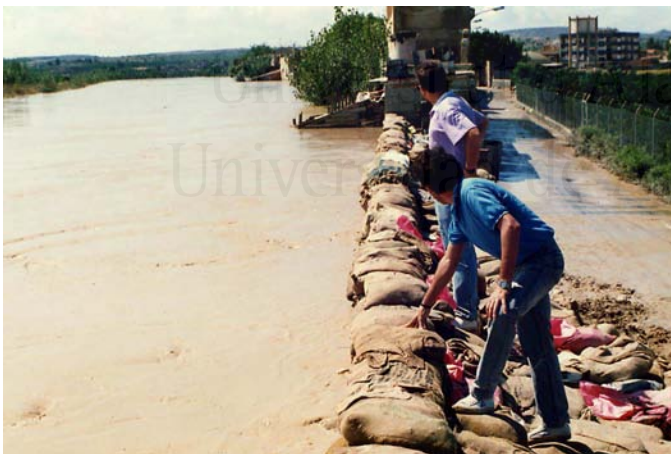
insignificante en el último tercio de su recorrido hace dudar, en una primera reflexión, sobre la capacidad actual de transportar materiales de tamaño superior a los finos. No obstante la menguada cobertura vegetal de las sierras y el régimen torrencial de lluvias aportan datos complementarios que permiten entender que en estas circunstancias las arenas lleguen al mar. Estas condiciones se ven agrandadas por lo que parece una situación muy seria en la Cuenca del Segura, en cuanto a su desertización, y que según Cadenas et al (1988), salvo en regadíos, matorral y bosque, que pueden considerarse con valores tolerables, y que no suman más del 34 % de la superficie de la cuenca, el resto de los valores está muy por encima, siendo gravísimo en los casos de eriales, viñedos y similares.

Aunque es difícil cuantificar el porcentaje del suelo erosionado que se pierde por los arroyos, ríos, o ramblas, el hecho de que la Cuenca del Segura esté muy regulada, aunque con pantanos que suelen tener poca capacidad pero que pueden considerarse de Trampas de Sedimentos, hace posible una determinación

cuantitativa basada en datos reales de campo, de los materiales que colmatan cada Embalse (Cadenas, 1988). Estos números indican una retención de sedimentos en cabecera muy importante, que probablemente sea responsable en gran medida de la situación de inestabilidad y retroceso de las playas.

El enorme volumen de sedimentos retenidos que figuran en el trabajo de batimetrías de los embalses de la Cuenca del Segura, realizado por el CEDEX hace veinticinco años, y en el que no constan los datos correspondientes al embalse de Santomera, ni el de La Pedrera, ni por supuesto los afectados por las obras del Plan de Defensas Contra las Avenidas de 1987, es un factor que cuantitativamente tiene una gran importancia y que los estudios globales no pueden dejar de considerar.

De hecho la cifra superior a los ciento sesenta y siete millones de metros cúbicos es muy importante, sea cual sea el porcentaje de arenas que representa, y que además los embalses siguen actuando como trampas, afectando a una cantidad elevada de sedimentos que se retienen con una grave repercusión en el litoral que se seguirá afectando negativamente a las playas. Difícilmente



Riada de 1987, sacos terreros en la Vega Baja contienen las aguas del río. Las aguas aparecen densas por la gran cantidad de sedimentos que transportan.

aportaciones de arenas de cualquier procedencia podrán corregir esta tendencia, que probablemente, además del retroceso de las playas comportará aumento de las pendientes del estrán, como consecuencia del

transporte de arenas hacia cotas profundas de donde ya no vuelven hacia la orilla.

El transporte de finos por el río cuando se producen los fenómenos de lluvias torrenciales es más sencillo ya que se mantienen en suspensión fácilmente

y se retienen en menor escala en los embalses. Este transporte se pone en evidencia con la observación de las lluvias que llegan al mar, y con la coloración que adquieren las aguas de la bahía tras una riada. Para mostrar la capacidad de transporte de materiales más gruesos se han utilizado datos de varias procedencias.

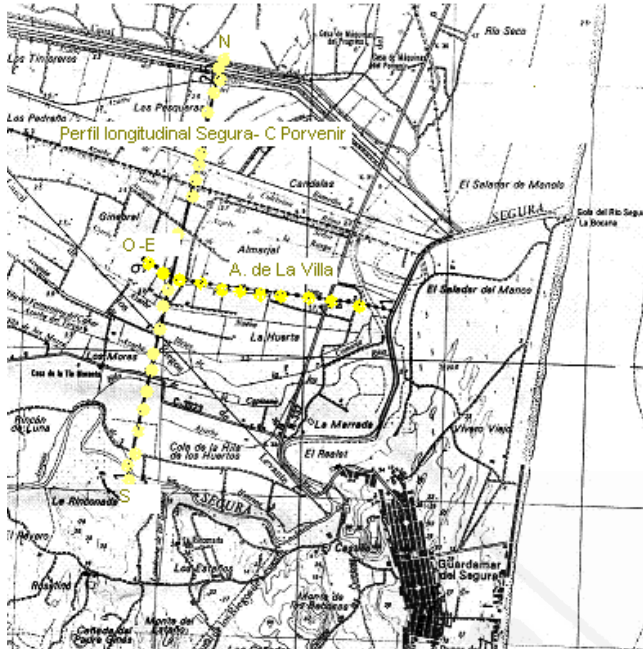
Columnas litológicas obtenidas a partir de sondeos.

En relación con periodos más lejanos, probablemente correspondientes al relleno más superficial de la Cuenca del Bajo Segura que puede datarse como Pleistoceno Terminal -Holoceno (Alfaro et al 2000), se han utilizado muestras de la columna litológica correspondiente a cada metro profundizado, obtenidos de los sondeos que la CHS ha realizado en la Cuenca del Bajo Segura durante los años 2005 a 2007, dentro de las medidas para paliar los efectos de la grave sequía, y que en algunos casos alcanzan casi 300m de profundidad. Aunque mucho más localizadas las columnas del puente de la carretera nacional 332 a su paso sobre el nuevo cauce del río Segura, aportan valores de hasta 50m de profundidad, pero más próximos a la desembocadura y pueden arrojar datos relevantes, tanto por la granulometría como del paleoambiente sedimentario más cercano a la línea litoral actual.

Muestreos del subsuelo y superficiales mediante transectos.

Para identificar los procesos en épocas más cercanas, que probablemente no sobrepasen los dos a tres mil años, se aprovechó la circunstancia de la apertura de un canal perpendicular al mar profundizando un azarbe próximo a la desembocadura. Esta cuantificación realizada en función de las tasas de sedimentación que Soria et al (1999) deducen para los últimos ocho mil años, es posible que deba matizarse para épocas más recientes y en el tramo cronológico último esta tasa fuese menor, puesto que la llegada hasta el mar de los canales que formaría el Segura en su tramo final, atravesando los cordones dunares en las grandes avenidas, llevaría consigo también el transporte de los materiales que se depositarán en la bahía actual.

Las muestras fueron tomadas del fondo del azarbe de La Villa cuando se



Muestreos en fondo del azarbe de La Villa (1990), y superficiales en recorrido perpendicular al eje del valle (1990).

realizaron las obras de canalización con mampostería, a 2,7 m de profundidad en el año 1990, guardadas en bolsas de plástico, para luego ser llevadas a un recipiente refractario y secadas en estufas durante varias horas. Posteriormente se tomaron 100 gr. y llevaron a una batería de cedazos de paso 0,25 mm, 0,12 mm, 0,1 mm y 0,06 mm, y se someten a vibración y

agitación durante veinte minutos a media hora según el estado de la muestra. Posteriormente se pesan los materiales retenidos, que corresponden a los que tienen un diámetro superior al que tiene de paso e inferior al de más arriba. Para el caso de que los materiales están apelmazados se llevan a la batería de cribado, pero se pasa por un chorro de agua para que suelte los granos, de manera que los finos se pierden. Posteriormente se vuelven a secar los sedimentos retenidos en cada cedazo y se pesan.

Con la propósito de conocer la composición más reciente de los sedimentos que transportó y depositó el río se muestrearon las tierras de cultivo cada 120 metros aproximadamente, en el año 1990, tomando unos doscientos gramos de tierra de labor de la superficie, durante un recorrido perpendicular al eje de la vega que discurre paralelo al mar y a unos dos kilómetros de la playa. Esta secuencia de muestras se acompañó a su vez de un perfil topográfico para relacionar los posibles canales situados en las zonas más bajas, donde las aguas debieron tener mayor capacidad de transporte, y las granulometrías. Puesto que estas muestras estaban parcialmente apelmazadas hubo que cribar con la

aportación de agua, aunque sorprende el elevado porcentaje de arenas y la selección de materiales, que al menos aparentemente tenían origen continental y fueron depositados durante avenidas.

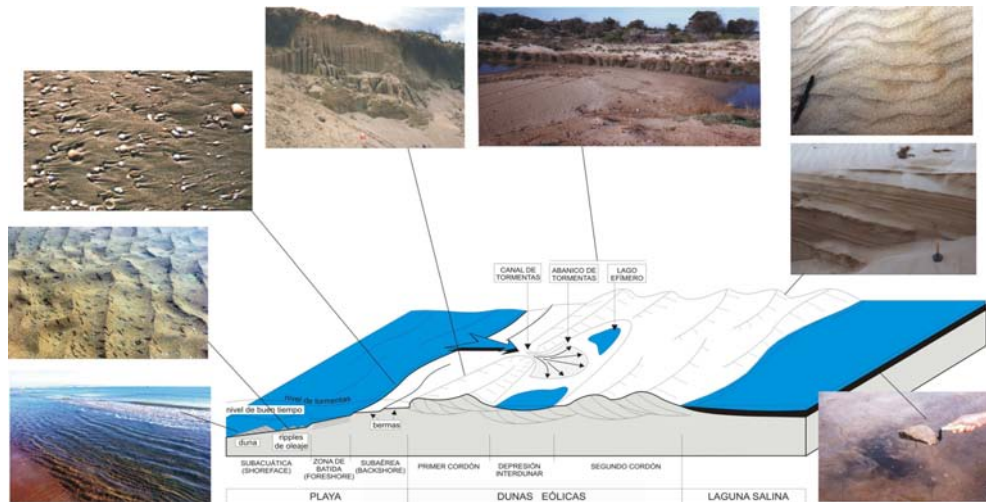
Depósitos de sedimentos procedentes de la última gran riada en 1989.

Finalmente, y para épocas actuales se tomaron muestras de los depósitos sedimentarios dejados durante la riada de 1989, que fue la última de las veces en que el río Segura ha llegado al mar con volúmenes notables de agua, y por tanto con aportes significativos de materiales, que fueron depositados formando montones de varios decímetros de altura. Las porciones se tomaron teniendo en cuenta la posibilidad de que el río tenga distinta capacidad de transporte según la altura de la lámina de agua. Una de ellas de los materiales depositados en el fondo del río en la última curva del antiguo cauce, otra más arriba en el talud interno de la mota, la tercera encima mota del río por donde el agua había desbordado e inundado los bancales de la zona, en la margen izquierda cerca del puente de hierro, y la cuarta sobre el Azud de San Antonio, cerca de las anteriores. Pequeñas crecidas posteriores, y hasta la actualidad han dejado también arenas sobre el lecho del río, sobre la vegetación y en poca cantidad, por lo que es menos fácil tomar muestras no contaminadas cuyos porcentajes de diámetros sean fiables, pero visualmente y con el tacto se observa claramente que contienen un alto porcentaje de arenas.

Las avenidas del río Segura.

Puesto que las avenidas del río Segura son los episodios que transportan los materiales arrancados en las sierras, se completan los datos con las gráficas que representan los niveles alcanzados por las aguas en algunos puntos representativos, de entre las estaciones de aforo colocadas en diversos lugares a lo largo del curso fluvial. A partir de estos valores se obtienen gráficas que evidencian los enormes picos de las riadas, y su escasa duración, y por tanto su capacidad de transporte. Estos episodios se distribuyen en el tiempo de forma muy irregular, de manera que tras una década con varias riadas, como en los ochenta, han transcurrido ya diez y ocho años desde que en 1989 se produjo la última gran riada. Estos datos tienen una especial incidencia en la evolución de

las playas, que pueden ver modificadas su anchura tras una larga ausencia de



Procesos sedimentarios litorales. Formación de dunas y colmatación de lagunas litorales y malladas a partir de los materiales arenosos litorales. Soria, 2007.

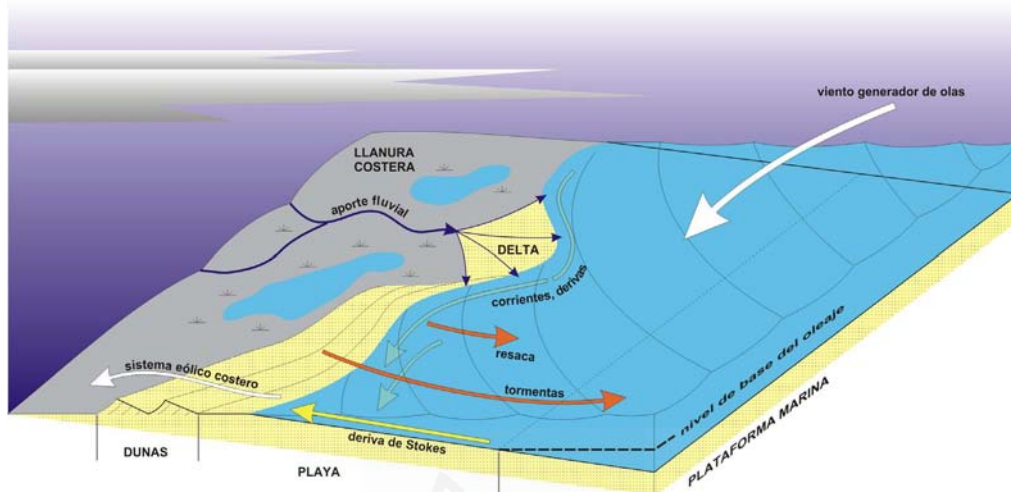
aportes, o por el contrario aportaciones sucesivas que producirían una ampliación y a su vez disminución de la pendiente del estrán.

3.2.2 Transporte perpendicular de sedimentos. Pendientes del talud continental costero y su relación con la estabilidad de la playa.

Los materiales transportados hasta el litoral, procedentes de la erosión de la cuenca se depositan inicialmente en las desembocaduras de ríos y ramblas en el mar formando deltas de magnitud muy diferente, según la superficie, morfología y litología de la zona y la intensidad de las precipitaciones. A estos aportes se unen los procedentes de la erosión de los fondos rocosos litorales, además de otros de origen organógeno, fundamentalmente fragmentos de conchas y caparazones, que se fragmentan y forman arenas, que llegan a representar porcentajes muy altos en algunos tramos de playa.

Estos deltas pueden ser muy efímeros cuando las aportaciones son escasas y poco frecuentes, o estables en caso de que las corrientes litorales paralelas a la costa, o bien perpendiculares a estas, tengan menor capacidad de transporte que las aportaciones procedentes de las distintas fuentes de sedimentos. Soria (2006), resume en un sencillo dibujo esta dinámica, a la que habría que añadir el componente norte de menor entidad, que en el caso de la

bahía del río Segura presenta un saldo claramente desfavorable entre los aportes y el transporte litoral de las diferentes corrientes que desplazan en ambos



Esquema del transporte litoral en la bahía del río Segura, según Soria, 2006.

sentidos los sedimentos, menos hacia Santa Pola, y con mayor intensidad hacia La Mata.

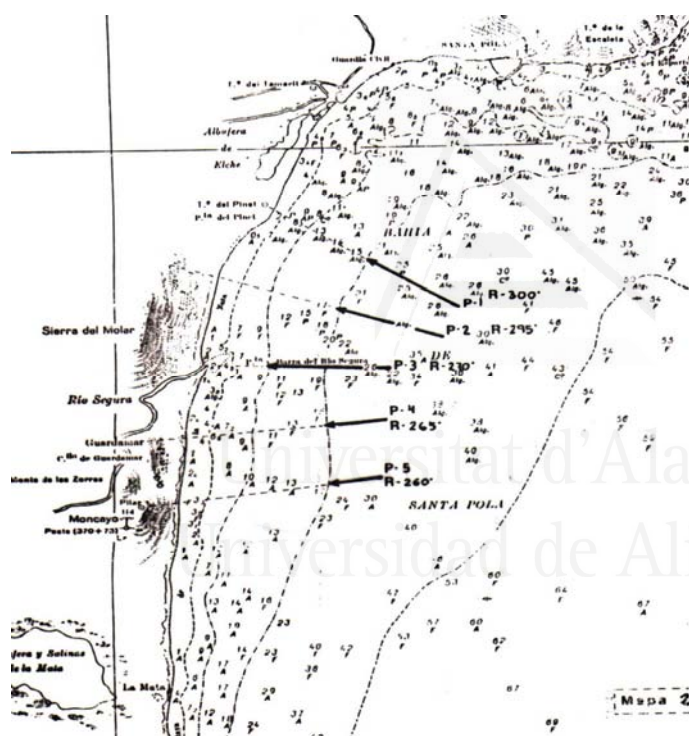
3.2.2.1 Pendientes del talud.

Pendientes y batimetrías de 1986 y 2001.

En primer lugar debe destacarse el hecho de que prácticamente todo el fondo marino litoral de la bahía está formado por sedimentos detríticos no compactados, salvo pequeños grupos de rocas, en general areniscas o calcarenitas más abundantes en ambos extremos de la bahía, por esta razón el fondo litoral puede modificarse con facilidad y afectar a las playas. Para conocer la topografía submarina del litoral y su evolución con el tiempo se realizaron recorridos lineales perpendiculares al mar en dos momentos alejados entre sí 15 años, en 1986 y posteriormente en el año 2001. El primero de ellos realizando tres barridos con una embarcación equipada con una sonda Raytheon modelo DE-719 CM, que proporcionaba un perfil impreso en papel continuo muy preciso del fondo marino.

En los tres casos del trabajo del ochenta y seis se partía de un metro de profundidad, por razones obvias de calado para la embarcación y la sonda que colgaba lateralmente y se sumergía por debajo del casco de la embarcación. La longitud del recorrido se extendía hasta 3.500 metros de la costa, a una velocidad reducida y constante y siguiendo una orientación oeste hacia este. La posición y dirección precisa se obtenía en puntos sucesivos (teniendo en cuenta que al menos las pequeñas embarcaciones no llevaban GPS), situándolos sobre plano de escala 1:25.000 mediante referentes costeros, cruzando dos líneas a izquierda y derecha, obtenidas a su vez mediante alineaciones de dos o más puntos, y

situando luego estos puntos en el mapa, de manera similar a como se determinan las posiciones por los barcos en la navegación costera.



Perfiles realizados para la Consellería de Agricultura en 1995

Debido a que los análisis granulométricos realizados desde La Mata hasta Sta. Pola ponían en evidencia que la fuente de sedimentos más importante es el río Segura, y que a su vez el retroceso de la línea

de costa en la gola del río ha sido muy acusada, se utilizó como referente central el río, frente al cual se hizo el primer recorrido, y luego otros dos perfiles, uno que partía desde dos kilómetros y medio al sur, y el otro dos kilómetros al norte de la desembocadura del río. Posteriormente se han realizado las gráficas correspondientes distancia- profundidad para comparar las pendientes.

El segundo perfil del fondo se realizó el 31 de diciembre del 2001, utilizando una embarcación provista de una sonda- radar de fondo muy sensible, y fijando un rumbo oeste este, situando los puntos sobre el mapa con GPS. En la dirección y sentido se procuró hacer coincidir con los recorridos anteriores, pero considerando que desde 1989 no se habían producido riadas, y con mucha probabilidad se habría reducido el depósito de sedimentos de la desembocadura, pareció conveniente verificar si permanecía algún resto, aunque fuese de menor envergadura, lo que se aproximaron al río los recorridos norte y sur de la gola, el del norte a 600m y el de sur a 1000m. También se redujo la longitud del recorrido hasta unos dos kilómetros, porque con los datos ya conocidos parece suficiente, puesto que ya las profundidades a las que corresponde esta distancia de la costa, entre 15 y 16 metros, el transporte de arenas por el fondo parece inexistente o al menos irrelevante. Con ello se coincidía al menos en cuanto al objetivo perseguido, que no era otro que averiguar si se había alterado el depósito deltáico de la desembocadura. Para confirmar estos extremos se realizó a su vez un perfil en dirección norte sur, paralelo al mar y siguiendo el meridiano $0^{\circ} 38'$, desde 650m al N de la gola del río, hasta 1km al S, y a menos de 1km de la orilla.

Para completar los datos obtenidos se contrastan a su vez los que ha proporcionado el trabajo encargado por la Consellería de Agricultura de la Comunidad Valenciana, en 1995, y que forman parte de un estudio de fondos previo a la posible instalación de piscifactorías, que posteriormente se ubicaron en la bahía. Las direcciones no coinciden con las que se realizan en 1986 y 2001, salvo la que se encuentra frente al río, además parten de 3000 y 3500 metros de la orilla, coincidiendo en la práctica con el final de las anteriores, pero aportan datos complementarios que pueden ser útiles para interpretar procesos más generales.

3.2.2.2 Evolución granulométrica con la profundidad.

Las muestras de sedimentos del fondo se tomaron siguiendo los mismos perfiles batimétricos realizados en 1986, de manera aproximada. El situado más al sur frente Iglesia de Guardamar, el siguiente frente a la gola del Segura, y el situado más al norte frente colegio de los Maristas-camino del Rebollo. Coinciden

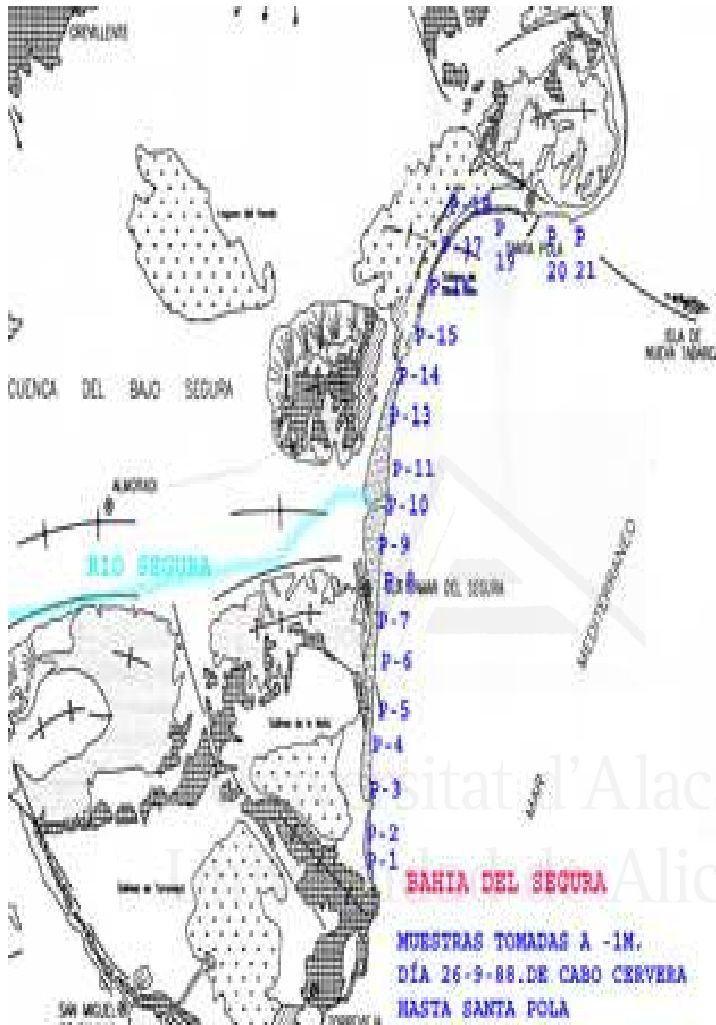
aproximadamente con los P.4, P.3 y P.2 de los estudiados en el trabajo de Consellería de Agricultura de 1995, aunque salvo el P.3, situado frente al río Segura el ángulo de las direcciones no es coincidente. Para tomar el material se recurrió a un buzo que se sumergía en las isobatas sucesivas con incrementos de -1, y se continuó así hasta que la mayor profundidad hacía muy dificultosa la inmersión por la necesidad de descompresión, y se avanzaba muy despacio. Además la escasa variación de las muestras, a partir de ciertas profundidades, hacía poco útil este farragoso trabajo, por lo que se tomaron más espaciadas.

Las muestras de sedimentos del fondo, de unos 200 gramos, recogidas manualmente se guardaban en botes cerrados de plástico, que luego se trasladaron al laboratorio y se secaban con la estufa, tamizando directamente en seco las muestras más próximas a la costa, que apenas contienen finos. Con el incremento de la profundidad y a su vez de los finos se hizo necesario modificar la técnica, puesto que a partir de los ocho o nueve metros aparecen diferencias entre los resultados de las realizadas tamizando con agua o en seco, y ya se efectuaron solo lavando con agua. Las correspondientes a fragmentos de esqueletos externos o internos de animales, de tamaño grande, se han retirado previamente a la pesada inicial de la muestra seca, o posteriormente si la muestra estaba endurecida, o se ha disminuido el peso correspondiente, del total, para que no afecte a los porcentajes relativos.

Para simplificar el proceso, después de repetir los resultados en seco y con agua y de haber proseguido solo utilizando el lavado, se actuaba colocando 100 gramos de sedimento en el tamiz de 0,063, secado previamente con la estufa. Filtrando con agua pasaban solo los finos, de menos de 0,063, el resto que quedaba retenido corresponde a las arenas de distinto diámetro, que se volvían a secar. Pesando luego, por diferencia, se obtiene el peso de finos. El resto se pasa por los demás tamices para conocer los porcentajes correspondientes a los distintos tamaños.

3.2.3. Transporte de sedimentos paralelo a la costa.

Para el estudio del transporte litoral paralelo al mar y el sentido e intensidad



del flujo de sedimentos, se partió de los criterios y procedimientos del CEDEX. Este organismo ha utilizado modelos matemáticos que evalúan el sentido del transporte empleando los datos de porcentajes y granulometrías obtenidos de muestras tomadas en el mar, a -1m de profundidad, donde se supone que el transporte es

Muestras tomadas en el mar a -1m, en 1988, publicado en 1989

mayor (Laboratorio de Puertos y Costas, 1985). Informes previos para analizar las soluciones para la modificación de las obras de encauzamiento en la desembocadura del río Segura en 1984 examinan este transporte basándose sobre todo en los datos de evolución de la línea de costa expuestos en el Estudio de la dinámica litoral en la costa peninsular mediterránea y onubense, de la Dirección General de Puertos y Costas, Laboratorio de Puertos y Costas (1979).

Muestreos y analíticas a la -1.

La muestra se toma de las arenas superficiales del fondo marino, a unos cincuenta metros de la orilla, aproximadamente a metro o metro y medio de profundidad, de manera manual y utilizando una embarcación tipo zodiac que facilita el trabajo al desplazarse paralela a la playa y precisar poca lámina de agua, y se guarda en unos frascos de plástico que se cierran hasta llevar al laboratorio donde se secan. A esta profundidad las arenas tienen muy pocos finos y cuando se secan no se apelmazan, por lo que pueden cribarse directamente sin necesidad de usar agua. Antes de pesar se pasa por la criba de 0,5 mm para separar los fragmentos grandes de conchas u otros procedentes de vegetales, que son muy pocos. Los datos que se utilizan ya fueron publicados por Aldeguer (1989), en una libro sobre dunas de la provincia de Alicante.

Muestras en la playa seca desde Cabo Cervera hasta Santapola.

Este trabajo se realizó a finales de Julio de 1999 y se extendió a toda la bahía con una densidad de muestreo de una cada trescientos metros aproximadamente, matizando los tramos de recogida por las circunstancias de alteraciones locales que se pueden haber producido. Comenzando por La Mata, las primeras muestras pueden tener aportes importantes de fragmentos y arenas de origen organógeno, además de aportes antiguos de arena realizados a la playa, y continuando hasta la calle Perú, en Guardamar. A partir de este punto puede haber afecciones por el vertido de arenas realizado en 1987, de menor granulometría, procedente de una zona urbanizada, y que con mayor probabilidad afecte hasta la muestra 24, en el centro de la población, y en mucha menor medida de este punto hasta la desembocadura del río que aparentemente está muy condicionado por los sedimentos del río.

Hacia norte del río, la muestra 30 está cogida a cien metros y hasta la salida del camino en la playa del Rebollo tiene interés porque a partir de la muestra 36 estaban situadas una hilera de edificaciones demolidas hace una década y su solar ocupado por arenas transportadas por transporte eólico desde las playas, continuando aproximadamente hasta más al norte del último chalet, donde se coge la muestra 45. Hasta más arriba del espigón pequeño donde entra

el agua en las balsas de las salinas la playa apenas si tiene influencias ajenas a ella misma, pero a la vez que progresamos hacia el norte se hace más abundante el porcentaje de conchas de bivalvos, y por tanto de las arenas de esta



Muestras desde el sur de La Mata hasta Playa Lisa, en nº de 54, separadas entre sí 300m. Julio de 1999

procedencia, que llegan a ser muy aparentes aun cuando se observan visualmente las arenas, y además parecen incrementarse progresivamente por la mera observación de la playa, hasta llegar al punto 54, donde ya la bahía tiene orientación Este- Oeste y otras fuentes procedentes del vertido de playa Lisa y de la erosión de la ofitas de la isla de Tabarca.

Tampoco aquí es necesario el lavado con agua para pasar las muestras por la batería de tamices una vez secas,

porque presentan porcentajes muy reducidos de finos y no están apelmazadas. En cambio si es preciso tamizarlas primero con diámetro de paso de 0,5 o 1mm para eliminar fragmentos grandes, en su mayor parte procedentes de posidonias, pero también de conchas u otros orígenes aunque son muy escasos.

Muestras en la base de la contraduna.

Para establecer comparaciones con la distribución de las granulometrías obtenidas de las arenas tomadas en el mar, en la zona de transporte litoral, se

realizó otro muestreo a lo largo de la bahía de las arenas situadas en la base de barlovento de la duna litoral, pero practicando un hoyo de unos veinte centímetros, con la pretensión de que la muestra fuese representativa de un periodo de tiempo, en vez de superficial que podría corresponder a circunstancias más puntuales de transporte eólico. El trabajo de campo se realizó partiendo del río hacia norte, y luego del río hacia el sur.

Estas muestras, separadas entre sí distancias variables, condicionadas por la ausencia de dunas y los accesos al mar de entre quinientos y más de mil metros, eran más voluminosas, de unos doscientos gramos, y no afectaban a toda la bahía, el objetivo era solo determinar si las muestras tomadas en la playa consolidada podrían ser útiles para conocer el sentido del transporte, y con ellas podría confirmarse la dirección del transporte deducida de los muestreos de toda la bahía, sobre todo en los tramos que parece más claro el sentido de transporte neto de sedimentos, por lo que solo se extendió 5.000m al norte y 7.500 hacia el sur, que pareció suficiente trayecto para ello. Este trabajo se realizó a finales de diciembre del año 2001.

El tamizado de las muestras secas estuvo precedido del paso previo por un cedazo de paso 0,5mm para eliminar raicillas y otros restos de mayor tamaño, que son escasos pero están presentes en algunas muestras.

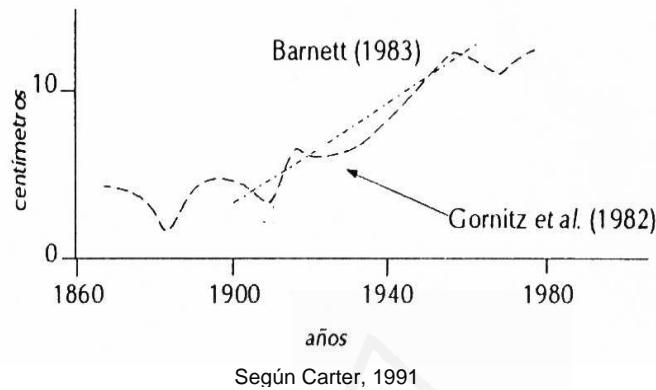
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.3.1. Evolución sedimentaria Holocena en la cuenca del Bajo Segura.

La vega baja del Segura, y la del Vinalopó, estaban, hasta hace pocos siglos ocupadas por el mar, como consecuencia de la última trasgresión marina, producto del periodo postwurmiense. Formaban una cuenca sedimentaria marina a la que desembocaban ambos cursos fluviales, formando un mar interior al que llegaban los sedimentos de ambos ríos, que precipitaban hasta el fondo de aquel mar, y al que fueron colmatando hasta producir las actuales llanuras de las vegas, que hasta hace poco más de un siglo todavía estaban parcialmente cubiertas por las aguas.

En Carter 1991 se analizan las variaciones globales en el nivel medio del mar según diferentes escalas de tiempo, comparando los datos de varios autores

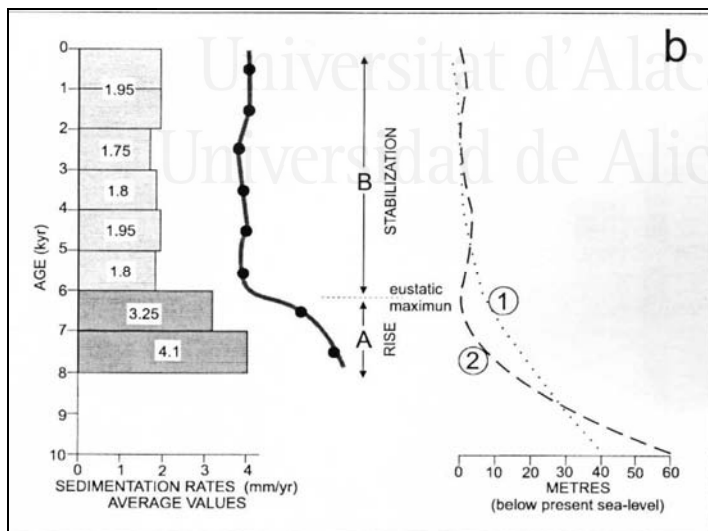
**Períodos cortos 10¹ - 10² años.
Tendencia global de las variaciones de nivel**



y escalas diferentes. En nuestro caso tomamos solo las que corresponden a la tendencia en el último siglo que marcan una orientación transgresiva,

como consecuencia de la subida del nivel del mar, aunque no lineal.

Utilizando los datos de 36 sondeos de muestra continua y datando con C¹⁴,



Curva de variación del nivel del mar obtenida a partir de tasas de sedimentación, comparada con los datos de Dubar y Anthony (1995), curva 1, y Hernandez Molina et al (1995), curva 2. De Alfaro et al. Departamento de ciencias ambientales de la U. de Alicante

Soria et al (1999), del departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Alicante, han llegado a la conclusión de que sobre una discontinuidad estratigráfica, situada a 30 metros de profundidad media, se han depositado sedimentos con una antigüedad de 8.000 años hasta hoy, y

con dos periodos de tasas sedimentarias bien diferentes.

Para un primer periodo de 2.000 años, la tasa de sedimentación fue de unos 3,7 mm por año, mientras en los 6.000 últimos se produce una ralentización y baja hasta 1,9 mm por año. Este descenso en la tasa de depósito de sedimentos sería la consecuencia de la ralentización del ascenso del nivel del mar, que fue tendiendo a la estabilización eustática. La cronología deducida de estos datos de variaciones en la intensidad de sedimentación, coinciden con los que han obtenido Dubar y Anthony (1995), y Hernández Molina et al, (1995), en sus curvas de variación del nivel del mar.

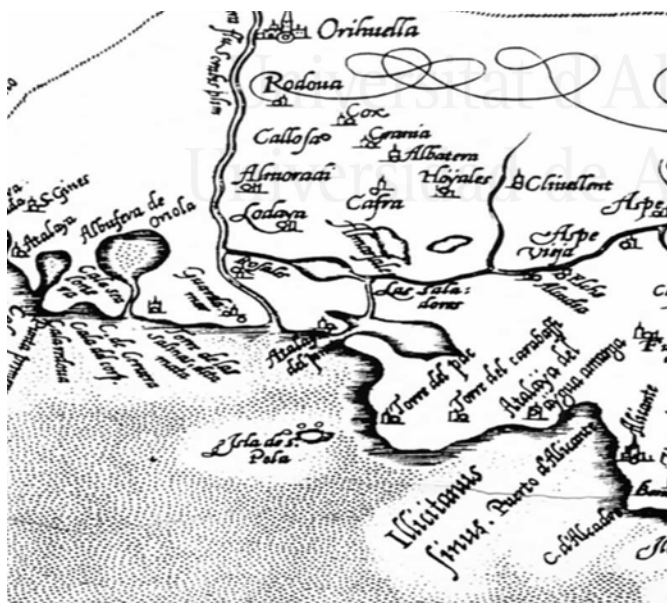
Si tenemos en cuenta una interpretación literal respecto de las características de los sedimentos, las dos circunstancias fundamentales que exige la ley se dan en nuestro caso, el origen marino, puesto que son sedimentos que se depositan en el mar, y el ser material suelto, como se observa en cualquier sondeo, pero no parece que el objetivo de la Ley sea el que este territorio deba incluirse en el concepto de Dominio Público Marítimo Terrestre. Resulta pues evidente que la línea de costa no solo no es estable, sino que sufre continuas oscilaciones, algunas constatables en pocos años, y otras a mayor plazo, pero siempre en continua evolución. En las últimas décadas los cambios de la línea de costa, causados por la intensa actividad antrópica, se suman y aceleran las causas naturales, haciéndolos más evidentes.

Los datos de sedimentación de la cuenca del Bajo Segura obtenidos por Soria et al en 1999, aunque referidos a periodos de centenares de años, pueden evidenciar estos cambios producidos solo por circunstancias naturales, que han rellenado la llanura de inundación del Segura y Vinalopó, y que en la parte más cercana al mar actual debió ser litoral, por lo que interpretando en su literalidad el Reglamento de la Ley de Costas señalaría como constituyentes de la costa estos sedimentos no consolidados, cuando en su artículo 4º, apartado "d", al determinar la zona marítimo-terrestre dice: "las cadenas de dunas que estén en desarrollo, desplazamiento o evolución debida a la acción del mar o del viento marino" (Ley 22 de 1988, de Costas). Sin embargo no parecen estos tener relación alguna con el objeto y finalidad de la Ley.

3.3.2. Antecedentes históricos recientes de la evolución litoral, a partir de planos antiguos y excavaciones arqueológicas.



Mapa del levante costero peninsular de finales del siglo XVI, donde aparecen los ríos Vinalopó y Segura conectados, y con una trama de almarjales, donde vertían habitualmente las aguas, salvo en grandes avenidas que llegarían al mar. No aparece cerrada todavía la "albufera de Sta Pola – Elche".



Mapa delimitado por Cantelo, y basado en las memorias de Rodrigo Mendes de Silva, 1698, París. También aparecen desconectados Segura y Vinalopó.

En los mapas más antiguos consultados aparecen dibujadas tres albuferas en la bahía del Segura, una en el río Vinalopó, que se extiende hasta Almoradí, y cuyos restos corresponden al paraje natural del Hondo, la zona del hondo de Amorós, a poniente del serrato de La Marina, por donde se uniría con la bahía del Segura, además de la zona de las salinas de Santa Pola. La restinga formada en dirección norte sur, que debió avanzar en ambos sentidos, de norte a sur por los aportes de Tabarca, erosión y los levantes, y de sur a norte por los aportes del Segura y la erosión de los materiales antiguos que había transportado el Vinalopó.

Mas al sur, la bahía del Segura debió ser en este tiempo una zona lagunar que permanecía la mayor

parte del año encharcada, donde desembocaba el río, salvo en la mayores crecidas que llegaría al mar transportando los sedimentos que poco a poco formaron los cordones dunares actuales y configurando la costa hasta llegar a la situación actual.

El transporte de sedimentos hasta el litoral que hoy conocemos acabaría cerrando la bahía y dificultando la llegada de las aguas hasta el mar, situación que debió provocar hasta muy tardíamente encharcamientos en la parte final del río, a pesar de haberse colmatado de sedimentos. Esta imagen se sigue conservando en el siglo XVII, probablemente porque la insalubridad de la zona o la peligro de desembarcar dificultaba el conocimiento de estas costas, pero parece deducirse al menos la existencia de la isla formada por este montículo al sur del campo ilicitano, y una línea litoral que bordeaba una amplia albufera con agua salobre hacia poniente cuando los ríos aportaban agua, y un ambiente que



Etienne Philippe de Pretor, 1773.
Desembocadura del Segura y Vinalopó. Guardamar aparece Como villa de 1^{er} Orden y Orihuela como Obispado

evolució hacia una salinidad cada vez mayor, que alternaba con agua dulce cuando se cerró por el mar, consecuencia de los sedimentos que formaron barras que acabaron cerrando por el este la laguna. Este cierre pudo tener también una derivación directa en la aceleración del depósito de sedimentos que acabó

derivando en una zona de marismas, desecadas solo a finales del siglo XVIII, y de las que todavía permanecen restos.

Otros mapas anteriores tampoco recogen la vinculación de ambas lagunas, aunque siempre se reitera la existencia de ambas zonas lagunares, en el caso del mapa del siglo XVI muy abierta todavía para el tramo final del río Segura, y que una vez más parece separada por una superficie terrestre de la del Vinalopó, aunque de los datos conocidos se deduce un zona común para ambos ríos a las que llegaban las aguas.

Además de grabados y mapas pueden utilizarse los datos que aportan los arqueólogos, y que en esta bahía son numerosos. En la bahía del Segura, la datación de los yacimientos arqueológicos fenicios y árabe, localizados en las proximidades de la desembocadura de este río, permite reconstruir parcialmente esta parte del litoral, y deducir algunos procesos. Es interesante el dato de que el yacimiento fenicio está construido sobre limos rojos continentales, que aparece en el Nivel I-A, de las columnas cronoestratigráficas del asentamiento fenicio de La Fonteta, datada en 750 a 720 a. C, donde aparecen hoyos, fosas y canalillos sobre limos de base rojizo anaranjado (González Prats et al, 1999), y no sobre duna. En cambio, las mezquitas árabes están construidas sobre sus ruinas, que a su vez fueron previamente cubiertas por dunas que alcanzaron unos 5 a 10 metros de espesor de arena, y que se sitúa entre ambas construcciones. Las ruinas árabes, a su vez, están cubiertas por unos 2 a 5 metros de arena con las que los vientos las fueron cubriendo desde hace unos diez siglos.

La identificación de Herna con la colonia fenicia de Guardamar del Segura tiene especial importancia para la Historia y la arqueología de la Comunidad Valenciana, pues sería la ciudad más antigua identificada, ya que data de mediados del siglo VIII A.c. Un fragmento de la Ora Marítima (Rufo Festo Avieno, S IV D.c.) describe las costas del sureste español tal y como eran a finales del Siglo VI A.c. Estos versos describen las costas comprendidas entre la ciudad de los Masieros (Cartagena), y “la gran marina formada en aquella remota época por las desembocaduras de los ríos Segura y Vinalopó” (Sánchez y Alonso, 1999).

Otros autores relatan con mayor precisión la zona, y señalan que la gran ciudad portuaria de La Fonteta “disponía, desde el inicio de su fundación en el S. VIII a. C”. lo que permite datarla en este periodo. La asignación de este enclave al

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE

complejo de ruinas de estas dunas se sustenta también en afirmaciones que se

Fases	Estratos						Descripción	Cronología	
	25	7	8	5	14	5N			
X	B		A1a	A1a	A1a		Formación de capa de barro sobre cenizas		
	A		A1b	A1b	A1b		Estrato ceniciento por actividad de horno circular de piedra	Islámico	
IX	C		A1c	A1c	A1c		Invasión de arena dunar		
	B		A1d	A1d	A1d		Derrumbe de las piedras de la muralla	c. 545 AC	
	A		A2a	A2a	A2a		Caida de barro de la superestructura de la muralla		
VIII			A2b				Tahona de barro lobulada. Robusto zócalo de piedra. Plataforma cuadrada	c. 550 AC	
VII			A2b	A2c			Horno metalúrgico y cobertizo adosado	c. 560-550 AC	
VI	B				A2b		Cobertizo sobre vertedero	c. 600/580-	
	A	A1-4	B1-7a	A3	A3	A3	Gran vertedero que amortiza áreas y construcciones precedentes	560 AC	
V			B7b			A4-A6	Construcciones con altos zócalos de mampostería y alzado de adobes adosadas a la cara interna de la muralla, amortizando refuerzos y tirantes. Gran tahona de adobes	c. 625-600 AC	
IV	C			A4abc		A7	1.ª Fase de habitación en el interior de la muralla		
	B			A8	A8		Erección de sistema defensivo con muralla de 7m. de anchura con tres cuerpos y construcción de foso en V en flanco meridional	c. 635-625 AC	
	A			B8a	B8a	B8a	Fase de preparación del asiento de la muralla		
III	B2			B9	B9	B9	B8b	Vivienda con zócalo de mampostería, cuyas piedras han sido reutilizadas para los zócalos de la muralla. Estrato de vertido en Cortes 8 y 5	
	B1					B9a		Vertedero con abundantes restos metalúrgicos	c. 635-625 AC
	A2			B10	B10	B10		Fase de erosión de las construcciones de IIIA1	
	A1			B11ab	B11ab	B11ab	B9bcd	Conjunto de construcciones con zócalo de mampostería. Talleres metalúrgicos	
II	B	B1-B6						2.ª fase de habitación del edificio con muros de tapial. Vertedero metalúrgico Corte 5N	
	A	B7-B10			B11c		B8-B11	1.ª fase de habitación del edificio con muros de tapial. Vertedero metalúrgico Corte 5N	c. 720-670 AC
I	B	C1		B11de	B11de		B12	Colmatación con arena y cenizas de las estructuras de IA. Fosa con cremación humana	
	A	C2		C	C	C	C	Hoyos, fosas y canalillos sobre limos de base rojizo-anaranjados. Hornos metalúrgicos	c. 750-720 AC

Periodización del asentamiento fenicio de **La Fonteta**

realizan más adelante, cuando indica que “la ubicación de este complejo portuario, eminentemente comercial, pero en donde no hay que olvidar el

potencial agrícola de las tierras de labor, sepultadas hoy bajo la capa dunar” (González et al, 1.997).

Restos arqueológicos del conjunto de ermitas árabes, construidas también en el entorno de la desembocadura del Segura, y situados sobre estas ruinas fenicias, entre las cuales se disponen varios metros de espesor de dunas de arena, aportan datos precisos de la cronología y del paisaje de hace mil años. La datación, hecha a partir de la inscripción conmemorativa de la construcción de una mezquita existente fuera del ámbito de la geografía palatina andalusí, y de una cronología tan antigua, que permite situarla hacia el año 944” (Azuar et al, 1989), aunque más adelante señalan estos autores que las primeras huellas de hábitat podemos retrotraerlas a la segunda mitad del siglo IX.

Referencias aportados por estos autores describen un paisaje muy próximo a la desembocadura del río Segura, que según los datos arqueológicos formaría una verdadera marina, o especie de pequeño delta, extendida a sus pies hacia el norte y poniente, y albergando en uno de sus ensanches un posible embarcadero o puerto artificial, (Azuar et al, 1989).

Este yacimiento arqueológico se encuentra cubierto por arena, y debajo de los pinos que se plantaron hace un siglo, con el fin, precisamente, de frenar el avance de las dunas. Este asentamiento medieval, según Azuar et al, 1989, se abandonó a principios del siglo XI, por motivos desconocidos, ya que a mitad de este siglo sufre los efectos de un terremoto que termina por destruirlo (Azuar et al, pág 213, 1989).

Probablemente, en la variación de la línea de costa de la bahía del Segura-Vinalopó ha tenido una especial incidencia la rápida elevación del nivel del mar y el incremento de las tasas de erosión en las cuencas de los ríos. Ambas circunstancias produjeron además la colmatación del mar interior que ocupaba lo que hoy son las llanuras prelitorales de ambos ríos, en el caso del Segura, desecadas por redes de drenaje y cultivadas, y en el caso del Vinalopó todavía hoy ocupadas por salinas y zonas de marisma que escaparon a la desecación y su conversión en zonas agrícolas, que tanto se ampliaron en el último siglo.

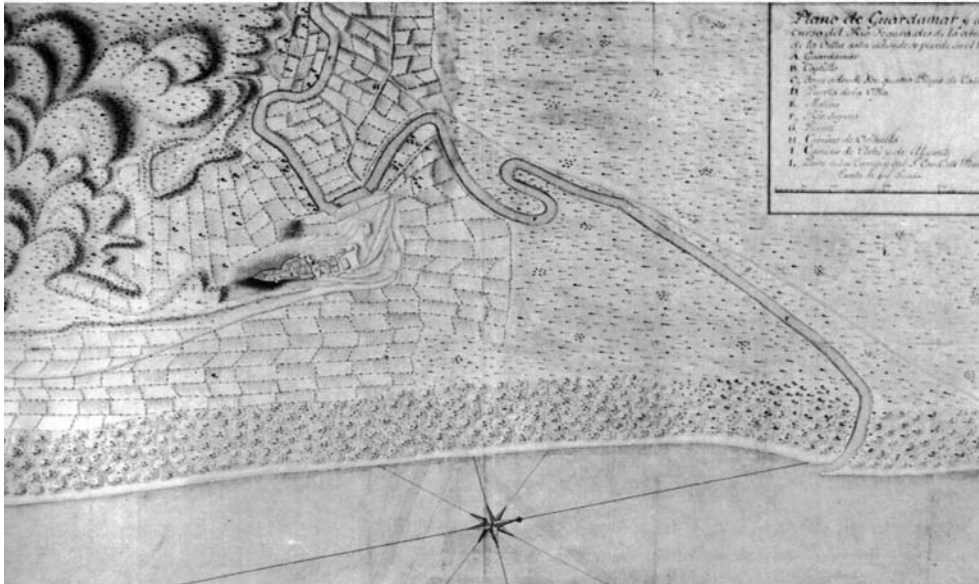
Tal y como señalan Muñoz (2000) y Latour (1985), la puesta en cultivo de un sector de más de 44 km², al norte del río y cerca de su desembocadura, entre 1715 y 1723, tuvo una incidencia muy importante en el incremento de los sedimentos que llegaban hasta el mar, y una disminución en la tasa de sedimentación en la Vega Baja, como consecuencia de la canalización del río que conducía agua y sedimentos de las riadas hasta el mar. Se desechó el desagüe previsto inicialmente por la albufera de Elche y se dirigió hacia la desembocadura del Segura. La red de evacuación de aguas se ejecutó con rapidez, ante la favorable coyuntura climática y con ello se consiguió, como reconocía el propio Cardenal Belluga “poderse hoy andar a pie enjuto muchos almarjales que en cien años no se han visto sin agua, dando salida a las aguas que allí enlagonaban” (Canales et al, 1985).

La llegada de caudales en las grandes avenidas, probablemente también procedentes del Vinalopó, además de las ramblas de Santomera y Abanilla, entre otras, en circunstancias tales que ya permitían que las aguas llegaran más fácilmente al mar, incrementó la aportación de sedimentos y aceleró el crecimiento de los cordones dunares en la bahía del Segura a partir del siglo XVIII.

3.3.3. El río Segura como fuente de arenas en la bahía de su nombre.

La propia existencia de la gola del río en la posición que ocupa en la bahía, atravesando la marisma y el cordón dunar, probablemente indique el punto de equilibrio o de transporte cero entre los sentidos del transferencia de sedimentos, norte –sur, presentes hacia ambos lados de la gola del río Segura. Las zonas más abrigadas al norte, donde el efecto del transporte litoral predominante sería el impuesto por los vientos de lebeche, que sopla del sur-este, y que tendría una componente nítida hacia el norte. La otra zona, más afectada por los temporales de levante y olas de largo recorrido, se extiende hacia el sur de la desembocadura, y hasta Cabo Cervera. La interrupción prolongada de aportes, o por el contrario la reiteración de riadas tendrá efectos más reconocibles cuanto más próximo sea el punto a la desembocadura del río. En ambos casos con aportaciones variables procedentes de restos orgánicos.

Aunque las muestras de arena tomadas tras la riada del 89, en el cauce del río Segura, evidencian su capacidad actual de transporte, podría ponerse en duda esa misma capacidad para transportar en épocas anteriores, teniendo en cuenta



Desembocadura del Segura, primera mitad S XVIII

que hasta los siglos XVIII e incluso el XIX, la Vega Baja del Segura era en parte una zona de marismas, a las que el río alimentaba en cada avenida, depositando los sedimentos. Cauces ocasionales comunicaban esa zona lagunar con el mar, y permanecían cegados, incluso en la desembocadura, durante periodos de estiaje. El depósito de sedimentos, hasta que se canalizó el río y los azarbes debió realizarse en su mayor parte sobre estos fondos someros, sometidos a un intenso proceso de enterramiento.

Los estudios de acreción del valle del Segura, realizados por el departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (Soria et al 1999), ponen de manifiesto un ritmo considerable de acumulación de sedimentos. Los yacimientos arqueológicos de la Fonteta, situados en la margen derecha de Segura, cerca del mar, están cubiertos por varios metros de arena pero asentados sobre limos continentales, lo que indicaría una formación muy reciente de la mayor parte de las dunas litorales, tal y como se argumentó en el capítulo primero.

La descripción de actividades humanas sobre los sedimentos limo-arcillosos de color rojizo a unos 300 metros del mar, en el yacimiento fenicio de la Fonteta, hace unos 2.750 años, pone en evidencia el hecho de que al menos con anterioridad a este periodo en que se produce el asentamiento humano no llegaban aquí los cordones litorales de dunas.

Probablemente el campo de dunas era muy estrecho, y alejado de este lugar, que sin embargo es invadido por las arenas 200 años después, lo que parece indicar un fuerte avance de las dunas en pocos años. Puesto que las edificaciones no debieron levantarse junto a las dunas por las dificultades que creaban las arenas, y dada la proximidad al mar, es probable que los cordones litorales de dunas más cercanos al mar, no tengan más allá de 3.000 años de antigüedad.

Esta hipótesis vendría también avalada por la información que aportan los documentos escritos, como el plano anónimo de poco más de 150 años de la desembocadura del río, que revela la existencia de un cordón dunar que cierra una amplia marisma, a la que todavía aportaría buena parte de los sedimentos el crecido caudal de las lluvias torrenciales.

3.3.3.1.- Columnas litológicas obtenidas a partir de sondeos en la Vega Baja del Segura.

Otros datos obtenidos mediante sondeos ponen de manifiesto la alternancia con limos pero también con de gravas, que en las columnas de los sondeos situados al este de la ciudad de Orihuela forman potentes bancos de varios metros, como se pone en evidencia al estudiar la columna litológica obtenida al realizar los sondeos ejecutados a unos 20 a 25 km de la desembocadura en el mar. La importancia de estas muestras reside, además de los aspectos hidrogeológicos, en que pone de manifiesto la existencia de episodios sucesivos donde los depósitos de arenas se alternan con otros de gravas.

Estos muestran granos bien lavados y seleccionados según los niveles, y tienen como peculiaridad el hecho de que el diámetro tan grande de las gravas



Sondeo Miguel Hernandez, en Orihuela, a unos 25km de su desembocadura. La columna tiene cerca de 200m, con potentes bancos de gravas. Fuente CHS, 2006.

indica una gran capacidad de transporte de las aguas, fruto de mayores gradientes en la pendiente y mayores caudales. Tanto el tipo de sedimentos como la ausencia de fósiles marinos ponen de relieve un paleoambiente continental, que se conserva en los sedimentos atravesados por los sondeos de Rojales, a lo largo de toda la serie. En la columna de sedimentos obtenida en los sondeos de Rojales, a una distancia de 6,5 y 7,5 km del mar, la potencia de los materiales de

diámetro superior, arenas o gravas es menor. En el más alejado de la costa, el Ciudad de Rojales, los primeros 35 m están formados por limos, que luego siguen con delgados estratos de gravas, arenas y limos hasta los 52 m. Posteriormente hasta los 172 m de profundidad que alcanzó el sondeo se alternan arcillas, areniscas y margas. Estos primeros 35 m de limos se repiten en el sondeo del Museo de la Huerta, pero en este caso hasta el metro 56 se atraviesa un banco de margas, que se continúa con una alternancia de gravas, areniscas y margas hasta los 112 m de profundidad. En este sondeo las areniscas, margas y arenas se substituyen hasta los 262 m, dejando escasos bancos de arcillas, lo que parece evidenciar un mayor poder de transporte en las aguas que discurrían por

esta zona, en relación con el Ciudad de Rojasles, próximo al río aguas arriba de Rojasles.

El material de ambos sondeos, separados tan solo de un kilómetro de distancia (anexo final sondeos I y II), presenta una extraordinaria variación para la misma profundidad, que parece resultado de épocas con climas diferentes, al menos en lo que corresponde al cambio en la litología de los primeros 35 m, comunes para ambos, y representativo de una menor capacidad de transporte. A partir de los 35 m probablemente el ambiente sedimentario fue el de una zona encharcada, donde existían canales de transporte preferente capaces de trasladar sedimentos de mayor grosor, y dado que los sedimentos de mayor granulometría



Sondeo Ciudad de Rojasles, a unos 5km de la Desembocadura del Segura. Fuente CHS, 2006.

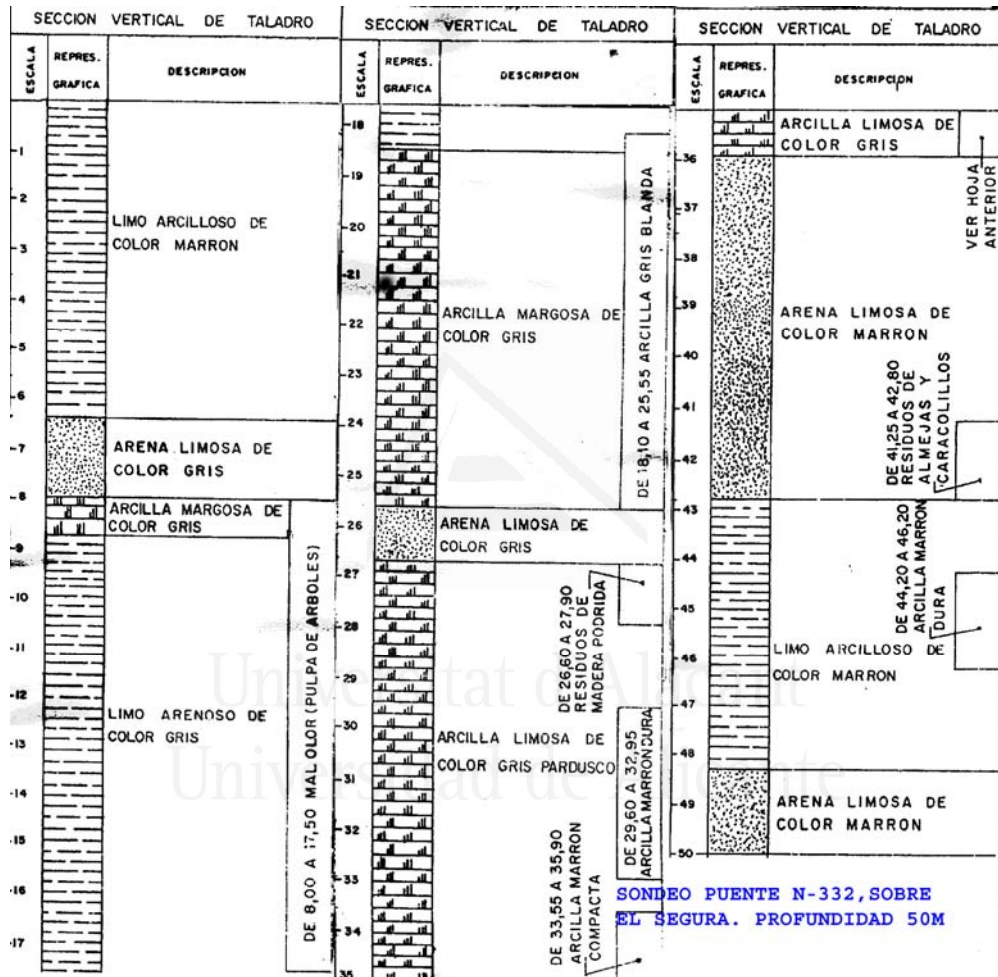
y potencia están en el de la Huerta, situado más hacia el centro de la vega, posiblemente las mayores corrientes se situaban hacia el centro del valle, y ellas han conservado la capacidad de transporte, al menos de las arenas mayores de 0,5 mm de \emptyset , hasta la actualidad.

Otras perforaciones próximas a la costa, a 1.700 m en línea recta, presentan una mayor variación

lateral entre ellos, y también en la secuencia y potencia de sedimentos. Se han

revisado los sondeos previos a la construcción del puente sobre el cauce del Segura ejecutado en el ámbito del

Plan de Defensas contra Avenidas de 1987, en la confluencia de la N-332. Realizados sobre sedimentos de la vega, reflejan una redundancia de depósitos



Sondeo estudio geotécnico previo a la construcción del puente en la N332, cuando cruza el nuevo cauce del Segura. Año 1991.

costeros y lagunares, que desde los -50 metros donde aparecen las arenas, se va alternando con limos, con mayor preponderancia de estos. La mayor potencia de los limos explicaría procesos continuados de sedimentación menos traumáticos, que darían paso a otros de lluvias más intensas, y con mayores avenidas.

Los sedimentos más profundos, desde los 50 a los 38 metros de profundidad parecen mostrar un ambiente sedimentario terrestre, de borde de laguna, o más probablemente si comparamos con las granulometrías obtenidas en los tres perfiles actuales, pudo ser un fondo litoral de pocos metros, aunque en el sondeo no aparece fauna asociada. Los limos arcillosos marrones, y por tanto sin materia orgánica abundante, se siguen depositando hasta -27, donde ya aparece arcilla margosa gris con restos conchíferos, que continúa hasta los -15, que se depositaron en lo que debió ser un ambiente deltáico muy somero, con abundantes conchas, y materia vegetal que aportará el color gris de las arcillas. Aun teniendo en cuenta la enorme variedad de estos depósitos de sedimentos, parece evidente el origen terrígeno y lagunar de la mayor parte de los materiales más superficiales para este sondeo, hasta los 15 metros al menos, aunque son escasos los testimonios de fauna y vegetación, si se exceptúan las raíces.

En otras perforaciones cercanas realizadas también para el mismo puente, se sigue produciendo esta alternancia de limos, arenas y arcillas con abundante materia orgánica descompuesta, propias de medios lagunares, y también con presencia de fósiles marinos. Lo que confirma los datos obtenidos por Soria et al 1999, de la existencia de un periodo de elevación del nivel del mar y una trasgresión marina, acompañada de una rápida acreción del fondo, por los sedimentos procedentes del Segura, pero también del resto de ramblas y ríos que llegaban hasta la cuenca del Bajo Segura, y que alcanzaron tasas muy elevadas de sedimentación de hasta 4mm por año, de manera que el relleno sedimentario del valle ha sido determinado por la reciente actividad tectónica y por variaciones del nivel del mar, Delgado et al,(2003).

3.3.3.2.- Muestreos del subsuelo y superficiales, mediante transectos.

a.- Azarbe de La Villa.

Durante la obra de colocación de mampostería en cauce de tierra del azarbe de La Villa, tuvo que reprofundizarse ligeramente y con ello excavar en los sedimentos situados en su cauce, y de estos, extraídos aproximadamente a - 2,70m se tomaron las nueve muestras cuyas granulometrías se acompañan. El aspecto de las arenas era muy similar al de las que se encuentran en la playa,

marrones, muy lavadas y sin restos orgánicos evidentes, pero en general los

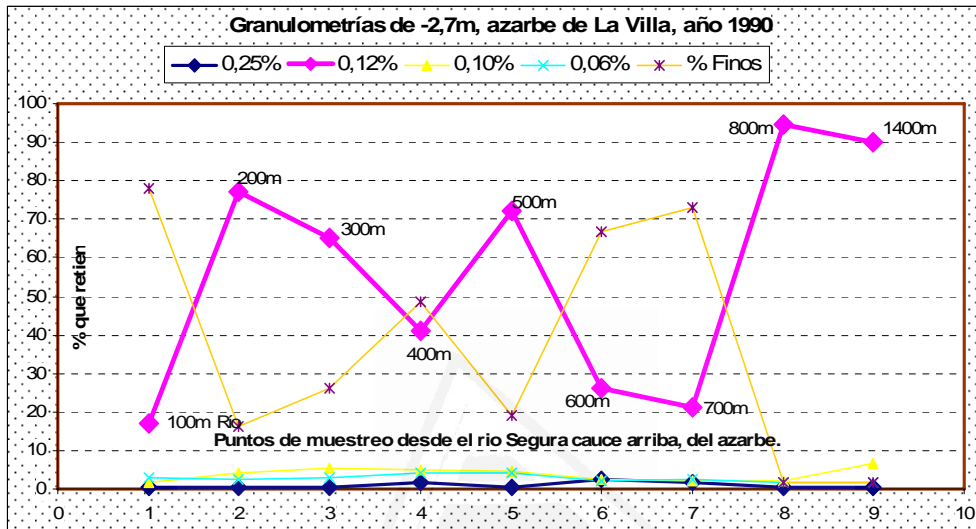
Muestras de sedimentos tomados del fondo del azarbe de La Villa, a -2,7m, durante su construcción. Sentido del muestro este (río)-oeste. Año 1990. Longitud 1400m.					
Distancia río	%, Ø 0,25mm	%, Ø 0,12mm	%, Ø 0,10mm	%, Ø 0,06 mm	% Finos
100m	0,5	17	1,5	3	78
200m	0,5	77	4	2,5	16
300m	0,5	65	5,5	3	26
400m	1,5	41	5	4	48,5
500m	0,5	72	4,5	4	19
600m	2,5	26	2,5	2	67
700m	1,5	21	2	2,5	73
800m	0,5	94,5	2	1,5	1,5
1400m	0,5	90	6,5	1,5	1,5

diámetros también responden a unos valores más propios de la playa que de una zona marismosa, como puede ser el ambiente sedimentario que se observa en las columnas litológicas comentadas

más atrás, incluida la del puente, que dista solo un kilómetro de este muestreo. Es conveniente resaltar también el hecho de que no se trata de un depósito aislado, a modo de lentejón, puesto que el recorrido de las tomas representa al menos una longitud de un kilómetro y medio en sentido perpendicular al mar.

Probablemente los sedimentos de mayor peso transportados en las avenidas se acumularon en las zonas próximas al eje del valle fluvial, que no tendría un cauce único sino que además del recorrido meandriforme podría abrirse un múltiples canales que se anastomosaban, o que desembocaban en una laguna costera. El continuo movimiento eustático acompañado de movimientos transgresivos y regresivos facilitó el mantenimiento de esta situación lagunar con distintos ambientes sedimentarios, que además podrían cambiar de ubicación según la velocidad relativa de las tasas de sedimentación o movimientos eustáticos, en una zona bordeada por las fallas del bajo Segura por el sur y de Crevillente por el norte (Delgado J. et al 2003), hasta que se colmató la cuenca del Bajo Segura- Vinalopó y los materiales pudieron llegar incluso a la línea de costa actual, aunque el Vinalopó, con una cuenca mucho menor ha seguido depositando los materiales que transporta durante las avenidas en la llanura lagunar, en la actualidad dominada en mayor medida por la presencia de las lagunas del Hondo y salinas de Santa Pola, que están aislada del mar por los cordones dunares del litoral, que apenas se corta por las aguas que drenan los canales artificiales de drenaje y llegan por un estrecho cauce hasta la costa actual.

La gráfica que representa los porcentajes de las distintas granulometrías permite visualizar dos cuestiones fundamentales: una es el evidente sesgo de los tamaños de los sedimentos, alrededor del diámetro 0,125 a 0,250 mm, y en algunos puntos dominando los finos, menores de 0,063 mm de diámetro. El resto



de tamaños apenas es representativo, lo que parece indicar un largo recorrido en el transporte de los materiales. En segundo lugar, y teniendo en cuenta la disposición paralela al eje del valle del transecto de muestreo, los picos y valles avalan la tesis de brazos y meandros que cortan en eje del valle, en cuyos cauces o proximidades se depositan las arenas, cuanto más alejados de las líneas de corriente más porcentaje de finos encontraremos. Este banco de arenas aparece ya a los -0,70 m, y al menos hasta los -2,70 m de profundidad de la zanja, sin que se tengan muestras más profundas en este tramo, que corresponde a una zona de cultivos y a la actual traza del azarbe.

Por otra parte, y completando esta perspectiva para épocas más recientes, la disposición de yacimientos fenicios a ambos lados de la actual desembocadura de río, hace más de 2.500 años, pero separados entre sí unos dos kilómetros, parece indicar un ambiente como el descrito, y con una desembocadura del río que oscilaría hacia norte o sur dependiendo de los vientos dominantes y la dinámica de transporte de sedimentos que la iría cerrando en un sentido u otro.

Las arenas transportadas hasta una línea de costa similar a la actual, de trazado norte-sur, se extendieron luego en ambos sentidos, como consecuencia de la dinámica litoral, cerrando la depresión de La Mata por el sur con una barra litoral, y la del Vinalopó por el norte. El resto de la bahía actual de río Segura fue acopiando las arenas procedentes de la erosión de la cuenca y dando lugar a las playas y cordones dunares actuales, cuyo crecimiento debió acelerarse mucho en cuanto las aguas y los sedimentos arrastrados en episodios de lluvias torrenciales llegaron con regularidad hasta el mar, en la línea de costa que hoy conocemos.

De ser aplicables las tasas de sedimentación encontradas por Soria et al (1999) para esta zona, y teniendo en cuenta que sobre las arenas de La Villa hay solo unos 70 cm, desde hace cuatrocientos a setecientos años, si consideramos la época de construcción de las azarbes, y la influencia en facilitar la llegada de aguas hasta el mar, las grandes avenidas llevan hasta el mar la mayor parte de las arenas, y entonces debió acelerarse el proceso de crecimiento y avance de las dunas.

Pero debido a que las avenidas desbordan los canales y el río reiteradamente, parte de las arenas también alcanzan otras partes del valle, además de depositarse en su entorno, como pone de manifiesto la distribución del porcentaje de granulometrías si se realiza un muestreo superficial perpendicular al eje del valle. Este recorrido se realizó paralelo al mar de 3 km de largo, y a unos 3 km del mar, perpendicular al valle y tomando las muestras de las tierras de cultivo. Las muestras son pues representativas de la media en cada toma de los 30 cm más superficiales, como resultado de la mezcla que supone el laboreo para cultivar.

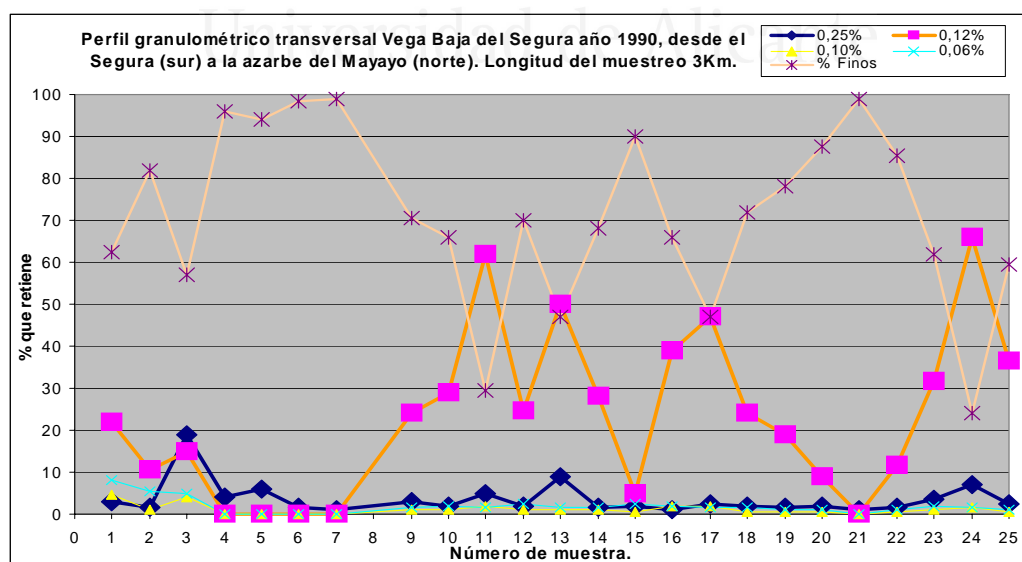
b.- Perfil transversal de la Vega Baja, cerca del mar.

En este caso también se dan sesgos acentuados entorno a los diámetros entre 0,250 y 0,125 mm así como a los finos, igual que en las muestras del azarbe de La Villa, aunque en este caso se invierten los porcentajes que son muy mayoritarios para los finos, aunque también para algunos puntos hay porcentajes de arenas de arena superiores al 60 %, lo que indica también que en algunos momentos las líneas preferentes de flujo discurren próximas, y que

Perfil granulométrico transversal Vega Baja del Segura año 1990, desde el Segura (sur) a la azarbe del Mayayo (norte). Longitud del muestreo 3Km.					
Nº muestra	0,25%	0,12%	0,10%	0,06%	% Finos
1	3	22	4,5	8	62,5
2	1,5	10,5	1	5,5	82
3	19	15	4	5	57
4	4	0	0	0	96
5	6	0	0	0	94
6	1,5	0	0	0	98,5
7	1	0	0	0	99
9	3	24	1	1,5	70,5
10	2	29	1	2	66
11	5	62	2	1,5	29,5
12	2	24,5	1	2,5	70
13	9	50	1	1,5	47
14	1,5	28	1	1,5	68
15	2	5	0,5	2,5	90
16	1	39	2	2	66
17	2,5	47	2	1,5	47
18	2	24	0,5	1,5	72
19	1,5	19	0,5	1	78
20	2	9	0,5	1	87,5
21	1	0	0	0	99
22	1,5	11,5	0,5	1	85,5
23	3,5	31,5	1	2	62
24	7	66	1,5	1,5	24
25	2,5	36,5	0,5	1	59,5

probablemente corresponde a alguna de las grandes avenidas en que el cauce actual es incapaz de conducir todas las aguas de la cuenca, o también pueden estar relacionadas con lluvias torrenciales e importantes crecidas de las ramblas de la margen izquierda del bajo valle del río Segura, como la de Santomera, el río Chícamo, la rambla de San Cayetano y otras, que vierten aguas y sedimentos directamente en la cuenca del Bajo Segura.

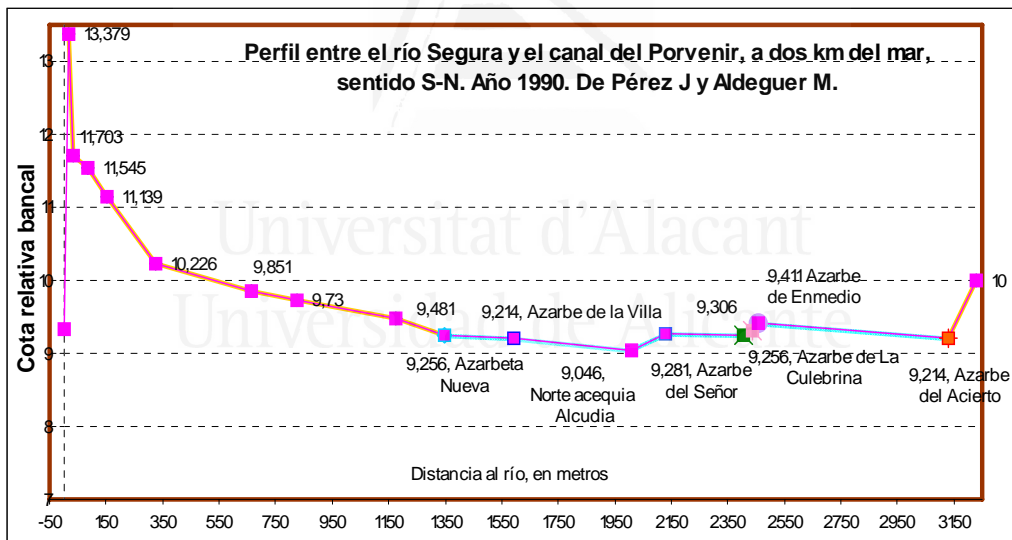
La mayor variedad de tamaños de los sedimentos en las primeras muestras, junto a río, parece el resultado lógico de estar formados por buena parte de los



depósitos dejados cerca del cauce actual del río, que sería la fuente, y que las aguas depositarían cuando hayan desbordado las motas, con lo que el sesgo alrededor de uno o dos tamaños es menor, y la dispersión de los tamaños se incrementa.

Perfil longitudinal entre el río Segura y el canal del Porvenir, a dos km del mar, sentido S-N. Año 1990. De Pérez J y Aldeguer M.					
Nº	Distancia al río	Cota relativa.	Nº	Distancia al río	Cota relativa.
1	0	9,332	10	1346	9,256
2	20	13,379	11	1590	9,214
3	33	11,703	12	2010	9,046
4	88	11,545	13	2130	9,281
5	152	11,139	14	2405	9,256
6	324	10,226	15	2438	9,306
7	664	9,851	16	2457	9,411
8	824	9,73	17	3129	9,214
9	1176	9,481	18	3229	10

El mayor sesgo alrededor de los diámetros de arena de entre 0,250 y 0,125 mm de diámetro hacia el centro del valle, en relación con otros tamaños de grano, así como los elevados porcentajes de este tamaño ponen de manifiesto la presencia de canales de flujo recientes en el centro y hacia el norte, que discurren hacia



el mar, por lo que la variación entre muestras consecutivas es muy elevada, y además en algunos puntos desaparecen las arenas casi en su totalidad. Otra circunstancia reseñable la da el hecho de que los porcentajes altos de arena comienzan en el centro del valle, lejos del cauce actual.

La sospecha de que estos depósitos de arena tengan relación con el hecho de que en realidad corresponden a la parte más deprimida del valle y por tanto a los lugares por donde el cauce o cauces del río debieran pasar aconsejó realizar

un perfil topográfico perpendicular a valle, y que ponga de relieve la topografía detallada transversal. Los datos obtenidos y el perfil transversal explican que efectivamente hay una diferencia de algo más de dos metros entre la parte central y hacia norte del llano, en relación con los puntos cercanos al río, que discurre precisamente por el borde interno más alto del valle aluvial, al sur, siguiendo un cauce artificial que está bordeado por motas, cuya cota superior, en el punto de arranque del perfil alcanza los 13,379 m (es una cifra para relacionar con el resto, no cota real topográfica), frente a los 9,046 del punto más bajo, es decir 4,333 metros por encima.

Esta diferencia de cotas, teniendo en cuenta la construcción de las azudes permite regar todas las partes bajas de la vega del río, pero también es responsable de que las grandes avenidas capaces de romper las motas puedan inundar totalmente las vegas. Esta circunstancia debió ser muy frecuente en épocas anteriores cuando el cauce era mucho menor y las motas menos altas y fuertes, hasta que progresivamente fueron mejorando tanto la capacidad de desagüe como los márgenes.

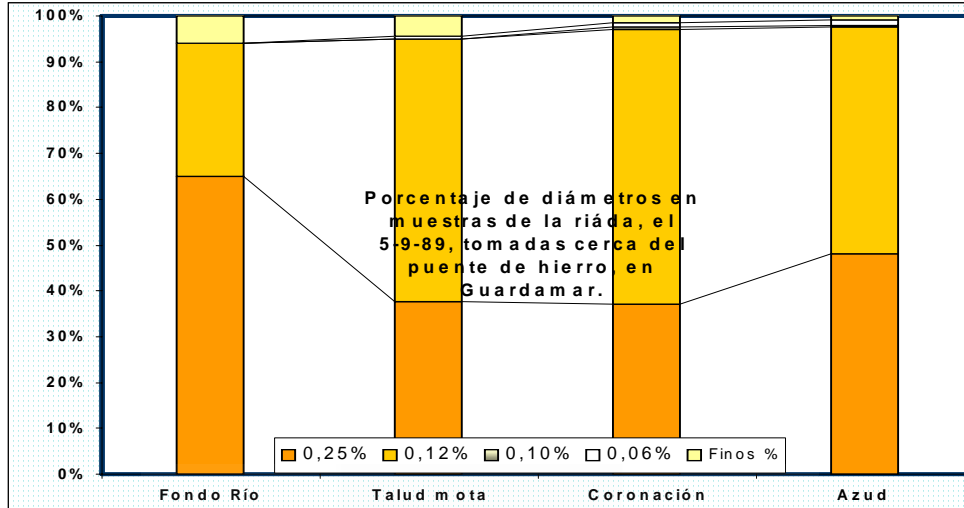
c.- Depósitos de sedimentos procedentes de la última gran riada en 1989.

Una evidencia más reciente de la capacidad de transporte de río hasta hoy

Muestras riada de 1989, cerca del puente de hierro	%, 0,250mm de ϕ que retiene	0,12% de ϕ que no pasa	0,10 ϕ de %	0,06 ϕ %	Finos % ϕ , menor de 0,063mm que pasa.
Fondo Río	65	29	0	0	6
Talud mota	38	58	0	0,5	4,5
Encima mota	37	60	0,5	1	1,5
Azud	48	49,5	0,5	1	1

se obtiene estudiando los depósitos sedimentarios en las recientes avenidas. Los resultados obtenidos a partir de muestras de arenas, tomadas en las motas del Segura, y el lecho del río, después de la riada de 1989, cerca de la desembocadura, avalarían esta hipótesis: gran cantidad de arena, de granulometría elevada, que en buena parte se depositaría en el mar, pero que al disminuir el caudal circulante, los últimos días de la riada, se quedan en el lecho del río.

Del análisis de los resultados puede destacarse: en primer lugar una gran



variedad de granulometrías, con porcentajes altos de arenas de mayor tamaño, en especial las mayores de 0,250 mm de diámetro, y muy poca de menos de 0,125 mm. Los finos solo alcanzan porcentajes menores del 6 % a 1 %, según la situación, talud de la ribera o en el fondo del río y casi nula encima de la mota y en el azud de S Antonio. Por el contrario el mayor porcentaje de arenas gruesas, de diámetro mayor que 0,250 mm, se encuentra en las posiciones más bajas, el fondo del río y sobre el azud.

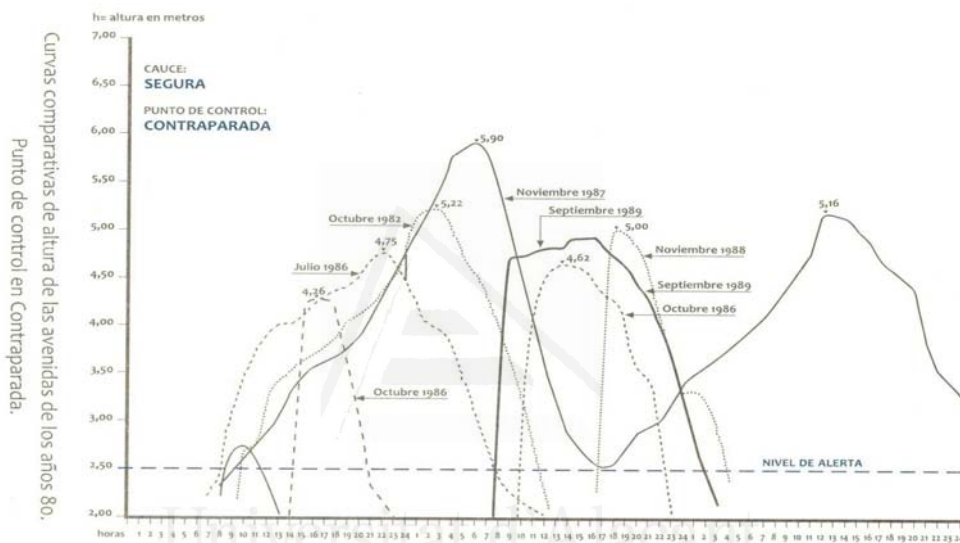
Estos porcentajes son compatibles con la el criterio de que en el lugar de aporte de la fuente de los sedimentos a la costa se encuentran los de mayor tamaño pero a la vez menos sesgados en alguno de los tipos. No obstante la falta de aportes por ausencia de riadas modificará los porcentajes y granulometrías encontrados a lo largo de la costa, y por tanto la contundencia de los datos útiles para determinar el sentido predominante del transporte de las arenas.

3.3.3.3.- Las avenidas del río Segura.

Un breve estudio del comportamiento hidrológico de la Cuenca del Segura pone de manifiesto el hecho de que estas tierras sometidas a un régimen escaso y muy irregular de lluvias, poseen numerosos cauces que llevan agua en contadas ocasiones, y el suelo presenta escasa cobertura vegetal, y por ello las

lluvias intensas y gotas frías son de escasa duración pero devastadoras. Aun hoy, el Segura, un cauce intensamente regulado, presenta enormes picos puntuales de caudal, aunque de escasa duración. De hecho, en el río Guadalentín, tributario del Segura, se han medido caudales de 2.000 m³ por segundo.

Si comparamos los gráficos en dos puntos distantes del río para las últimas grandes riadas, todas ellas en la década de los 80, la Contraparada, aguas arriba



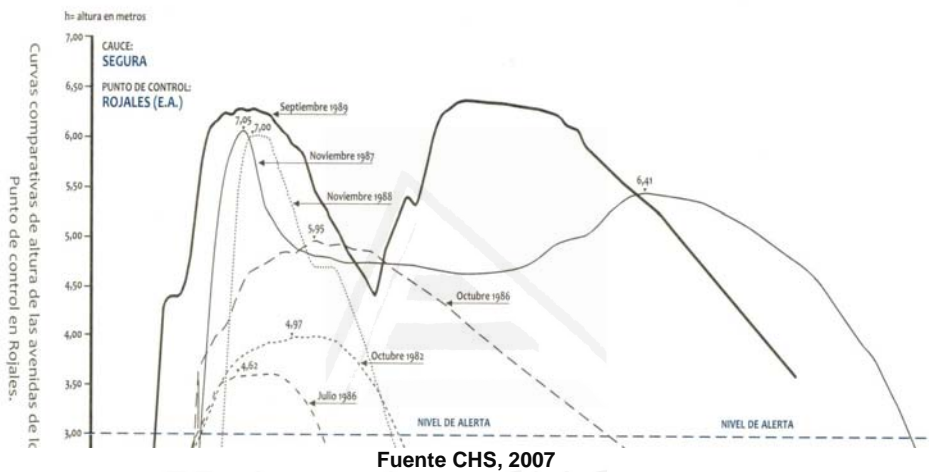
Fuente CHS, 2007

de la ciudad de Murcia, y Rojales se pone de manifiesto la existencia de puntas muy altas por encima del nivel de alerta, pero también que son de menor duración en el punto situado más arriba, y tampoco las puntas de Rojales alcanzan las de Murcia, 3,5 m sobre el nivel de alerta, pero se acercan a la elevación medida en la ciudad del Segura.

Estas grandes riadas, aunque infrecuentes, suelen ser de escasa duración, y tan solo unos días, después el cauce vuelve a estar seco, o transporta solo el agua utilizada para los riegos. Crecidas de menor intensidad se producen en todas las décadas, a veces en varias ocasiones, aunque en este momento desde el año 1.989 apenas si ha discurrido agua por el río hasta la desembocadura, salvo pequeñas crecidas. Estas evidencias, sumada a una pendiente muy escasa, que en término medio no debe superar al 0,5 m por 1.000, podían conducir a

dudar sobre su capacidad para transportar sedimentos arenosos. No obstante, como se ha visto en las muestras recogidas durante la riada de 1.989 sí es capaz de transportar arenas de granulometría muy superior a las que forman las dunas o las playas, predominantemente de 0,120 de diámetro.

La magnitud de las riadas marcaría la posibilidad de transporte de partículas por el río de mayor o menor tamaño, de una parte porque a mayor peso y tamaño de las partículas de sedimentos mayor dificultad, y de otra que los



caudales circulantes determinaran el modo, por disolución suspensión, o deslizándose sobre el fondo.

La existencia de remolinos en el río permite a su vez mantener en suspensión partículas de mayor tamaño, como prueba el hecho de que las arenas del fondo y las recogidas sobre la mota tienen granulometría similar, aunque los porcentajes de arenas más gruesas disminuyen con la altura sobre el lecho del río, a la que se han depositado, tal y como se puede ver en la gráfica de distribución de tamaños de arenas transportadas por la riada.

Llegados los sedimentos al mar, la capacidad de los temporales de afectar al movimiento de partículas del fondo, y sobre todo de arrastrarlas aguas adentro, marcaría el límite hasta donde las arenas son transportadas en sentido perpendicular a la costa. Los materiales más finos pueden ser transportados a bastante distancia de la desembocadura mantenidos en suspensión cuando las

aguas dulces irrumpen en el mar, y colorean una extensa zona de la bahía, y su distribución depende más de la existencia de temporales en el momento de la riada.

Estas aguas turbulentas y cargadas de partículas, que muchas veces rompen las motas e inundan los campos, son antes, capaces de llegar hasta el mar y depositar los sedimentos hasta centenares, e incluso miles de metros, mar adentro. Las gráficas, correspondientes a varias riadas de la década de los ochenta visualizan de forma muy concreta los enormes picos, y su escasa duración, aunque algo mayor cuanto más cerca de la desembocadura, sobre todo cuando se producen rotura de motas aguas arriba. De ellas, la de noviembre del año 1987 fue especialmente devastadora en la Vega Baja, llevó a la redacción y ejecución posterior, del Plan de Defensas contra Avenidas del Segura, que ha supuesto el recrecimiento de varias presas, y la construcción de otras, además del acondicionamiento de barrancos y del cauce del Segura desde la Contraparada hasta la desembocadura.

3.3.4 Transporte litoral de sedimentos perpendicular a la playa. Pendientes del talud continental costero y su relación con la estabilidad de la playa.

3.3.4.1. Pendientes del talud.

Batimetrías y pendientes del talud según el trabajo realizado para la Consellería de Agricultura en 1994-1995.

Distancia costa	Profundidad P-1	Profundidad P-2	Profundidad P-3	Profundidad P 4-5
3.000	-19,8	-23	-20,4	
3.500	-20,4	-24,4	-23	-20
4.000	-21,5	-25,2	-26	-23
4.200	-22	-25,5	-26,4	-24,2
4.500	-22,5	-26		-26
4.700	-22,7	-26,3		-26,8
4.800	-23	-26,5		
5.000	-24	-26,8		

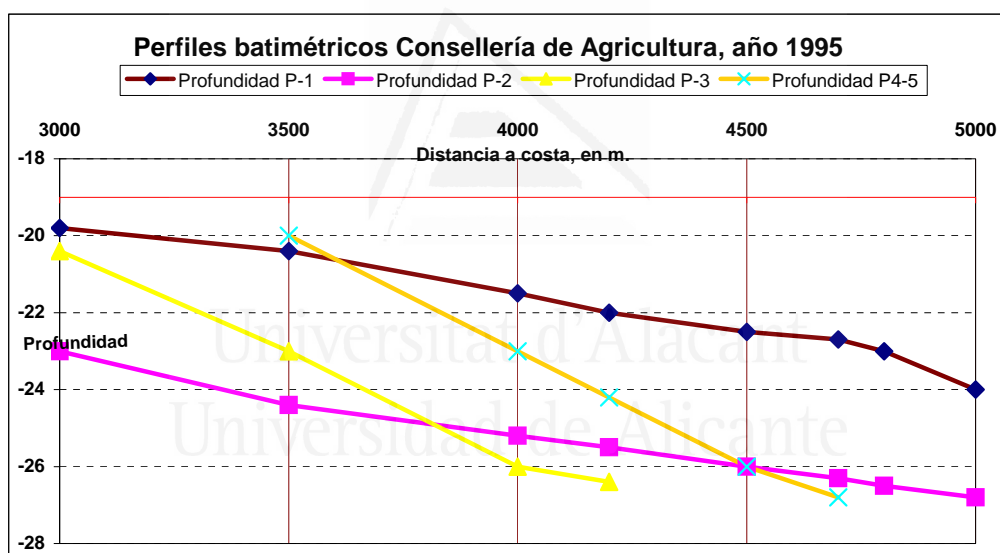
Gráfica realizada a partir de algunos datos de los perfiles del trabajo realizado para la Consellería de Agricultura en el año 1995.

Los trabajos de campo previos a la redacción de proyectos de construcción de arrecifes litorales y piscifactorías en la bahía del Segura, realizados por la Administración

autonómica, y más en concreto los realizados para la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, de la Comunidad Valenciana, a finales del 1994 y principios

del año 1995 se centran fundamentalmente en conocer las comunidades bentónicas, pero también los fondos, pendientes y geomorfología.

Estos trabajos aportan perfiles batimétricos de la bahía, aunque la franja a que se refiere el trabajo es entre los -20 y los -30 metros de profundidad, es decir, aquella en la que es posible la ubicación de piscifactorías, y por tanto alejada de la costa y de la dinámica de las corrientes de transporte de sedimentos. El número y la dirección de los perfiles de la Consellería y los que se realizaron tanto en 1986 como posteriormente en 2001 no es coincidente, y además comienzan a distancias de la costa y profundidades diferentes, por lo que no son consecutivos, ni tampoco las pendientes obtenidas homologables, sin embargo los resultados obtenidos conducen a conclusiones similares en cuanto a



Los cuatro perfiles que se acompañan están tomados de norte (P-1) a sur (P-4). El 1 frente al Pinet, el 2 unos 2km al norte del Segura, el 3 frente al río, y el 4 dos km al sur del tercero.

una inclinación del talud de similares proporciones.

Un primer asunto a destacar es el hecho de que la pendiente total para cada uno de los perfiles, se incrementa conforme se desplazan hacia el sur con la excepción del segundo, que pasa de 0,28 % para el P-1 situado más al norte, frente a La Marina, y al abrigo del Cabo de Sta. Pola, a 0,26 % para el perfil P- 2 al norte de la desembocadura del río. Probablemente esto se explique por estar afectado por sedimentos del disminuido delta del río Segura, o bien condicionado

por la litología que conforma el mismo serrato de La Marina, y cuyos estratos buzcan hacia el Este.

El perfil siguiente, el P-3, frente a la Gola del Segura aumenta mucho la pendiente, hasta 0,5 %, lo que indica una escasa influencia de los sedimentos del

Distancia a la orilla	Pro en m. Perfil Iglesia	Prof. en m. Perfil Gola Seg	Prof. en m. Perfil Rebollo
0	-1	-1	-1
250	-3,8	-3,4	-4,4
500	-6,3	-5,4	-6,5
1000	-9,3	-7,6	-9
1500	-11	-9,8	-11
2000	-12,2	-12,2	-13,4
2500	-14,2	-14,6	-16
3000	-16,6	-17,4	-18,2
3500	-20	-21	-20,5

Datos obtenidos a partir de los perfiles realizados en 1.986.

Las distancias y profundidad se han obtenido a partir de los perfiles en rollo de papel de la sonda. Las distancias a la costa se han ajustado a partir de referencias de la costa sobre plano 1:25.000

Segura, a estas profundidades, y confirma la inexistencia del material sedimentario depositado frente a la gola del río a partir de la cota -20 m. No se acumulan aquí los sedimentos que forman el pequeño delta costero, ni tampoco los materiales del serrato de La marina afectan a la pendiente del fondo. Por el contrario se constata ya en estas fechas la inexistencia de las acumulaciones deltáicas que sí

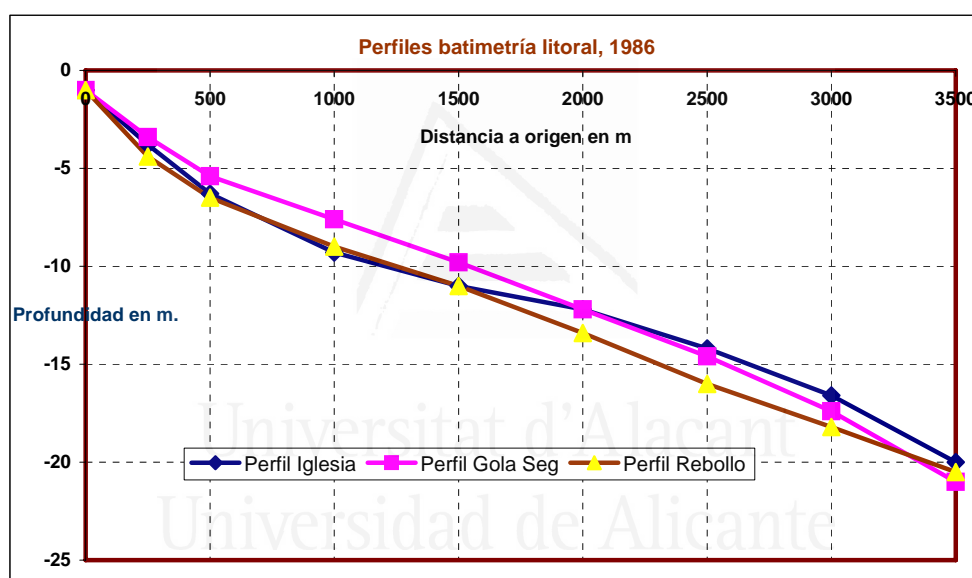
estaban presentes más próximas a la costa en las batimetrías de 1986, y como se pone en evidencia en las restituciones fotogramétricas de la evolución de la línea de costa en la desembocadura, que se han estudiado en el capítulo tercero. Es probable también que las acumulaciones de sedimentos en la desembocadura del Segura no alcance estas profundidades, superiores a 20 m.

La pendiente para los perfiles P-4 y 5, de 0,56 %, confirma la tendencia al incremento de pendientes a la vez que se avanza hacia el sur y se abandona el abrigo de los temporales de Levante que generan la isla de Tabarca y el Cabo de Santa Pola por el norte, así como los bajos rocosos entre ambos, que refractan y atenúan el tamaño y la energía de las grandes olas, así como su capacidad erosiva y de transporte perpendicular a la playa. Esta energía se incrementa hacia el sur, aumentando la pendiente litoral.

Una cuestión común a todos ellos es la inexistencia de accidentes topográficos en el fondo marino, y el hecho de que representan taludes de pendiente bastante uniforme para el tramo estudiado, lo que indica que los aportes procedentes de la erosión son muy escasos, para este tramo de costa.

Pendientes y batimetrías de 1986 y 2001

Los perfiles del fondo litoral que se obtuvieron se extienden desde la profundidad -1m, en la orilla del mar, hasta 3.500 metros de distancia de la costa, en el entorno de los -20 m de profundidad. Las trayectorias seguidas fueron este-oeste, perpendiculares a la costa, y marcando los puntos sobre cartas de navegación, mediante referencias costeras. Estos perfiles, más costeros que los de Consellería no pueden prolongarse con ellos porque las direcciones no son coincidentes. No obstante los datos de mayor profundidad no son relevantes para el objetivo de nuestro trabajo, debido a que los movimientos de sedimentos en el



fondo son aquí muy poco significativos, y el transporte longitudinal y perpendicular apenas existe.

A partir de los veinte metros de profundidad los datos y los perfiles obtenidos por la Consellería indican que desde el perfil de la gola del Segura hacia el sur, las pendientes son similares. Estos resultados no son coincidentes con los que se deducen a mayor proximidad de la costa de los datos del año 1986 ni tampoco de 2001. La pendiente media para el total del transecto, y para los tres perfiles dibujados por la Sonda Raytheon en el primero de los trabajos que se realizaron, en 1986, son iguales, y de una inclinación del 0,57 %, para la franja de

los 3.500 metros. Sin embargo esta pendiente esta no es uniforme para todo el tramo ni igual en los tres casos.

Para los primeros 500 metros la pendiente es mayor, de 1,26 % para los perfiles norte y sur de la gola del río Segura, y solo del 1 % para el situado frente al río. Estas diferencias se mantienen similares si consideramos la franja de los 1.000 metros: 0,9 % para el Rebollo al norte de la desembocadura y casi idéntica para el de la Iglesia, que llega hasta 0,93 %, mientras para el frente de la desembocadura la inclinación del primer kilómetro solo alcanza 0,69 %.

Los datos obtenidos ponen de manifiesto una menor pendiente para el

Distancia a costa	Sur gola:1km	Distancia a costa	Norte gola-600m	Distancia a costa	Perfil Gola
500	-5,5	500	-4,5	500	-4
650	-6,5	600	-5,5	625	-5,5
775	-7,5	800	-6,8	688	-5,7
925	-8,5	950	-8	850	-6,7
1000	-9	1050	-9	950	-8
1300	-10,4	1250	-10	1088	-9
1500	-11	1550	-11	1250	-10
1888	-12	1675	-11,8	1525	-11
2038	-13	1900	-12,8	1775	-12
2250	-14	2175	-13,8	2013	-13
2400	-15	2300	-14,5	2250	-14
2500	-15,3	2400	-15,3	2500	-15

perfil de la desembocadura, entre los 500 a 2000 metros de distancia de la costa, y que probablemente se debe a la existencia de sedimentos aportados por el río, que indican la permanencia de un exiguo delta, de menos de 2 metros de potencia de sedimentos, por encima de los presentes en los

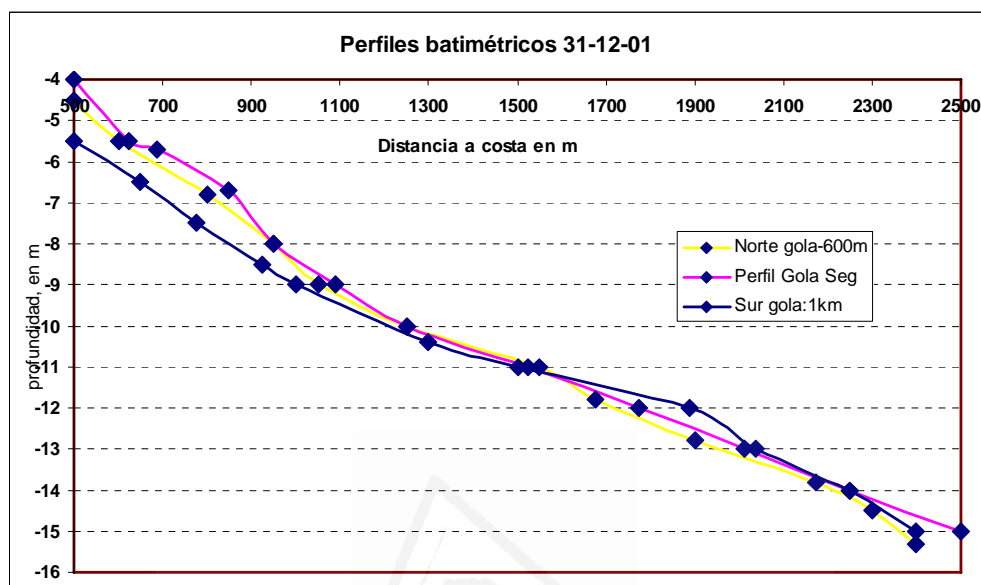
PERFILES BATIMÉTRICOS, 31.12.2001

perfiles de la playa del Rebollo y de la Iglesia de Guardamar.

Este pequeño delta tendría superficie y altura variable en el tiempo y en relación con los materiales aportados por las avenidas, pero en todo caso el que había en ese momento no era superior a un semicírculo de centro la desembocadura y un kilómetro de radio, hasta la isobata -12 m, aproximadamente.

Otros datos obtenidos mediante estudios de geología marina, de carácter más global, realizados por el Instituto Español de Oceanografía, y publicados como informes técnicos Nº 7-1983, en la plataforma continental de las provincias de Valencia, Alicante y Murcia, así como los obtenidos por Soria (2007) indican una plataforma variable de norte a sur, con una extensión máxima de 45 km a la altura de Alicante, y mínima de 2 km, al sur del cabo de Palos. En cuanto a la

pendiente, entre Alicante y Torrevieja alcanza un valor medio en la plataforma de 0,33 %, sin que la profundidad a la que se realiza la ruptura se altere



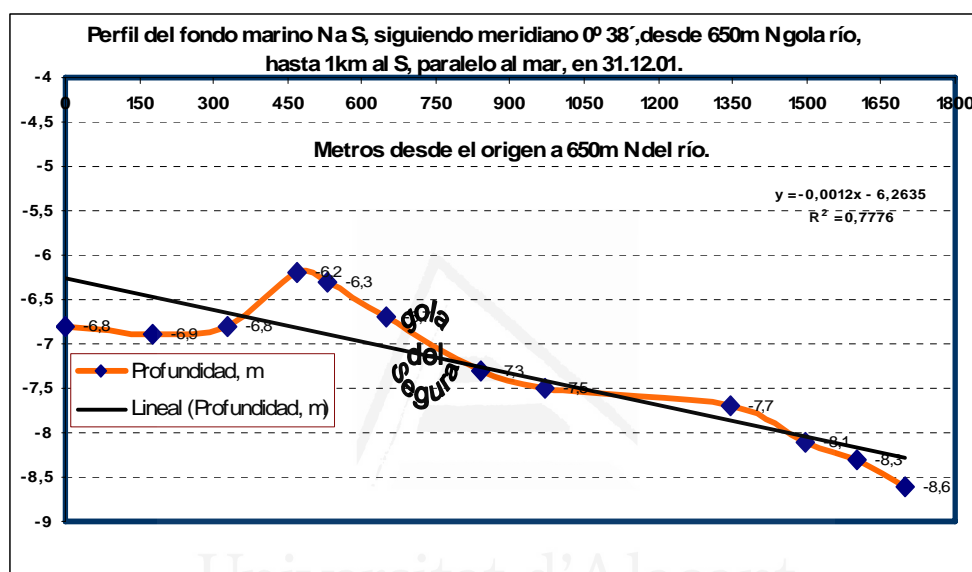
notablemente (110m) (Instituto Español de Oceanografía, 1983). Estos valores últimos se aproximan a los obtenidos a partir de los perfiles de la Consellería, que indican un talud uniforme y de menor pendiente, a partir de profundidades superiores a los 25 metros, y que según estos datos se mantiene hasta 110 metros, en que se produce la ruptura.

El trabajo de campo de restitución del perfil continental litoral, que se realizó en diciembre del año 2001 mediante una embarcación provista de GPS y sonda, aportaron valores de profundidad y relieve que luego se situaron sobre cartas de navegación y mapa 1:25.000, ponen de manifiesto la práctica desaparición de los sedimentos acumulados frente a la gola del Segura que sí estaban presentes en 1986, y que formaban el pequeño delta sumergido de la desembocadura de un kilómetro de radio.

En la mayor parte del recorrido de los tres perfiles las diferencias entre valores de profundidades, para puntos a la misma distancia de la costa, resultan muy poco significativas, e inferiores al medio metro, y además afectan a tramos pequeños, y no siempre indican mayor acumulación frente al Segura excepto para el tramo de 650 a 900 m que permanece un resto de esa

acumulación de entre 0,5 y 1 m de potencia y menor de 900 m de radio. La pendiente total es similar para los tres, puesto que a los 2500- 2400 metros de la costa la profundidad es de unos 15 m.

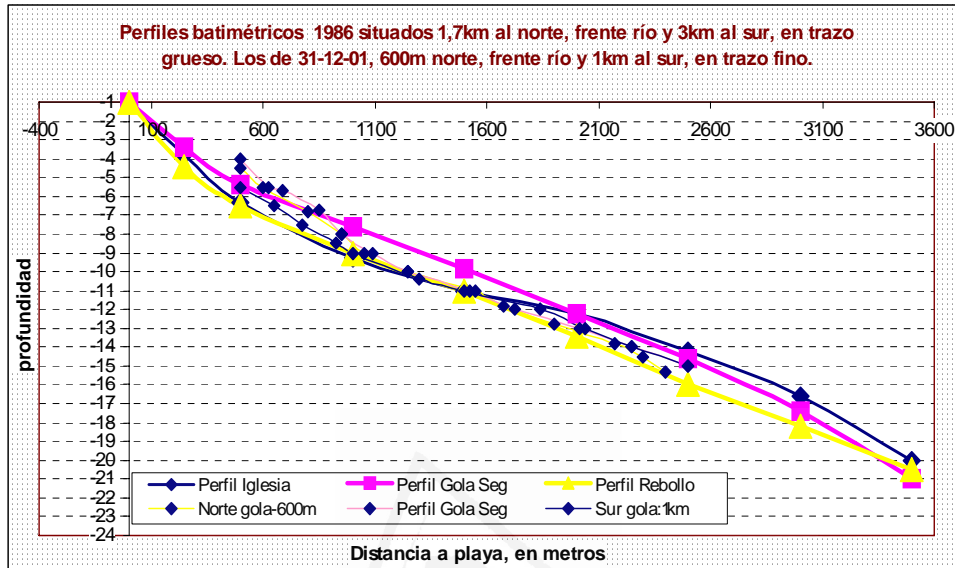
Perfil batimétrico paralelo al mar, frente a la desembocadura, año 2001.



El trazado de un perfil paralelo al mar en diciembre del año 2001, utilizando la misma embarcación y técnica que para realizar los perfiles perpendiculares a la costa, desde un kilómetro de la orilla, y en sentido norte sur, permite demostrar la existencia de una pequeña acumulación deltáica residual, situada al norte del río Segura y menor de un metro de potencia en la línea perpendicular al eje del río y de unos 400 m de ancho. Pero también muestra la tendencia clara a una mayor pendiente en sentido sur, para la plataforma litoral cercana a la costa.

Tanto para los datos obtenidos en los perfiles perpendiculares del año 2.001 como para este perfil longitudinal paralelo a la costa, debe tenerse en cuenta el largo periodo transcurrido desde la última riada en el año 1989, porque esto explica la reducción del pequeño delta de 1986, teniendo en cuenta el hecho de que en ese año hubo dos riadas y una en 1982, con lo que debería existir una reciente acumulación de sedimentos que posteriormente las corrientes litorales

transportaron progresivamente, y parte de ellos es probable que los sucesivos temporales los hayan transportado a mayores profundidades de donde no



retornan a la orilla.

El retroceso actual y deterioro de las playas, a norte y sur de la desembocadura, más acentuado en las proximidades de la desembocadura, y progresivamente más estable cuanto más alejado, es quizá la mayor evidencia de esta falta de aportes del río a las corrientes litorales que son más fuertes a partir del río y hacia norte y sur, y que luego que arrebatan las arenas de la playa en los grandes temporales y las transportan mar adentro, pero no existen nuevos aportes en la desembocadura que restituyan las arenas que desaparecen. A falta de nuevos aportes del río los sedimentos cercanos a la desembocadura serán sobre los que más intensamente actúe la erosión y posterior transporte litoral.

Nuevos aportes del río que transporten sedimentos arrancados con las lluvias torrenciales, probablemente restituirán en las próximas avenidas un nuevo delta, y ello llevaría al comienzo de la inversión de este proceso acentuado de regresión en las playas cercanas al río, y que en la actualidad solo posee como fuente de sedimentos arenosos, de manera casi exclusiva, los fragmentos de conchas de moluscos.

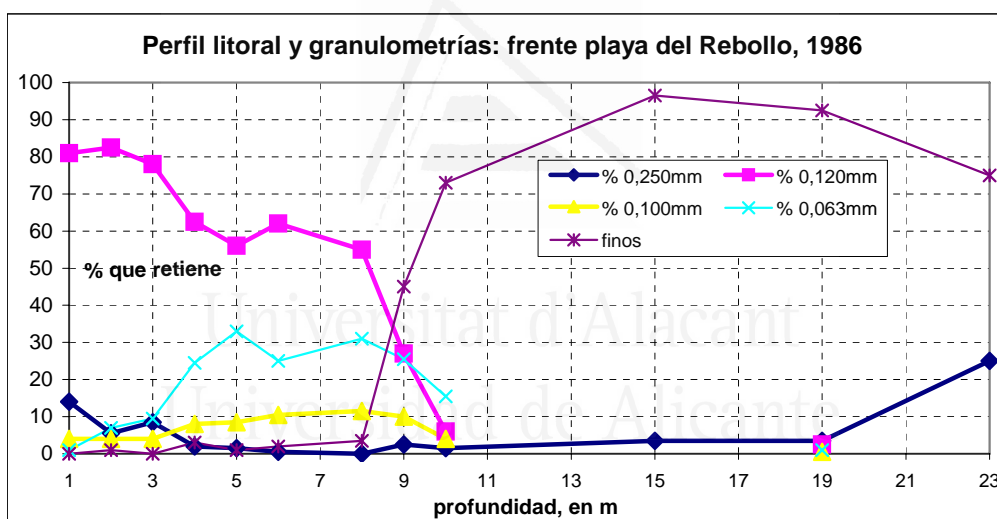
3.3.4.2. Evolución granulométrica con la profundidad.

En las muestras correspondientes al perfil del Rebollo, a partir de los 8

Profundidad, en m	%, 0,250mm	%, 0,120mm	%, 0,100mm	%, 0,063mm	finos
1	14	81	4	1	0
2	5,5	82,5	4	7	1
3	8,5	78	4	9,5	0
4	2	62,5	8	24,5	3
5	1,5	56	8,5	33	1
6	0,5	62	10,5	25	2
8	0	55	11,5	31	3,5
9	2,5	27	10	25,5	45
10	1,5	6	4	15,5	73
15	3,5				96,5
19	3,5	2,5	0,5	1	92,5
23	25				75

metros de profundidad se produce una brusca caída en los porcentajes de arenas, de manera que a los -10 metros la práctica totalidad de los sedimentos corresponden a finos transportados en suspensión, que atraviesan el tamiz de 0,063 mm (73 %), y

GRANULOMETRÍAS PERFIL DEL REBOLLO, 1986.



en menor medida menores de 0,1 y mayores de 0,063 mm (15,5 %).

Estos datos indican una influencia de la proximidad de la desembocadura del Segura, pero sobre todo el hecho de que al norte de la gola del río en efecto de las corrientes litorales perpendiculares a la costa inducidas por el oleaje es menor, en tanto que su efecto deja de ser eficaz a partir de los 9 metros de profundidad, de manera que a los 10 metros desaparecen la práctica totalidad de los sedimentos arenosos que se transportan por reptación o saltación sobre el fondo.

Probablemente los grandes temporales sean los responsables de este transporte residual, a partir de -8 m, por el que aparecen todavía pequeños porcentajes de arenas, y el fuerte oleaje producido por los levantes decrece hacia el norte por el mayor abrigo del cabo y bajos rocosos, incluida la isla de Tabarca. Las muestras más profundas, solo poseen sedimentos gruesos del origen orgánico, sobre todo de algunos fragmentos de conchas depositados in situ, o al menos sin apariencia de estar rodados.

Las muestras de sedimentos, tomados siguiendo el perfil realizado frente a

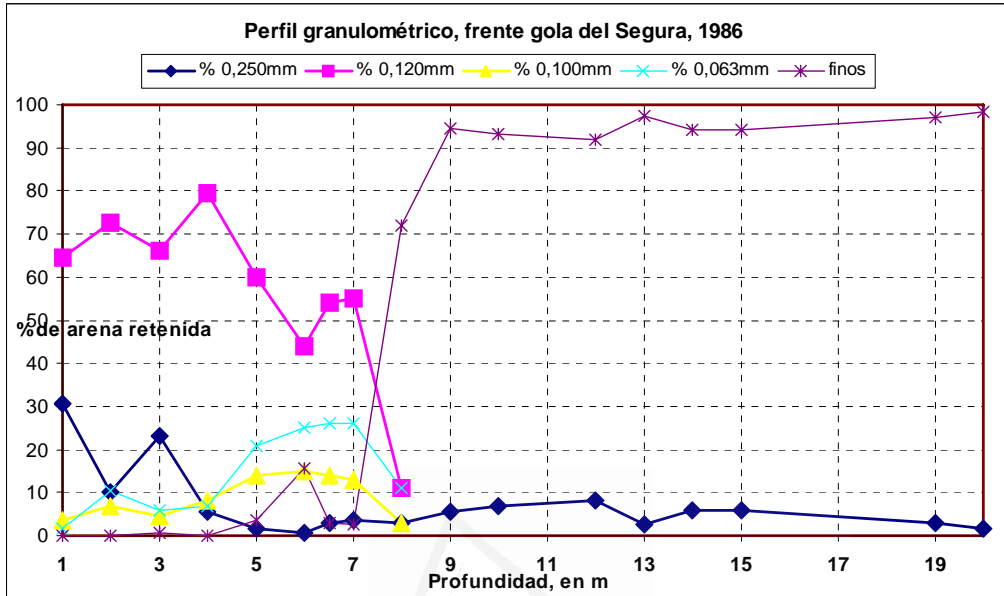
m profundidad	% 0,250mm	% 0,120mm	% 0,100mm	% 0,063mm	finos
1	30,5	64,5	3,5	1,5	0
2	10	72,5	7	10,5	0
3	23	66	4,5	6	0,5
4	5,5	79,5	8	7	0
5	1,5	60	14	21	3,5
6	0,5	44	15	25	15,5
6,5	3	54	14	26	3
7	3,5	55	13	26	2,5
8	3	11	3	11	72
9	5,5	0	0	0	94,5
10	7	0	0	0	93
12	8	0	0	0	92
13	2,5	0	0	0	97,5
14	6	0	0	0	94
15	6	0	0	0	94
19	3	0	0	0	97
20	1,5	0	0	0	98,5

la desembocadura del río Segura, responden a un patrón similar a las tomadas frente a la playa del Rebollo, en relación con el hecho de que las arenas desaparecen a escasa profundidad. En este caso incluso antes, puesto que a los ocho metros el 72 % de la muestra corresponde a finos, mientras que allí hasta los nueve a diez metros de profundidad no desaparecen

las arenas. También aquí los datos correspondientes a sedimentos retenidos por el tamiz de 0,250 mm son debidos a fragmentos orgánicos, conchas de bivalvos sobre todo.

La existencia de una mayor acumulación de sedimentos frente a la desembocadura del río Segura, se explica como resultado de los aportes del río, como ya se ha dicho más atrás. No obstante los sedimentos más gruesos se depositan en la desembocadura, cerca de la orilla, y no alcanzan mucha profundidad. Además de que el río Segura solo tiene capacidad para traer sedimentos más pesados en las grandes avenidas, por otra parte poco frecuentes. Aparecería así una alternancia de sedimentos, de grosor diferente, característica de las zonas deltáicas, aunque de poca potencia y muy volátil,

puesto que los temporales tienen una capacidad de inducir un trasporte



longitudinal, y también perpendicular a la playa, capaz de conducir los materiales sin permitir acumulaciones de importancia, al menos en las últimas décadas.

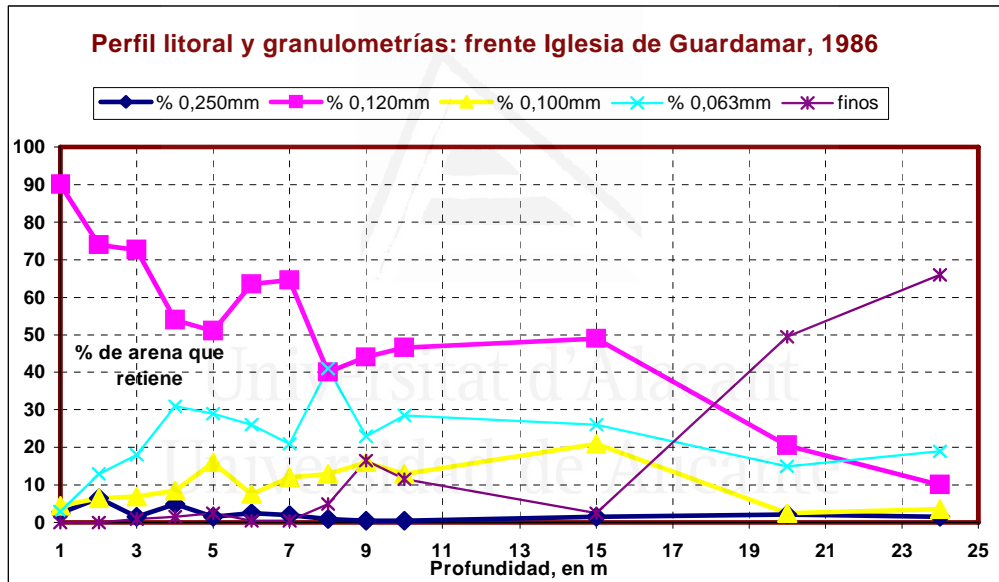
Es probable que si las muestras se toman después de una gran avenida los porcentajes de sedimentos de diferentes granulometrías se modifiquen incrementando los de mayor diámetro, y que posteriormente pueden quedar enterrados por aportes sucesivos de finos transportados en suspensión durante las pequeñas venidas de agua, modificando así las series obtenidas en las batimetrías, pero también en las muestras de la playa.

El análisis de las muestras de sedimentos, tomados 2,5 Km más al sur, siguiendo el perfil perpendicular a la orilla que corresponde a la línea torre de la Iglesia-punta sur del castillo, y hasta los 3.500 metros de distancia de la costa, permiten ampliar los datos de la dinámica marina de la bahía del Segura, y establecer su dinámica de transporte perpendicular con más precisión.

m profundidad	% 0,250mm	% 0,120mm	% 0,100mm	% 0,063mm	finos
1	2,5	90	4,5	3	0
2	6,5	74	6,5	13	0
3	1,5	72,5	7	18	1
4	5	54	8,5	31	1,5
5	1,5	51	16	29	2,5
6	2,5	63,5	7,5	26	0,5
7	2	64,5	12	21	0,5
8	1	40	13	41	5
9	0,5	44	16	23	16,5
10	0,5	46,5	13	28,5	11,5
15	1,5	49	21	26	2,5
20	2,2	20,5	2,5	15	49,5
24	1,5	10	3,5	19	66

Granulometrías perfil frente iglesia de Guardamar, 1986

Este tramo de costa, al sur de la desembocadura, está menos abrigado de los temporales por el cabo de Santapola y la isla de Tabarca. Además es muy escasa la protección de las grandes olas que suponen los bajos rocosos, poco profundos, que enlazan la isla con el extremo



sur del cabo, como ocurre más al norte, donde las reflexiones y refracciones que sufren las grandes olas al encontrarse con esta barrera, crea una zona de abrigo, del efecto de las grandes olas, cuyo efecto se pierde al sur del Segura.

El efecto de arrastre hasta aguas más profundas es aquí mucho mayor y por tanto encontramos una granulometría más variable hasta cotas bastante más profundas. De hecho a los -15 metros todavía encontramos en porcentajes altos las arenas, de manera que las de diámetros desde 0,120 a 0.063 mm (que retienen los tamices) suponen el 97,5 % de la muestra. Todavía a los -20 metros de profundidad los finos representan tan solo la mitad del peso total, y las arenas

de 0,120 mm siguen presentes en un 20 %, situación esta que en la zona del Rebollo se producía entre los 9 y los 10 metros.

En este perfil, el efecto de las grandes olas sigue afectando al transporte de fondo hasta más allá de los veinte metros, pero ya de forma muy residual. Aunque las muestras tomadas saltan desde los -15 hasta -20 metros, parece que es a partir de los 15 metros cuando podemos situar la profundidad a la que el efecto de las olas comienza a tener escasa importancia en el transporte perpendicular y posiblemente longitudinal, a lo largo de la costa y hasta Cabo Cervera, que será mucho más intenso más hacia el sur del Segura, y si nos atenemos a los planos con isobatas posiblemente mayor a partir de esta zona.

Además si comparamos estos datos con los de sondeos próximos al mar encontramos con que la existencia de arenas, desde cotas inferiores a la de -40, (como puede verse en el sondeo del puente de la N-332) y el mantenimiento de una alternancia de sedimentos limos-arenas, indica que el ambiente sedimentario no ha variado demasiado, y que por tanto que ha existido una elevada tasa de sedimentación en un paleoambiente similar, necesaria para contrarrestar la subida del nivel del mar, como se expone en el capítulo primero (Soria et 1999). Probablemente la existencia de una importante tasa de subsidencia, similar a la de acreción por el depósito de sedimentos sería la responsable del mantenimiento en altura y tiempo del ambiente sedimentario, pero que la escasa profundidad de estos sondeos no permite calcular su magnitud.

3.3.5. Transporte de sedimentos paralelo a la costa.

En el capítulo segundo se han dibujado las playas de la bahía del Segura, desde el punto de vista del grado de estabilidad, y como se muestra en general los tramos regresivos actuales se han incrementado, en relación con los encontrados en 1997, y mucho más con las líneas obtenidas por el Laboratorio de Puertos y Costas en trabajos anteriores, a partir de restituciones fotogramétricas (MOP, 1947, 1957, 1965, 1972 y 1977). En el tramo correspondiente a Guardamar, resulta muy acusado el retroceso si lo comparamos con los datos obtenidos a partir de la restitución de la línea litoral a partir de mapas del año 1930.

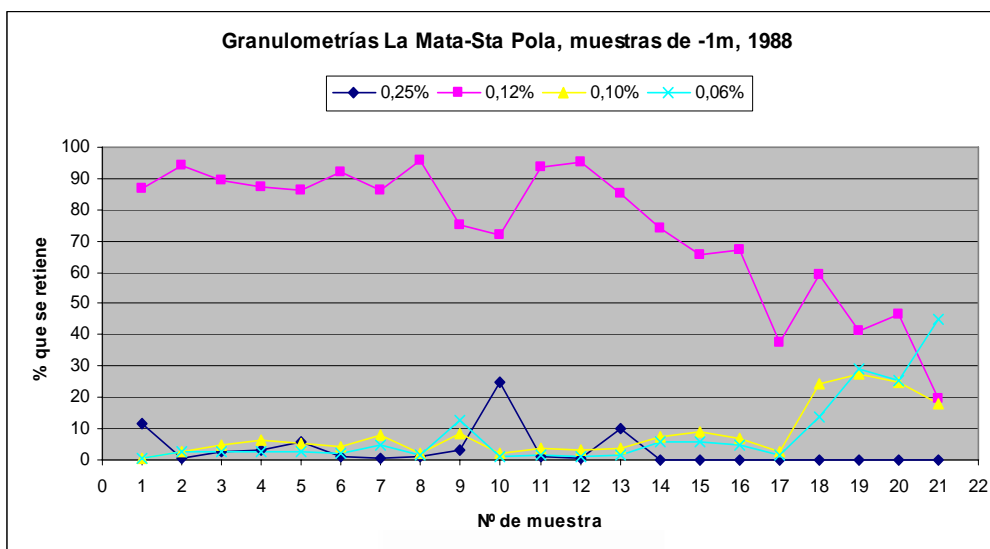
Además del estudio de las características mineralógicas de los granos de arena, que son muy útiles para situar las fuentes de sedimentos, los diámetros de grano así como el grado de heterogeneidad de las muestras, tienen un papel fundamental para el conocimiento de los lugares y procedencias de los aportes de materiales, y también para averiguar el modelo de transporte litoral, su sentido y dirección predominante. Si además consideramos la facilidad con que se puede realizar el muestreo y determinación de los porcentajes de cada tamaño, este procedimiento resulta de gran utilidad para estos fines, aunque en algunos casos concretos deba completarse con las determinaciones de la mineralogía.

Teniendo en cuenta que la mayor intensidad del transporte se produce en la zona litoral más próxima a la playa, las muestras se tomaron en sucesivas campañas desde embarcación y a -1m de profundidad, aunque aquí solo se reproducen los datos de dos de ellas. Una en la que solo se analizó la evolución de los porcentajes de tamaños, y otra en la que el laboratorio de puertos y costas del CEDEX (1988) utilizó los datos de las muestras para aplicar su modelo matemático y estudiar con él los sentidos del transporte general y mayoritario, que por otra parte coincide con el que aparece en el Plan de Usos Litorales del MOP de 1976.

Muestreos y analíticas a la -1 m.

El sentido del muestreo es de sur a norte, comenzando en el acequión que conduce las aguas del mar hasta la laguna de La Mata, por el lado de Guardamar. El punto diez coincide con la desembocadura del Segura, el catorce por la zona del Pinet. Hasta el diecinueve continuaría en playa Lisa, mientras el veinte y veintiuno al este del puerto de Santapola, en la zona de playa llamada Santapola del Este.

Desde la uno a la trece no se recogen fragmentos de conchas, mientras a partir de la muestra catorce incluida, los fragmentos retenidos por la criba de 0,250 alcanzan valores muy elevados, que llegan hasta el 60 % del total. Esta presencia tan significativa de restos de caparzones es muy evidente, de manera que puede observarse con una simple inspección ocular de las arenas. Frente a la restinga del Vinalopó comienzan a cambiar los minerales, que proporcionan un



color oscuro a las arenas, cuya procedencia parece relacionada con los materiales ofíticos de Tabarca, y probablemente con aportes del Vinalopó,

Nº muestra	lugar	%, 0,25	%, 0,12	%, 0,10	%, 0,06
1	acequión	11,5	87	0,6	0,65
2		0,5	94,4	2,8	2,4
3		2,7	89,5	5	2,9
4		3,3	87,5	6,2	2,65
5		5,9	86,2	5,1	2,4
6		1,3	92	4	2,3
7		0,7	86	7,75	4,9
8		1,1	95,6	2,35	1,4
9		3,1	75	8,5	12,8
10	gola	25	72	2,1	0,9
G11		1,1	93,5	3,75	1,7
12		0,41	95,5	3,2	1
13		10	85	3,5	1,5
14	Pinet	c-12,5	74	7,5	6
15		c-19,5	65,5	9	6
16		c-21	67	7	5
17		c-59,5	37,5	2,5	1,5
18		c-2	59,5	24,5	14
19	Playa Lisa	c-2	41,5	27,5	29
20	Este puerto	c-3	46,5	25	25,5
21	Este puerto	c-17,5	19,5	18	45

mientras los materiales resistentes menos maduros y alterados se localizan al sur del río Segura (Sanjaume, 1985).

Si representamos en una gráfica la evolución de las granulometrías a lo largo de la bahía se observan algunos aspectos que merecen destacarse:

-La muestra 1, tomada al sur de La Mata, y a más de diez kilómetros de la desembocadura tiene un ligero incremento de porcentaje de los diámetros mayores de 0,25 mm, lo que supone un aporte

adicional al procedente del río, probablemente derivado de la erosión de las dunas fósiles y de los fragmentos de caparzones.

-La presencia de materiales de mayor diámetro y más heterogeneidad en la desembocadura, muestra 10.

-La serie norte del río, desde la diez a la 21 presenta solo contaminación puntual de los aportes del río en la 13, con diámetros mayores, probablemente por la erosión de las rocas costeras.

-Una gran capacidad de transporte hacia el sur, de manera que los porcentajes de los distintos diámetros, se mantienen casi constantes y uniformes hasta La Mata. Es probable que la disminución teórica del porcentaje de granos de 0,125 mm, que debe producirse en favor de otros menores, se supla con aportes procedentes de fragmentos de conchas.

-Hacia el norte del río, se produce una disminución de los porcentajes de arenas retenidas en la criba de 0,125 m, sin aumentar la de 0,250, pero sí las arenas más finas, lo que parece coincidente con una menor capacidad de transporte a partir del Pinet.

-La conservación de los porcentajes de los diámetros hacia el sur debe tener relación tanto con la capacidad de transporte paralelo al mar a esta profundidad de -1m, como de transporte y retención de los sedimentos por las corrientes perpendiculares a la costa, que hacia el sur de la desembocadura parecen tener una capacidad similar a lo largo de la bahía, que mantiene las arenas de 0,125 mm con porcentajes medios del 90 %.

-Hacia el norte de la bahía, a partir del río, ya en la tercera porción analizada comienzan a modificarse los porcentajes relativos de los diámetros menores de 0,25 mm, mientras estos se mantienen en cifras insignificantes. El hecho de que disminuya progresivamente el diámetro medio a favor del aumento de porcentajes de arenas muy finas indica una progresiva disminución del transporte litoral longitudinal, pero también del perpendicular a la costa.

-Esta situación está relacionada con la situación del viento y la dirección de las olas y su inclinación, en los días que se cogen los sedimentos y los anteriores, puesto que son ellos los responsables de generar estas corrientes cercanas a la playa.

Muestreo de la bahía en 1989, a la isobata -1 m.

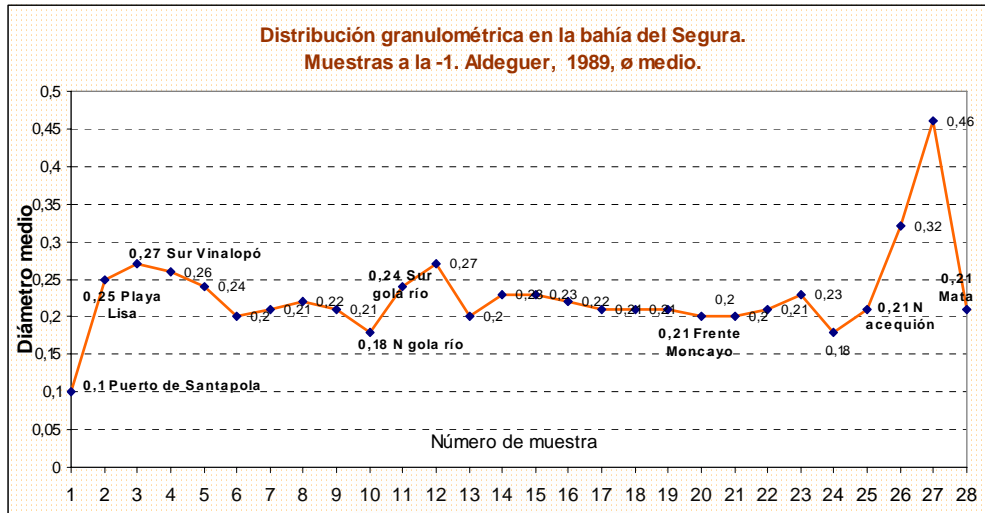
Distribución granulométrica en la bahía del Segura. Muestras a -1 m. Aldeguer, 1989		
Sentido N a S	Nº Muestra	Ø Medio
O puerto de Sta Pola	1	0,10
P Lisa	2	0,25
Sur Vinalopó	3	0,27
	4	0,26
	5	0,24
	6	0,20
	7	0,21
	8	0,22
	9	0,21
N gola río	10	0,18
S gola río	11	0,24
	12	0,27
	13	0,20
	14	0,23
	15	0,23
	16	0,22
	17	0,21
	18	0,21
Frente Moncayo	19	0,21
	20	0,20
	21	0,20
	22	0,21
	23	0,23
	24	0,18
Norte acequión	25	0,21
Sur acequión	26	0,32
Mata 1	27	0,46
Mata 2	28	0,21

Otro de los trabajos de muestreo realizado para estudiar la dinámica litoral de la bahía se realizó en el año 1989, a lo largo de varios días y también tomando sedimentos a -1 m de profundidad. Se partió del este del puerto de Santapola con la 1, para continuar desde lugares con acceso más fácil al mar para facilitar las tomas, y considerando que el entorno del puerto altera localmente la dinámica, como puede observarse con el diámetro medio tan reducido al este del mismo, donde el abrigo del oleaje es máximo. La 2 en Playa Lisa ya presenta un tamaño medio similar al 3, probablemente por el aporte de fragmentos de conchas pero también de minerales oscuros resistentes procedentes de las ofitas de Tabarca.

En este trabajo los resultados difieren de los obtenidos en 1988, en relación con los datos hacia norte del río. Pueden resumirse en algunos puntos concretos:

-A diferencia de los datos de 1988, obtenidos también la misma profundidad, no aparece una disminución del diámetro medio hacia norte, a partir de La Marina, sino que por el contrario en la zona del Vinalopó se produce un incremento, debido fundamentalmente a los restos organógenos.

-El incremento de diámetros a la misma profundidad que las tomas de 1988



indica una mayor capacidad de transporte litoral que en las fechas anteriores, posiblemente por el estado de la mar de los días anteriores a los muestreos.

-Este pico producido en la zona de la restinga del Vinalopó indica la existencia de una importante fuente de sedimentos para el norte de la bahía, posiblemente por erosión o remoción de materiales antiguos aportados por este río, pero en apariencia son los fragmentos de caparazones los responsables de este aporte.

-Estas discrepancias hacia norte del río parecen evidenciar la necesidad de contrastar los datos obtenidos en situaciones diferentes, de cuyo resultado pueda deducirse el sentido preferente del transporte litoral, que en todo caso aquí está menos definido.

Muestras en la playa seca desde Cabo Cervera hasta Santapola, en julio de 1999.

Pueden obtenerse algunas conclusiones previas si se compara con las muestras de arena tomadas a un metro de profundidad:

-Coinciden en ambos casos un tamaño mayor de los materiales en la desembocadura del río, a la vez que una mayor heterogeneidad en los diámetros de los granos.

-Es coincidente también la disminución ligera de tamaño con la conclusión de un transporte importante hacia el sur, y a partir del río.

-La existencia de una importante fuente de sedimentos en la zona de La Mata también aparece reflejada en este trabajo, y cuya procedencia parece estar ligada tanto a la erosión de las calcarenitas litorales como a restos orgánicos.

-En líneas generales la conclusión de dos direcciones preferentes de transporte litoral hacia norte y sur del río Segura parece deducirse en ambos trabajos, así como la existencia de aportes complementarios en los extremos de la bahía.

Análisis de la distribución del diámetro medio de las arenas de la playa seca en la bahía del río Segura, desde Cabo Cervera hasta Santapola, en julio de 1999.

Aunque la práctica habitual del muestreo para determinar el sentido preferente del transporte litoral es tomar los sedimentos del lugar donde la corriente de transporte es más intensa (en este caso entre -1 y -2 m de profundidad) en esta ocasión se trata de contrastar los datos anteriores con los obtenidos a partir de la playa, que son mucho más fáciles de obtener. En la bahía la dirección de transporte más continuada pero menos intensa es la relacionada con los lebeches, y por ello se sitúa muy cercana a la orilla, puesto que con los vientos reinantes de esta costa son más frecuentes desde el sur-este, aunque tienen menor energía potencial. Las zonas más cercanas a la orilla están sujetas a una amplia gama de corrientes, que deben su origen al viento y las olas. El cambio constante de estas fuerzas provoca que las corrientes varíen de dirección y velocidad, tanto en el espacio como en el tiempo (Sanjaume, E. 1985).

Muestras de arena en playa seca, desde Cabo Cervera hasta Playa Lisa, en la bahía del Segura. Julio de 1999.			
Nº Muestra	Ø medio	Nº Muestra	Ø medio
1	0,201	28	0,183
2	0,166	29	0,219
3	0,125	30	0,132
4	0,134	31	0,126
5	0,126	32	0,125
6	0,134	33	0,126
7	0,124	34	0,130
8	0,131	35	0,127
9	0,137	36	0,130
10	0,128	37	0,126
11	0,135	38	0,144
12	0,127	39	0,135
13	0,131	40	0,136
14	0,125	41	0,198
15	0,127	42	0,184
16	0,125	43	0,132
17	0,154	44	0,165
18	0,125	45	0,141
19	0,137	46	0,191
20	0,136	47	0,185
21	0,168	48	0,172
22	0,137	49	0,158
23	0,171	50	0,181
24	0,143	51	0,190
25	0,141	52	0,191
26	0,126	53	0,210
27	0,167	54	0,168

Muestras separadas unos 300m entre cada una.

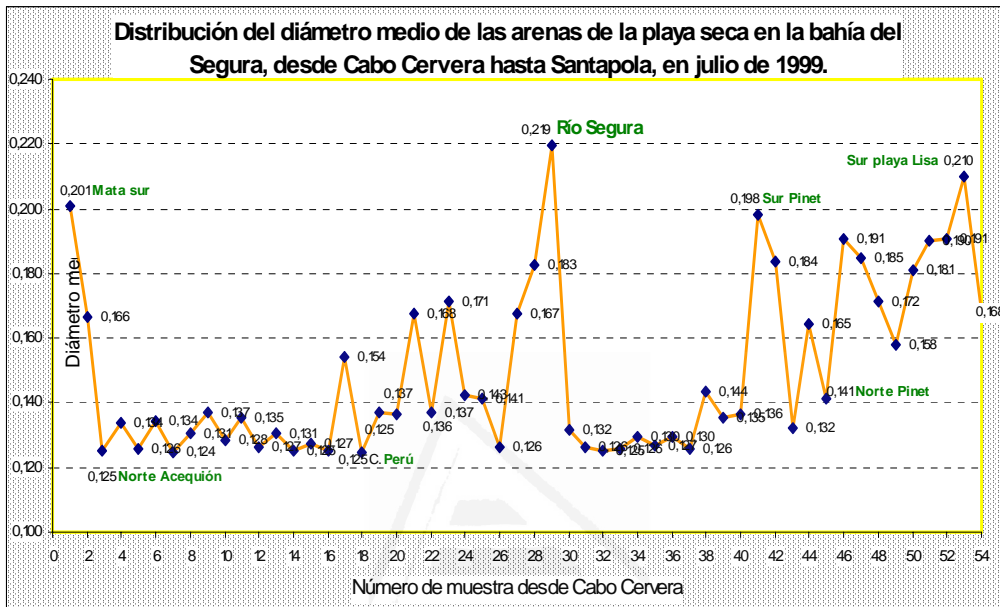
Aunque menos frecuentes, los levantes, son los vientos dominantes y soplan procedentes del NE a E, provocando fuertes temporales y general un intenso transporte hacia el sur, aunque la dirección de transporte se sitúa a mayor profundidad que en los lebeches. Estas observaciones coinciden con las expresadas por Sanjaume (1985), en el sentido de que la energía potencial de las olas depende de la velocidad del viento, tiempo durante el cual el viento sopla en la misma dirección y la distancia sobre la que ha actuado (Sanjaume, 1985).

En relación con los datos obtenidos se pueden extraer conclusiones que en general son coincidentes con las de las muestras de la isobata -1 m. Es probable que estos resultados integren mejor lo que ocurre a largo plazo, puesto que las arenas de la playa son la suma de sucesivos episodios de transporte longitudinal al que ha seguido otro perpendicular, hacia el continente, ocasionado por el viento. Las cuestiones más destacables podrían resumirse:

-La fuente de sedimento más importante con gran diferencia sigue siendo el Segura, con los mayores tamaños medios, aunque también frente a La Marina, hacia el norte, comienzan a producirse modificaciones en las tendencias, como consecuencia del aporte complementario de otras fuentes ya citadas más atrás.

-También en la playa aparece el resultado de los aportes procedentes del litoral rocoso de La Mata, donde se incrementa el diámetro medio de los granos.

-Aunque la corriente sur desde el río aparece claramente, como se observa



con la disminución progresiva de los diámetros, en este caso se produce en dientes de sierra, probablemente porque la existencia de edificaciones sobre la playa modifique aquí la intensidad relativa entre los diferentes puntos de muestra.

-La caída muy brusca del diámetro hacia el norte en la playa, que se mantiene hasta el frente de La Marina indica un transporte sostenido pero menos intenso que hacia sur.

-Las fuertes variaciones e incrementos del tamaño hacia el norte, vuelve a ser coincidente, e indicativo del gran aporte puntual de sedimentos y de la existencia de fuentes locales como erosión de bajos rocosos o fragmentos de conchas, responsables de un grano mayor y que probablemente apenas se desplace en sentido norte o sur.

-Es posible que la intensidad del transporte en la zona más al norte del Pinet siga siendo en la actualidad predominantemente en sentido septentrional,

pero la falta de avenidas habrá restado valor a la magnitud del mismo que pueda estar equilibrada con los aportes desde el cabo.

-El progresivo aumento de minerales oscuros a partir de la desembocadura del río Vinalopó indica una corriente litoral en sentido este - oeste que se contrapone a la procedente del sur, aunque estos no progresan más abajo.

-En la zona donde la bahía cambia la dirección sur- norte hacia el este, los aportes procedentes de restos orgánicos y los del río por el sur, además de los transportados desde el cabo y Tabarca, constituyen una fuente de sedimentos capaz de crear un litoral y playas con pendiente muy reducida.

Evolución de la granulometría de arena con la distancia al río. Muestras tomadas en la base de contraduna litoral, a -20 cm, el día 29.12.01.

Aunque las arenas de la playa suponen la síntesis de procesos de mayor tiempo de duración que las muestras tomadas en las zonas de corrientes litorales, se ensayó otro procedimiento en relación con el origen y forma de tomar las

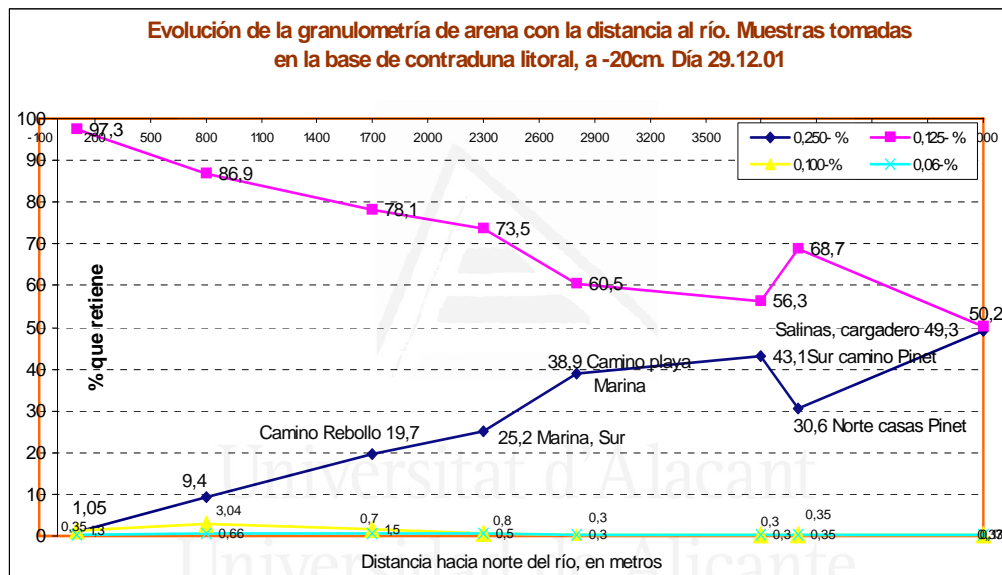
Evolución de la granulometría de arena hacia el norte, con la distancia al río. Muestras tomadas en la base de contraduna litoral, a -20cm. Aldeguer, 29.12.01				
Distancia, en m	0,250-%	0,125-%	0,100-%	0,06-%
100	1,05	97,3	1,3	0,35
800	9,4	86,9	3,04	0,66
1700	19,7	78,1	1,5	0,7
2300	25,2	73,5	0,5	0,8
2800	38,9	60,5	0,3	0,3
3800	43,1	56,3	0,3	0,3
4000	30,6	68,7	0,35	0,35
5000	49,3	50,2	0,33	0,17

Evolución de la granulometría de arena con la distancia al río, hacia el sur. Muestras tomadas en la base de contraduna litoral, a -20cm, el día 29.12.01.(Aldeguer, 20019				
Distancia, en m	0,250-%	0,125-%	0,100-%	0,06-%
750	21,6	76,7	1,2	0,5
1600	22,5	76,7	0,5	0,3
4000	15	83,2	1,3	0,5
4750	7,5	90,9	1,3	0,3
5500	4,8	92,8	1,9	0,5
6200	19,3	79,3	0,9	0,5
6800	6,9	91,3	1,35	0,45
7500	10,55	87,58	1,45	0,42

muestras, con la pretensión de que estas granulometrías integrasen los procesos más antiguos y a su vez correspondientes a intervalos mayores de tiempo. Para ello se practicaban hoyos de 20cm de profundidad en la base de las dunas, junto a la playa, y de su interior se tomaban unos 200 gr. de arena húmeda, que luego en la estufa se secaba y sometía a cribado y pesado con en el resto de los trabajos.

En este caso se tomaron ocho muestras hacia el sur y ocho hacia el norte de la desembocadura del río Segura, a distancias variables relacionadas más con la presencia de dunas y existencia de accesos que con el muestreo sistemático a distancias similares, como en los casos anteriores, puesto que ahora se trataba solo de contrastar resultados y estudiar la mejor sistemática para deducir los sentidos de transporte litoral y encontrar las fuentes de aportes.

El contraste de los resultados muestra una significativa coincidencia, en líneas generales con los resultados obtenidos con otros procedimientos más



complicados de toma de materiales, y especialmente con los resultados obtenidos en el trabajo de 1989, a un metro de profundidad y mediante una embarcación, y el de 1999, tomada de la playa seca. En los tres trabajos se obtienen datos aparentemente contradictorios y coincidencias significativas:

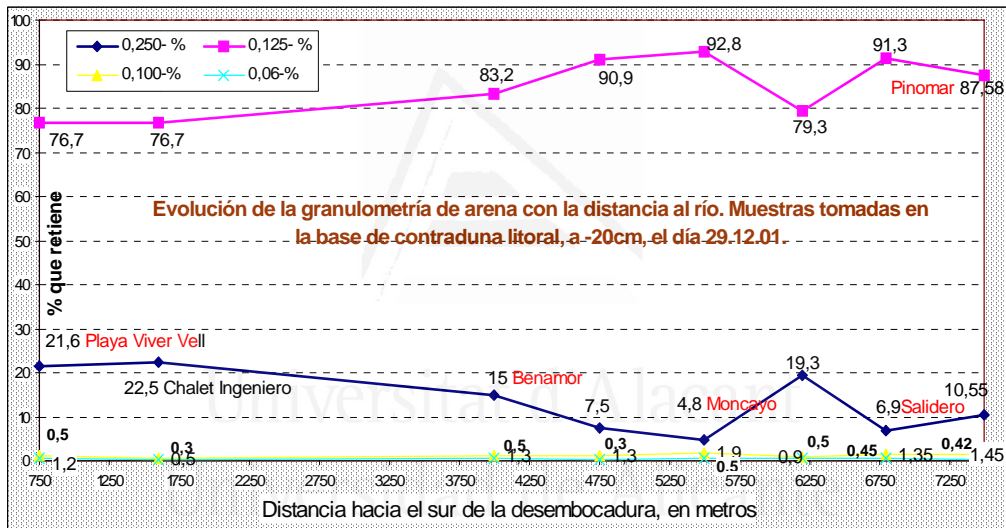
-Hacia el norte, el descenso progresivo de arenas de 0,125 mm e incremento de las de diámetro superior a 0,25 mm, de manera que a cinco kilómetros del río hacia Santa Pola ya los porcentajes de ambos tamaños se igualan, lo que implica un incremento hacia norte del diámetro medio.

-La disminución del porcentaje de arenas finas (en todos los casos las arenas menores de 0,125 mm suponen porcentajes menores del 5 % en total)

implica una corriente de transporte hacia norte, mientras el incremento de las gruesas, mayores de 0,25, acreditan otros aportes complementarios a los del río y de carácter más local, cuyos orígenes se han mencionado más atrás.

El transporte hacia el sur presenta también coincidencias en relación con las conclusiones generales, aunque aportan otros datos complementarios a los resultados de -1 m:

-Una mayor tasa de arenas de tamaño mayor a 0,25 mm de diámetro en las proximidades del río, aunque en este caso el descenso relativo hacia sur se va compensando con un sesgo cada vez mayor entorno del tamaño 0,125 mm, que



llega a sobrepasar el 90 % del total de la muestra.

-A partir del Moncayo, a unos seis kilómetros al sur del río Segura, comienzan a aparecer incrementos porcentuales de los diámetros mayores de 0,25 mm, lo que indica fuentes locales, cuya procedencia debe ser de una parte la erosión de las calcarenitas que comienzan a estar presentes en la playa desde el Moncayo, y una buena parte de origen organógeno, en unas playas donde los fragmentos de conchas se hacen más presentes.

-La escasa importancia de las arenas menores de 0,125 mm de diámetro y los finos indica un transporte muy activo en ambos sentidos, tanto marino,

longitudinal como perpendicular a la costa, pero en este caso este potencial afecta también al eólico.

En relación con la protección del cabo de Santa Pola parece evidente que hasta más allá de los siete kilómetros del río, hacia norte, todavía debe ser muy efectiva, pero la presencia significativa de grano más grueso puede tener también relación más directa con el transporte por los levantes, cuya energía es alta, también en este tramo, aunque el descenso consecutivo del material arenoso de 0,125 mm indica que estos diámetros mayores tienen origen local o procedentes del norte y no del río.

En relación con ambos tramos estudiados en este trabajo de campo de 2001, parece cumplirse el criterio general de que las corrientes longitudinales son las que se mueven a lo largo de la costa, son responsables de la mayor parte del transporte de sedimentos, y se generan como consecuencia de la llegada de las olas a la playa con un cierto ángulo de incidencia, mientras las perpendiculares a la costa son corrientes de retorno del agua que llega a la línea de costa después de la rotura de las olas (Sanjaume, E. 1985). Estas olas son a su vez producidas por los vientos reinantes del sur-este, de menor energía pero muy frecuente y que además de inducir un transporte longitudinal hacia norte, a su vez desplazaría las arenas de menor diámetro desde la playa a las dunas. En cambio los levantes impulsan fuertes corrientes hacia sur, pero menos frecuentes. Estos vientos, hacia el norte de la bahía soplan cada vez más paralelos a la costa, por el giro en la dirección que se produce, pero también aparece la protección del cabo y otra más local, pero no menos importante, que la constituyen las rocas calcareníticas litorales que aparecen hacia el norte del Pinet.

3.4. CONCLUSIONES

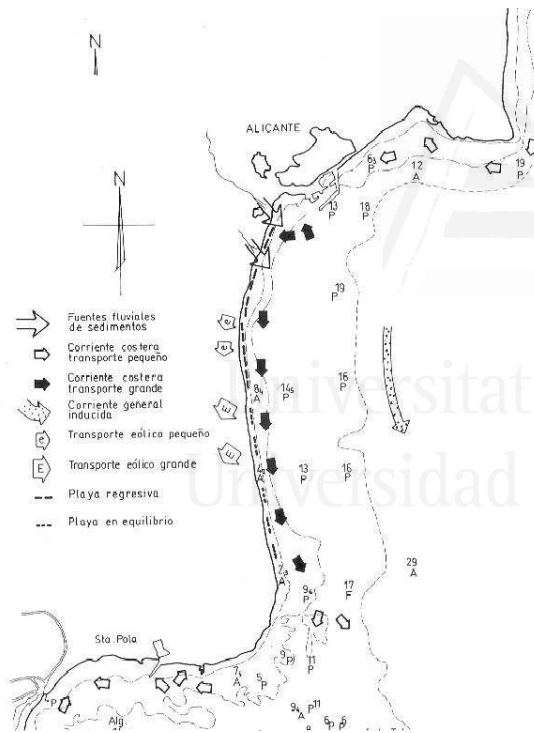
3.4. 1. Dinámica litoral en la bahía del Segura.

En relación con la fuente principal de sedimentos en la bahía del Segura, tanto los datos más antiguos obtenidos a partir de los sondeos en la Vega Baja, los muestreos en el azarbe de La Villa o los superficiales en el transecto perpendicular al eje del río, como los más actuales relacionados con los

sedimentos retenidos en los embalses o los tomados en la riada del año 1989 en el cauce del río, avalan la hipótesis de un río capaz de transportar las arenas que forman las dunas y playas actuales, e indican una aceleración de la dinámica de transporte del río hasta la línea actual de costa, hasta hace pocas décadas en que esta tendencia se ha roto y producido un retroceso de las playas hasta hoy, que no ha cesado todavía.

La enorme importancia que esta franja de tierra ha cobrado en la actualidad obliga a extremar su estudio y proponer formas de protección, teniendo en cuenta que definir el litoral es partir de su condición relevante del binomio tierra- mar, y establecer que el factor dominante de concatenación de ambas zonas es el hecho

de que la puesta en valor de cada una de ellas viene condicionada por la presencia cercana de la otra (Plan Indicativo de Usos del DP Litoral, Tramo de costa Alicante Castellón, 1976).

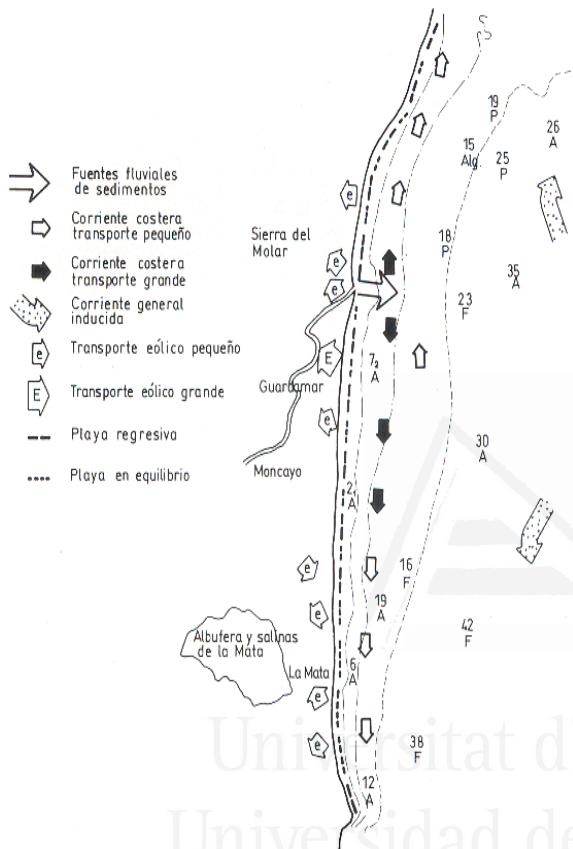


Dinámica litoral y eólica en la bahía de Alicante. Aldeguer, 1989.

En relación con la interpretación de los resultados obtenidos en los trabajos de campo en la bahía y su interés para conocer las dinámicas de transporte litoral, hay una primera conclusión que afecta a la mayor parte de la bahía del Segura, y es la escasa repercusión que tiene, al menos en su mitad norte, la corriente general del Mediterráneo,

que presenta una circulación en sentido contrario al de las agujas del reloj (Sanjaume, 1985), como consecuencia sobre todo del abrigo que proporciona el cabo de Santapola y la isla de Tabarca, entre cuyos dos extremos próximos se extienden bajos rocosos de una profundidad media de unos seis a ocho metros.

No ocurre así en la bahía de Alicante, donde los sedimentos transportados en esta costa del alicantina, en su mayor parte procedentes de los aportes acarreados por el barranco de Las Ovejas (Sanjaume 1985) no sobrepasarían



Transporte litoral y eólico en la bahía del río Segura. Aldeguer, 1989

apenas la punta y los fondos rocosos, y los producidos por erosión de las rocas litorales y a partir de restos organógenos de este tramo litoral son transportados hacia el oeste una vez pasado el cabo, aunque la presencia de espigones y el puerto genera una dinámica local reducida a esta zona, y no parece ir más allá de Playa Lisa.

Desde la playa situada al sur de Playa Lisa, y como era de esperar, la dinámica del transporte de sedimentos y corrientes litorales es muy compleja, y está condicionada fundamentalmente por la

dirección de los vientos y los accidentes costeros, pero también por la topografía del fondo litoral incluidos los bajos rocosos que unen el cabo de Sta. Pola y la isla de Tabarca, los relieves montañosos más cercanos a las costas y los propios aportes de los sedientos de las costas limítrofes.

Según el estudio realizado por Aldeguer (1989) a partir de sucesivos muestreos de arenas en la bahía del Segura, y siguiendo modelos del CEDEX (1987) basados en las granulometrías y su distribución se pueden encontrar dos grandes tendencias a la distribución de los sedimentos que aporta el Segura, y a partir de su desembocadura, hacia sur y otra en sentido contrario hacia el norte, inicialmente más intensas para irse debilitando en las partes más alejadas.

Aportes locales procedentes de la erosión de los fondos rocosos hacia norte y sur, unido a los procedentes de estructuras calcáreas de origen animal completan una serie de interacciones que producen efectos discontinuos y de diferente intensidad en los avances o retrocesos de las playas. Las alteraciones de la dirección e intensidad del viento como consecuencia de las edificaciones costeras producen además efectos muy localizados en la capacidad de transportes y erosión de las corrientes. Los trabajos posteriores realizados y expuestos más atrás solo confirman lo publicado por Aldeguer en 1989 en relación con las corrientes longitudinales de transporte y fuentes de sedimentos, aunque además se añadan los datos relacionados con el transporte eólico, deducidos a partir del trabajo de muestreo en la base de las dunas, y que ya estaba intuido en el dibujo, cuando se explicaba las direcciones dominantes de este transporte, deducidas de la orientación de los cordones dunares (Aldeguer, 1989). Pero a los datos de dirección cabe añadir que la capacidad de transporte eólica como reflejan los porcentajes de arenas gruesas encontrados, no disminuye hacia el norte, al menos mientras la línea de costa tiene dirección sur norte, y en la zona del Pinet, y probablemente hasta la desembocadura del río Vinalopó.

En relación con el modelo de transporte marino perpendicular a la orilla, deducido a partir de los datos obtenidos mediante el estudio de la plataforma litoral y las granulometrías de 1986, puede resumirse diciendo que las granulometrías correspondientes a las arenas se mantienen hasta los 9 a 10 metros de profundidad en el norte del río, a pesar de que la pendiente total de los 3500 m es igual en los tres perfiles del fondo (0,57 %), y que para los primeros mil metros la pendiente a norte (1,7 km) y sur (3 km) del río es similar y del entorno de 0,9 %, sin embargo en la serie de muestras frente la iglesia disminuye el porcentaje de arenas a partir de los 15 metros de profundidad, pero todavía a los 24 están presentes.

En cambio el perfil situado frente a la desembocadura del río, aun teniendo la misma pendiente para el total del tramo que los otros dos esta es mucho menor para los primeros 500 m, y sigue siendo menor para los primeros mil metros lo que resulta concordante con lo expresado más atrás en el sentido de que esta diferencia que se mantiene hasta cerca de los dos kilómetros de la costa indica la

existencia de una acumulación de sedimentos en el entorno de la desembocadura. Este acopio de materiales ha desaparecido en gran parte, y solo se detecta una pequeña acumulación cercana a la desembocadura, en su lado norte, a un kilómetro de distancia de la orilla.

La capacidad de transporte de fondo para arrastrar arenas, solo hasta los nueve a diez metros al norte del río, contrasta con el hecho de que en este punto, a los veinticuatro de profundidad, todavía más del 30 % de las muestras están formadas por arenas, aunque más finas en el perfil sur, frente a la iglesia. También la caída es más brusca en relación con el tramo en que comienzan a desaparecer, al norte de la isobata -9 m a la -10 m, al sur a partir de -15 m y sigue a partir de -24 m. Frente al río las arenas desaparecen a partir de -8 m. Estos datos reflejan una energía del oleaje muy superior en sentido sur, capaz de arrastrar arenas hasta gran profundidad, de donde es muy improbable que vuelvan a la orilla, lo que supone un problema añadido a la falta de aportes para incrementar el retroceso de las playas, y la existencia de un flujo longitudinal intenso que compensa las arenas que se pierden.

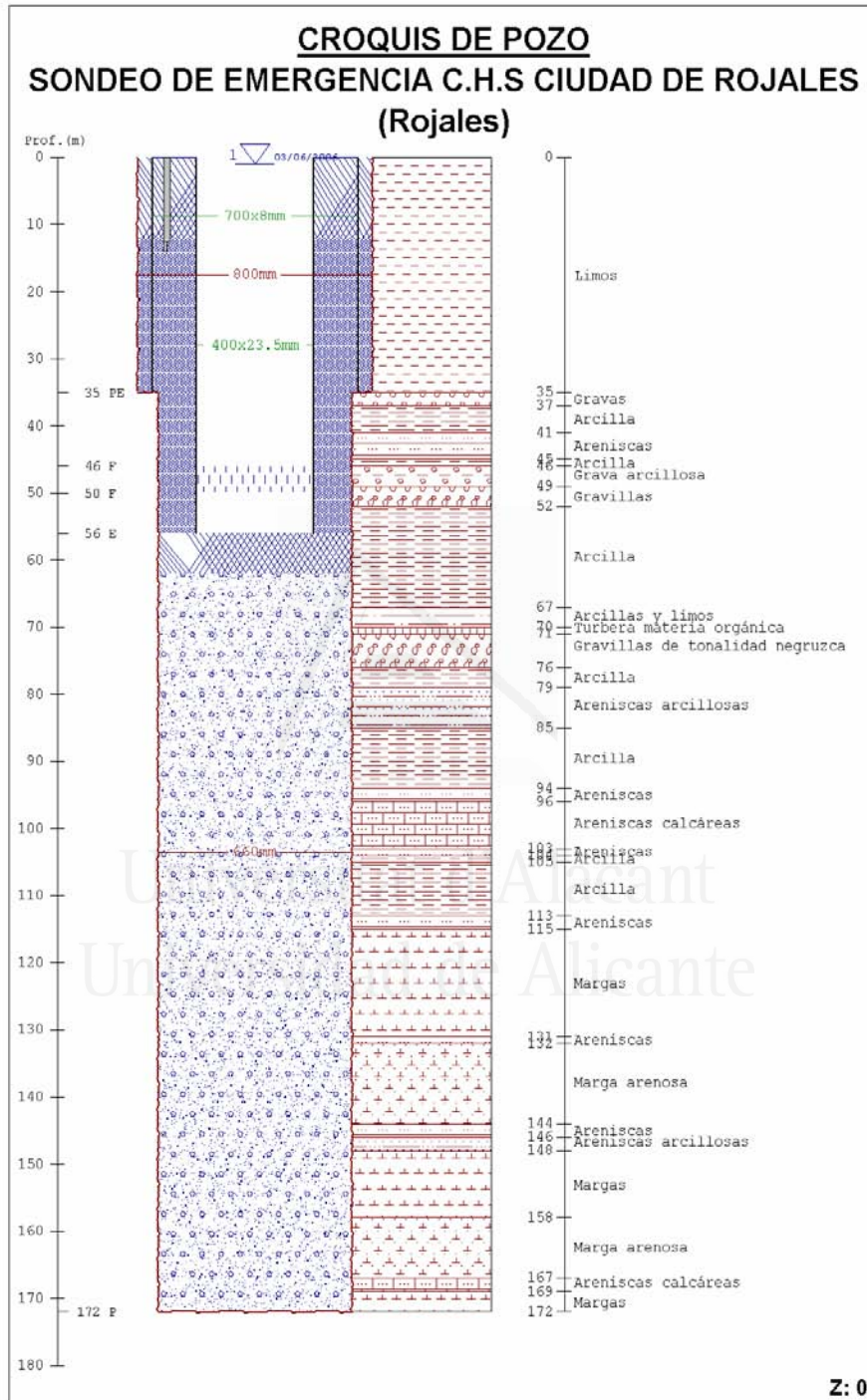
La inexistencia del delta que había en la desembocadura en 1986, y que apenas si se registra en el año 2001, modificando a su vez la pendiente para los primeros uno a dos kilómetros de la costa, probablemente habrá variado la proporción y tipo de los sedimentos de la desembocadura, puesto que en 1982 y 1986 se sucedieron al menos dos riadas con las consiguientes aportaciones y cambios en el fondo más cercano a la gola del río. La formación de este pequeño delta producto del acopio de materiales tras las riadas proporciona arenas que luego se transportan hacia el sur del río, y en menor medida hacia el norte. Su ausencia ocasiona un déficit de aportes a las playas y produce un desequilibrio entre erosión litoral y nuevos sedimentos, provocando la inestabilidad de la costa y el retroceso de las playas.



ANEXO GRÁFICOS

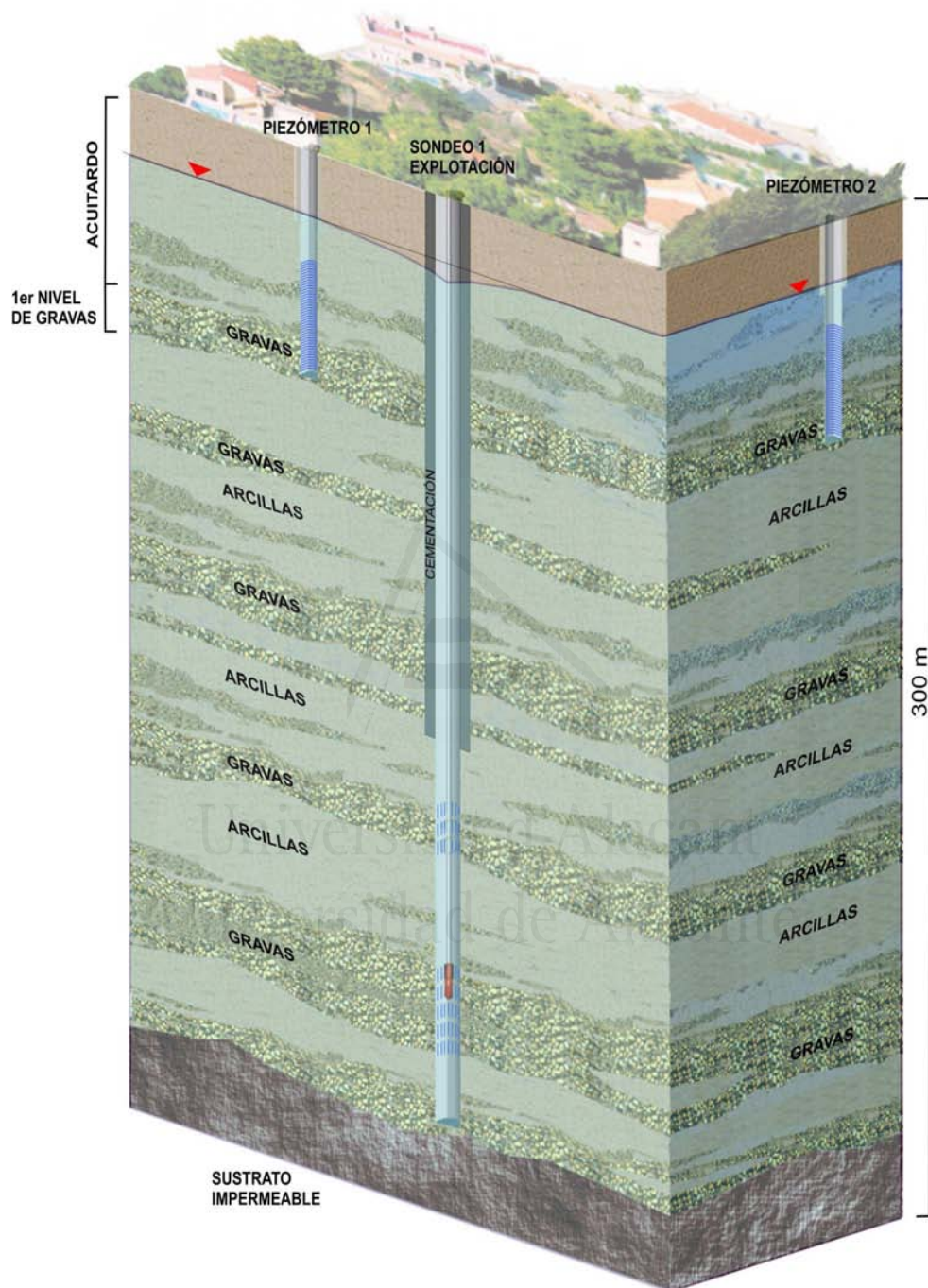
SONDEOS ROJALES I Y II, a 6,5 Y 7,5 km de la costa

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



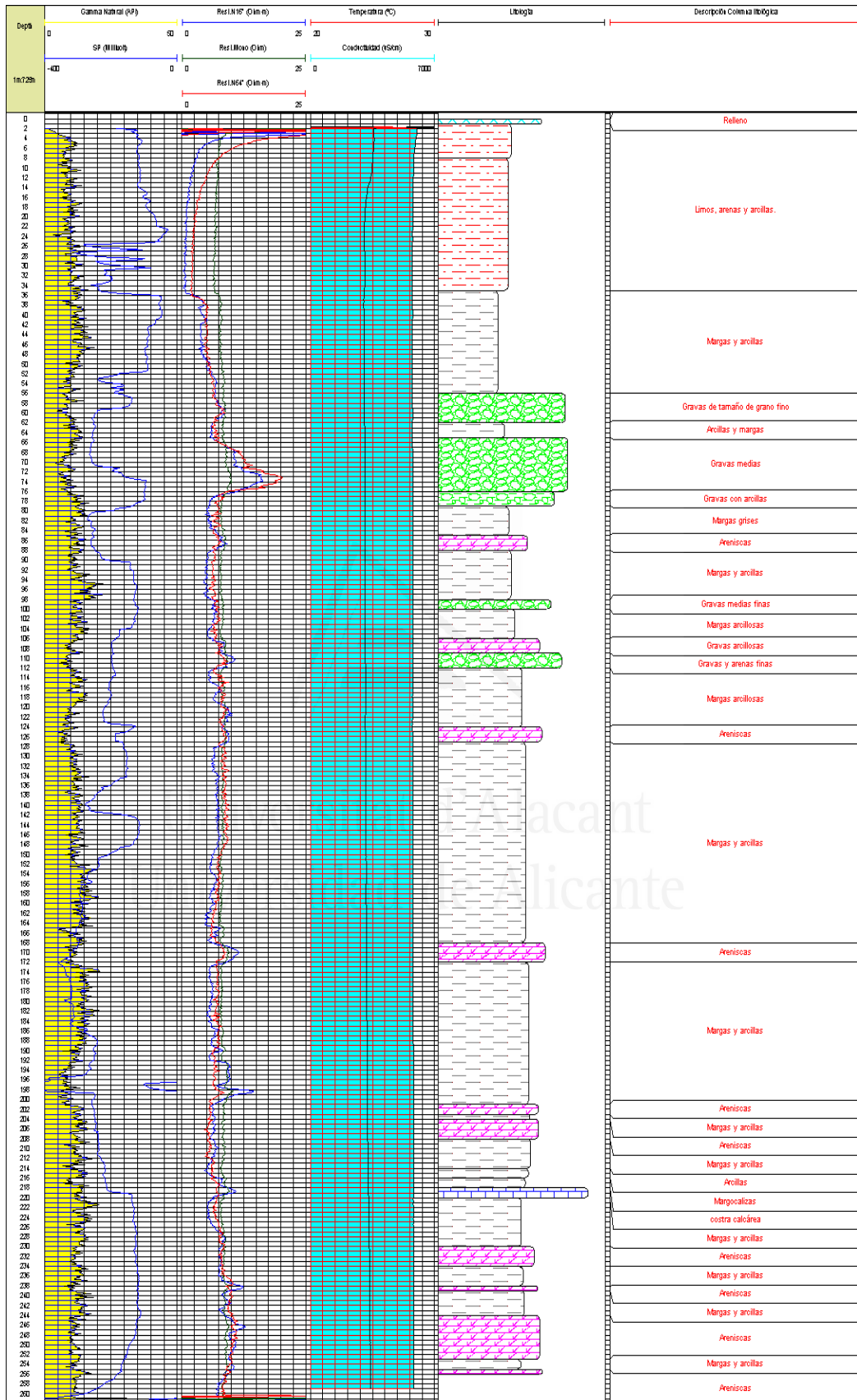
Columna litológica a partir de los datos obtenidos de los sondeos de emergencia de la CHS, para paliar sequía entre 2005-2008. Distancia al mar 7,5 km.

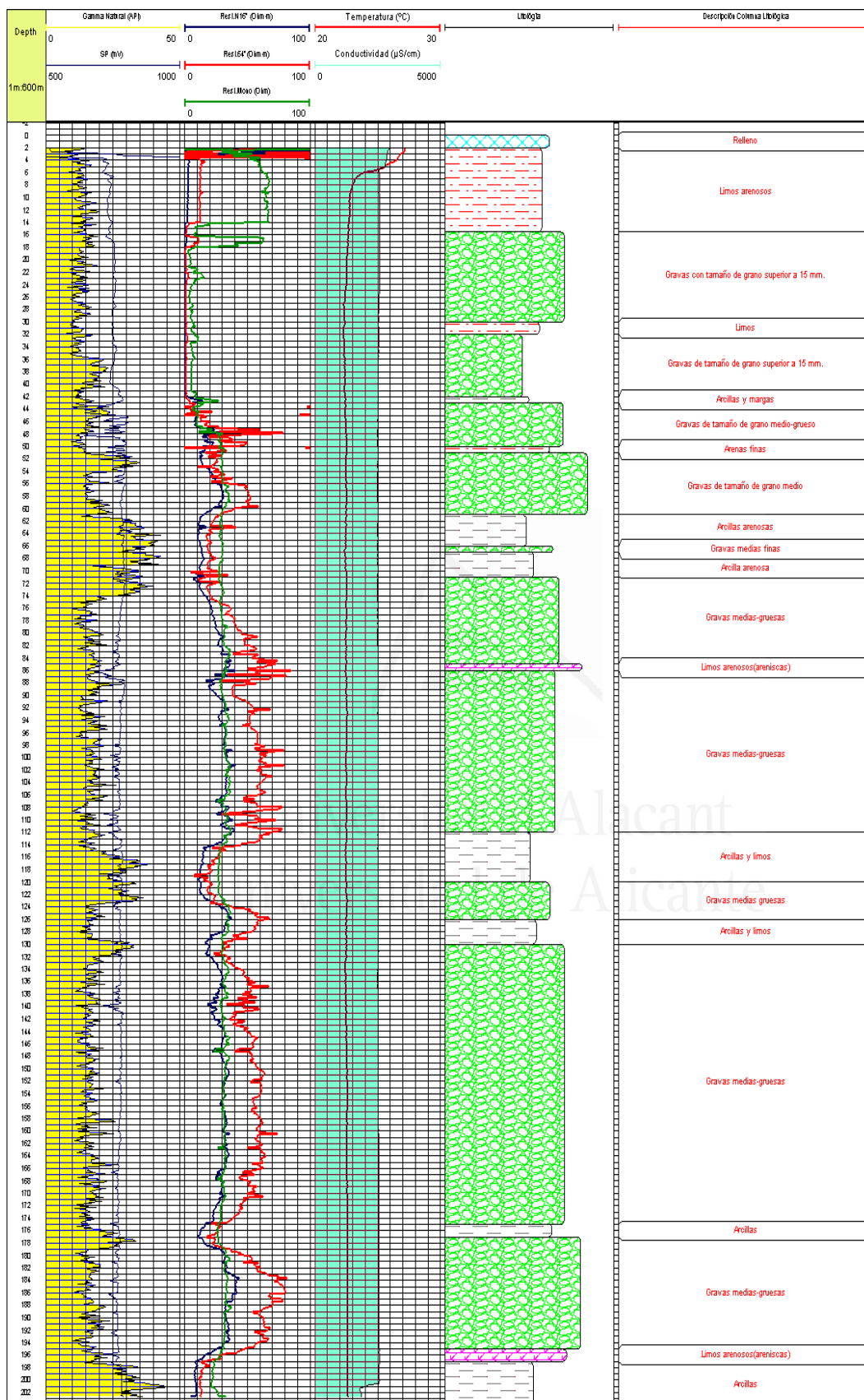
INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE



Esquema estratigrafía del subsuelo detrítico, deducido de los sondeos de sequía de la CHS. Martínez, Soto y Turrión 2006.

Esquema sondeo en la huerta de Rojales, realizado a partir de datos de la CHS según García A. (2006), a 6, 5 km de la costa, en 2006.





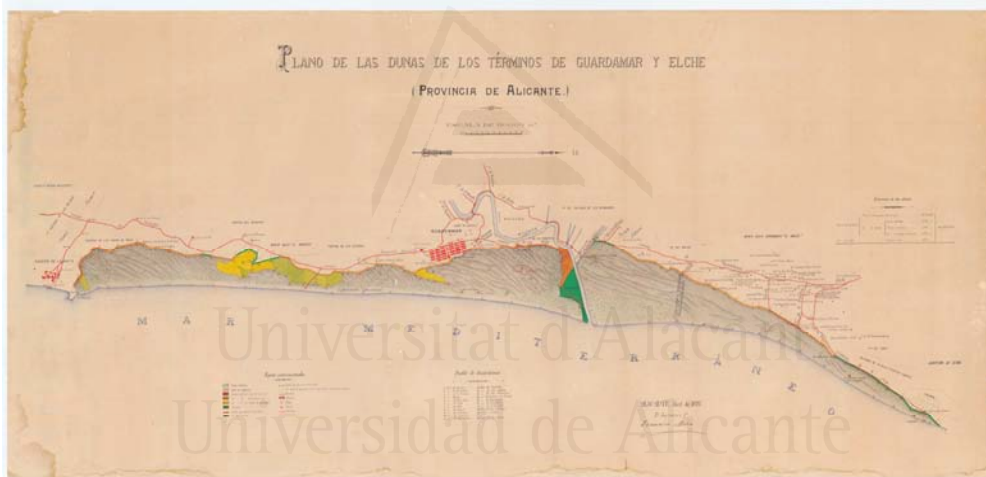
Sondeo de sequía de la CHS malecón II, situado cerca de río, en la margen derecha del Segura, en la ciudad de Murcia pero aguas arriba. Resaltan los potentes bancos de gravas. Según Martínez, 2006

CAPITULO 4: DISPONIBILIDAD DE AGUA Y SU EFECTO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PLANTAS.

4.1 INTRODUCCIÓN.

4.1.1 Aridez y sustrato dunar: disponibilidad de agua en dunas litorales al sur de la provincia de Alicante, un clima árido.

En el capítulo tercero se ha tratado de establecer el origen de las arenas que luego, desde la playa, volaran transportadas por el viento creando el sistema dunar litoral de la bahía del río Segura, así como la dinámica litoral responsable de la distribución de los granos a lo largo del litoral marino. La dinámica de



Dunas sin repoblar en la bahía del río Segura. No aparecen grafiadas las dunas al sur de La Mata 1897).

corrientes marinas y los fuertes levantes conformaran un peculiar ecosistema litoral, donde a un medio físico condicionado por el sustrato arenoso y la proximidad del mar le sucederá una comunidad de seres vivos también peculiar, y acomodada a este ambiente de transición marino continental pero estrechamente vinculada al mar. La orientación de los cordones de dunas, en buena parte perpendiculares a la dirección de los vientos de lebeche que soplan del SE indica que estos vientos que son los que reinan en la bahía del Segura, y serán los responsables de la morfología de las dunas, aunque tengan menor intensidad que los levantes.

Según Banda et al (1997), los suelos están formados por compuestos sólidos, líquidos y gaseosos. La fase sólida está representada por materiales inorgánicos, producto de la meteorización de las rocas, y materiales orgánicos. En el caso de las dunas se trata de suelos alóctonos no estructurados, sin apenas agregados del suelo por la escasez de arcillas y materia orgánica, y cuyo origen está en las arenas, que procedentes de la playa, transporta el viento hacia el interior del continente. En general las dunas costeras se forman por acción del viento, allí donde el mar hace una aportación de sedimentos que proceden del transporte de los cursos fluviales y de las corrientes marinas litorales (Terradas et al 1989).

Además de ajustarse a los resultados expuestos en el capítulo tercero, estas afirmaciones son también coincidentes, en términos generales, con las que expresa el ingeniero Mira, responsable de la repoblación forestal en su memoria resumida de 1929, que considera al Segura, y el consecuente transporte de sedimentos hasta el mar en las riadas, como origen más destacado de la fuente de arenas, y además que a estas aportaciones se suman las procedentes de la disgregación continuada del banco de arenisca blanca que constituye el sustrato litoral.

Al establecer los orígenes de las arenas de la bahía del Segura Mira (1906) no tiene en cuenta el origen organógeno, a partir de conchas y caparazones, y también sobrevalora las aportaciones por erosión de dunas fósiles, no puede ser muy grande porque afloran en pocos lugares de la bahía. Sin embargo sí parece adecuada su valoración de la importancia de los aportes fluviales, y también hay paralelismo con su observación respecto al transporte eólico a partir de las playas, y el mecanismo de formación de las dunas. Según Mira (1914) estas arenas, arrojadas por las olas a la playa, son luego arrastradas tierra adentro por los vientos, formando en un principio pequeños montones apoyados en la vegetación, que luego van ensanchándose, dando lugar a grandes médanos de forma muy variada.

MINERAL	PESO, EN %	VOLUMEN, EN %
Caliza	57,50	58,45
Cuarzo	31,50	32,35
Feldespatos alterado y arcilla	2	3,45
Hierro	9	5,85
Total %	100	100

Composición media de las arenas de las dunas de Guardamar, Mira, 1906.

Fragmentos de rocas carbonáticas	63 %
Cuarzo	31 %
Bioclastos	3 %
Otros fragmentos de rocas	3 %

Composición de las arenas en dunas de El Pinet (Elche), Gómez F. I. (2007).

Estos sedimentos de origen marino y con escasa materia orgánica, que constituyen las dunas no repobladas, están formados en más del 99 % por arena. Las muestras tomadas en la base de la duna litoral a lo largo de 12,5 km de costa, están formados por arenas con granulometrías predominantes entre 0,125 y 0,250 mm de diámetro, y finos con porcentajes siempre inferiores al 1 %. Según los datos de Mira (1906) son mayoritariamente carbonatos, aunque con cuarzo en el entorno del 30 %, y un elevado contenido en hierro. Los valores de caliza y cuarzo son del mismo rango que los

encontrados por Gómez (2007) en las dunas del Pinet (Elche), aunque los valores para el hierro son mucho menores.

Muestras de arena tomadas en la base de la contraduna, hacia norte y sur del Segura. Cada muestra se tamiza con cedazos de poro 0,250 a 0,06mm						
Muestra	Distancia al río, hacia N o S, en metros.	No pasa tamiz 0,25mm (%)	No pasa tamiz 0,125mm (%)	No pasa por poro 0,1mm (%)	Arena total %	Pasa poro de 0,06mm (%)
1-N	100	1,05	97,3	1,3	99,65	0,35
2-N	800	9,4	86,9	3,04	99,34	0,66
3-N	1.700	19,7	78,1	1,5	99,3	0,7
4-N	2.300	25,2	73,5	0,5	99,2	0,8
5-N	2.800	38,9	60,5	0,3	99,7	0,3
6-N	3.800	43,1	56,3	0,3	99,7	0,3
7-N	4.000	30,6	68,7	0,35	99,65	0,35
8-N	5.000	49,3	50,2	0,33	99,83	0,17
RÍO SEGURA						
1-S	750	21,6	76,7	1,2	99,5	0,5
2-S	1.600	22,5	76,7	0,5	99,7	0,3
3-S	4.000	15	83,2	1,3	99,5	0,5
4-S	4.750	7,5	90,9	1,3	99,7	0,3
5-S	5.500	4,8	92,8	1,9	99,5	0,5
6-S	6.200	19,3	79,3	0,9	99,5	0,5
7-S	6.800	6,9	91,3	1,35	99,55	0,45
8-S	7.500	10,55	87,58	1,45	99,58	0,42

La granulometría que aparece en la duna litoral, de donde luego las arenas vuelan tierra adentro, muestra una selección de tamaños que se modifica con la distancia al mar, presentando cada vez mayor porcentaje de arenas finas, como consecuencia de que los vientos pueden transportar con mayor facilidad las menos pesadas.

Consecuencia de esto supone también el incremento del porcentaje de finos tierra adentro, aunque estos nunca llegan a alcanzar valores representativos en el peso total, pero si juegan un papel

importante en la dinámica capilar, y por tanto en la disponibilidad de agua. El porcentaje de materia orgánica y seres vivos presentes en el suelo es escaso y muy variable, en función de la distancia al mar, vegetación existente y proximidad al nivel freático.

El medio físico, representado de forma muy destacada por el sustrato dunar no compactado de procedencia marina, tiene entre sus particularidades más destacables la elevada porosidad del suelo. Este espacio entre las partículas, tanto orgánicas como minerales, contiene cantidades variables de agua y aire. En general la porosidad del suelo depende de su textura y su estructura. Limo y arcilla del suelo tienen pequeños poros, y son mucho mayores en los suelos arenosos de mayor diámetro. Además el agua se retiene con mayor fuerza en los poros pequeños que en los grandes, aunque la tierra retiene el agua de dos maneras: como una fina película alrededor de las partículas del suelo, o en los poros edáficos que pueden retener más agua por capilaridad cuanto más finos son.

El agua del suelo puede clasificarse en tres categorías, según Klocke et al (1996), un tipo sería el exceso de agua del suelo o agua gravitacional, otra categoría el agua disponible para las plantas y finalmente la no disponible. El agua gravitacional drena rápidamente pero durante el tiempo de drenaje, parte del exceso de agua puede ser usado por las plantas antes de desplazarse fuera de la zona de raíces. El agua disponible es la cantidad de agua que permanece después de drenar el suelo tras 24 horas de haber sido saturado y drenada el agua gravitacional.

La capacidad de campo del suelo nos indica el agua contenida en el suelo en el límite superior del rango de agua disponible, mientras el punto de marchitamiento permanente es el límite más bajo del total de agua disponible. Cuando las plantas han tomado toda el agua disponible del suelo, se marchitan y no se recuperan. El agua no disponible es agua de la tierra retenida por adsorción de las partículas del suelo tan firmemente que no puede extraerse por las plantas.

En el medio dunar lo que sucede es que después de una lluvia o un riego el agua penetra ocupando la mayor parte de los poros. Consecuencia de esta

permeabilidad, inmediatamente después de comenzar una lluvia o riego se produce en el suelo un gran movimiento de agua que continúa posteriormente, debido a dos tensiones contrarias: la gravedad y las fuerzas capilares. Los esfuerzos capilares son importantes para retener el agua en los poros de la tierra, y su medida nos muestra la capacidad del suelo para almacenar agua. La tensión de agua del suelo mide la fuerza con la que el agua es retenida por la tierra. La tensión es una medida de presión negativa (Klocke et al, 1996).

4.2. OBJETIVOS DEL APARTADO.

En el capítulo cuarto se tratan de determinar los flujos de agua y sus mecanismos de funcionamiento en estas arenas dunares, con dos objetivos fundamentales, el primero conocer la posible intervención de la disponibilidad de agua en la distribución de las plantas, sobre todo en las psammófilas, y el segundo, en profunda concordancia con el primero, determinar si la topografía dunar y la existencia del bosque de pinos condicionan la presencia de las diferentes especies, resultando así que la distribución natural de la vegetación puede resultar alterada, y por tanto los resultados derivados del análisis de ausencia-presencia y el valor como indicador de las especies dunares.

4.2.1. Evaluar la influencia de la disponibilidad de agua y la topografía en la distribución de las especies psammófilas.



Duna litoral al sur de Guardamar

El objetivo de esta tesis, ya expresado más atrás, es estudiar las características más destacadas de este ecosistema dunar su génesis y orígenes, y encontrar parámetros medioambientales capaces de marcar límites lo bastante precisos relacionados con la influencia marina, y que puedan determinar o no la pertenencia a

la franja litoral incluida en la zona marítimo terrestre. Este enfoque supone una

visión del deslinde como la determinación de la pertenencia o no al sistema litoral, considerado como unidad ambiental y sistema natural, interpretado desde una óptica ecosistémica. La necesidad de garantizar estabilidad de la playa y defensa de la costa como dice la Ley, debe entenderse en sentido amplio como necesidad de refrendar y conservar su naturaleza demanial, que podemos asimilar a la permanencia y mantenimiento del ecosistema, y no solo del sustrato físico arenoso. En síntesis demostrar que se forma parte o no del ecosistema litoral, y entonces la naturaleza del terreno en cuestión es o no dominio público.

Para garantizar el mantenimiento y la estabilidad del ecosistema litoral (costa) se prevé en la Ley de Costas el acto del deslinde y su inclusión en el demanio, así como otros instrumentos como el establecimiento de las diferentes servidumbres, aunque ni en ella ni el Reglamento de la Ley se explicitan los criterios para incluir los terrenos en el dominio público. Estos instrumentos legales, aunque no participan de la consideración de su naturaleza como sustancial para incluir un terreno como de naturaleza demanial o privada, que es básica en el caso español, son utilizados de forma extendida en otros países para garantizar el mantenimiento de las costas, cuestiones estas que ya se han abordado en el capítulo primero.

Con el objeto de contrastar los datos obtenidos con otros factores no vinculados a la proximidad marina, además de la topografía que se verá más adelante, se ha considerado necesario dedicar un capítulo a los condicionantes que pueden darse para la distribución de las plantas por la disponibilidad de agua, en esta costa de clima seco, dunas cuya pluviometría media deja solo algo más de 300 mm anuales sobre las arenas, con series de varios años por debajo de los 200 mm, y que pueden distorsionar los resultados obtenidos. Esta razón en buena parte es la que hace que la vegetación se desarrolle con especial dificultad sobre este sustrato, y que las plantas psammófilas no sean muy abundantes, situación esta que ya se producía hace al menos un siglo, tal y como Mira (1906) describe a principios del siglo XX, señalando que la vegetación de estos arenales es muy escasa; y que donde más se observaba era en los alrededores de la desembocadura del río Segura y en algunos de los vallejos, o depresiones entre las dunas.

4.3. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.3.1. Evaluación de la disponibilidad de agua en dunas litorales en un clima árido.

Además de la bibliografía y datos disponibles se intentó conocer el flujo y disponibilidad de agua en estas dunas, con especial énfasis en la situación de sequía que se produce cada verano. Los datos anteriores a la repoblación y los procedentes de los trabajos desarrollados en estas dunas por investigadores del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante (DEUA), son un valioso patrimonio para la comprensión de los procesos hídricos. Finalmente se ha querido mostrar de una forma esquemática el funcionamiento de los flujos de agua mediante una experiencia sencilla, realizada en una columna de arena confinada en un tubo vertical y situado en el medio dunar.

Puesto que el contenido en agua disponible en suelo está relacionado, con la distribución de granulometrías de la arena, además de la pluviometría el contenido de finos y de materia orgánica es uno de los primeros datos que interesa conocer. Estas dunas están formadas por arenas de reducida granulometría, como se ha visto más atrás, escasos finos y materia orgánica, por lo que su capacidad para almacenar agua disponible para las plantas es reducida, y variable en función de los porcentajes de cada componente, que a su vez está relacionada con la distancia al mar y la vegetación. Por esta cuestión es necesario tener en cuenta al tomar muestras o medidas de campo la proximidad e intensidad de las lluvias recientes, así como la profundidad a las que se toman, por la evaporación que puede haberse producido.

Para tener referencias aproximadas de la capacidad de retención de agua de ese sustrato se tomaron datos de varias procedencias, con el propósito de que nos acerquen a la realidad más amplia. Con el objetivo de que los valores que se obtengan puedan tener como referencia el porcentaje máximo de intersticio existente en estas arenas, y por tanto la máxima capacidad posible de almacenamiento de agua, se ha llenado una probeta con 100 ml de arena secada previamente en la estufa, y sometida a vibración. A continuación se añadió agua

hasta que comenzó a aparecer sobrenadante. El resultado obtenido arroja un porcentaje para la muestra de contraduna utilizada del 30 % de poro.

4.3.2. Necesidades hídricas en la repoblación forestal, observaciones de principios del siglo XX y otras experiencias.

Una primera fuente de información es la obtenida a partir de los informes, memorias, proyectos o artículos de divulgación de los técnicos que dirigieron la repoblación, fundamentalmente de Mira, (1903, 1904, y siguientes) y en mucha menor importancia Codorníu (1904, 1905 y siguientes). En ellos pueden encontrarse citas frecuentes referidas a los problemas hídricos y las soluciones que se aportaban, lo que permite tener una visión que completa la actual donde el desarrollo de la masa forestal modifica la disponibilidad de recursos hídricos para el resto de las especies, estableciendo una competencia que puede afectar a la distribución de las especies psammófilas.

La necesidad de contar con agua para la repoblación les obligó a buscar fuentes de aporte, puesto que en esta bahía todo el terreno comprendido por las



*Construcción de un pozo para riego del vivero.
Año. 1903*

dunas carece de manantiales en la superficie, y en ninguna de sus porciones se ven aguas encharcadas ni aun en época de lluvias; sólo cuando éstas son muy abundantes, en años excepcionales, forman algún charco en las cercanías del

río Segura (Mira, 1906). El problema era mayor todavía para la producción de arbolitos en viveros que necesitan constancia en el riego, por lo que los situaron en las partes del arenal de superficie casi plana y a muy poca altura sobre el nivel

del mar, con el fin de no tener que remover ni extraer mucha arena y estar cerca de la capa húmeda del suelo para economizar el número de riegos (Mira, 1903).

La escasez de aportaciones de agua por la lluvia, sobre todo los largos meses de verano, donde además desciende la capa superficial más húmeda y puede dejar los arbolitos descolgados de las capas húmedas, sin acceso a los aportes freáticos de agua, los intentan compensar regando a partir de pozos que ejecutaron en las dunas. La sequía la combatieron regando en los sitios donde resultaba económico el riego por la proximidad de los pozos, y además plantando hondo y abonando los hoyos con 2 ó 4 kilogramos de estiércol (Mira, 1907).

En estos textos de principios del siglo XX se explican cómo eran los pozos y también se aportan datos sobre la profundidad del nivel piezométrico. Abrieron hoyos de 1,50 metros de luz y poco más de 2 metros de profundidad, aunque el agua la tenían a 70 centímetros de la superficie. Algunos estaban formados con piedra en seco, ligeramente revocadas sus paredes al interior con mortero hidráulico, para reducir los huecos de entrada del agua, que arrastraba mucha arena y obligaba a limpiarlos con frecuencia; las paredes de 40 centímetros de grueso y reforzadas de una capa de grava de medio metro de espesor, formada con piedras de 3 a 8 centímetros de diámetro, que a la vez que le daban solidez disminuyendo mucho el arrastre de las arenas. Otros tenían las paredes de 14 centímetros de grueso, formadas con ladrillo puesto de plano, entre los cuales se habían dejado los mechinales necesarios para la entrada del agua (Mira, 1903). Los pozos con las paredes de piedra daban más agua que el ladrillo, en cambio éste tenía la ventaja sobre aquéllos de que a partir de cierta profundidad es más económica y fácil su construcción, con la ventaja de que puede aumentarse en cualquier época su hondura recreciendo el anillo que forma sus paredes y excavando en el fondo para extraer la arena y hacer el vacío necesario para su descenso.

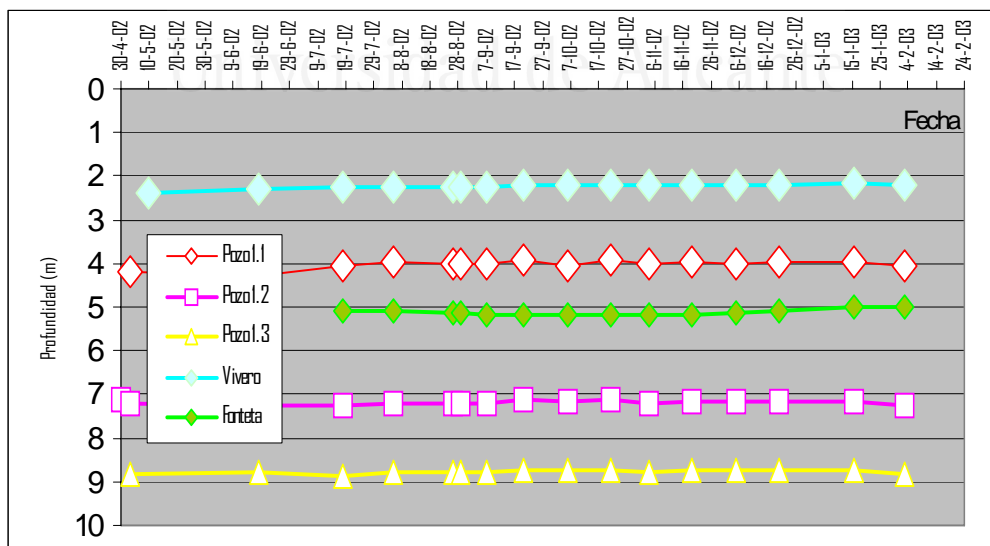
Aunque para un acuífero de montaña la diferencia piezométrica no es relevante, en este sustrato vinculado a las vegas si es importante, puesto que está relacionada a los aportes del subsuelo procedentes de las tierras de cultivo. La disminución de los niveles del agua en los pozos que se han construido

recientemente en el pinar, en relación con los que se hicieron para regar la repoblación, indica una mayor desconexión actual con las tierras de cultivo y una



acentuada disminución de aportes de agua procedente de los riegos.

La disminución del nivel desde -70 cm que cita el ingeniero Mira, hasta los más de -200 cm del pozo con nivel más elevado, situado cerca del mar junto a los viveros antiguos, o el descenso del pozo Fonteta hasta el entorno de los -500 cm, no es cuantitativamente grande para la vegetación si las aportaciones de agua se



Variación del nivel de agua en los pozos de las dunas de Guardamar (Lledó et al, 2003)

producen a partir de la lluvia. En este caso, que probablemente sea el agua

subterránea el depósito de donde obtienen la humedad necesaria en épocas de sequía las plantas dunares, estos descensos piezométricos tienen grave incidencia. Esta mayor disponibilidad ha sido evidente hasta hace solo unas décadas, en que podía observarse la existencia de hoyos en el interior de las dunas desde donde se extrajo agua para regar los árboles. Este descenso, debido probablemente a la transformación del suelo colindante de regadío a urbano, podría tener efectos directos sobre la menor disponibilidad de agua de los pinos, y haber influido en el debilitamiento del pinar en esta zona, que ha provocado una mayor mortalidad de árboles más viejos, como se verá más adelante en el capítulo sexto.

La dificultad del transporte y riego de las plantas haría muy difícil regar más allá de pocos centenares de metros alrededor de los pozos, por lo que la repoblación debió avanzar con serias dificultades, aunque parece que el agua retenida dentro de los hoyos que hacían era suficiente. Para evitar la evaporación, una vez regado el arbolito, cubrían el agujero con arena, y para mejorar la retención y aportar nutrientes añadían estiércol. Estas labores se realizaban durante el verano, cuando se riegan las plantas que están en sitios donde resultaba económico hacerlo; solían darse dos riegos y costaban cada uno céntimo y medio aproximadamente, poniendo 10 litros de agua, y comprendiendo el trabajo de hacer y tapar el hoyo regado (Mira, 1907). Aunque el caudal de agua de los pozos variaba según las épocas, desde uno a tres metros cúbicos por hora, siendo muy abundantes después de alguna lluvia y disminuyendo mucho durante el verano (Mira, 1903).

Contrastan las afirmaciones de Mira que habla de una importante supervivencia de los pinitos de uno o dos años plantados, en las plantaciones que se hicieron en Enero y Febrero, porque aunque morían algunos pinos, en general marchaban bien a pesar de la escasez de lluvias habidas (Mira, 1903), con el hecho de que las sucesivas plantaciones de pinos realizadas desde la década de 1980 han tenido un escaso éxito. A pesar de ello el porcentaje de supervivencia se incrementa en *Tetraclinis*, del que pueden observarse entre el bosque de pinos numerosos arbolitos que sobreviven de esas plantaciones que ya tienen más de una década, y que en general presentan escaso tamaño.

A partir de los datos obtenidos de las parcelas de investigación que utilizó el DEUA en las dunas de Guardamar en 1995 y 1997, utilizando nueve especies arbóreas y arbustivas para estudiar su posible uso en restauración forestal, se ha observado y seguido la evolución de *P halepensis*, *P pinea* y *Tetraclinis articulata*, y constatado resultados que posiblemente tienen que ver con las estrategias de cada especie de supervivencia frente a la sequía, y su capacidad de competir por el agua con sus desarrollos radicales, que en el caso de los pinos tiende a tejer un tupido manto de raíces a igual profundidad, mientras *Tetraclinis* profundiza hacia capas inferiores con gran número de raíces.

Para ello se utilizaron dos parcelas que están próximas al mar. La segunda, cuya experiencia comienza en 1997 con 50 individuos por especie, tiene una vegetación natural más similar a la de malladas ya colmatadas, con abundantes palmeras y algunos juncos, por lo que la situación de competencia por el agua y las subidas freáticas en los episodios de lluvias pueden haber modificado las diferentes posibilidades de cada especie de supervivencia. Según la parcela y la competencia de las especies existentes, y sus propias estrategias de obtención de agua, las posibilidades se han modificado en mayor grado que en la primera parcela.

En la plantación primera, en 1995, se siembran unos 500 arbolitos por especie en transectos paralelos de unos 200 m de longitud usando sustratos

Noviembre de 1.995	Nº de pies plantados	Sep de 1996, pies vivos	Sep de 1996, % vivos	Marzo de 1998, % vivos	18.4.04, Nº vivos	18.4.04, % vivos
<i>Tetraclinis articulata</i>	499	356	71,34	67,3	166	33,26
<i>P. halepensis</i>	509	295	57,96	50,8	57	11,19
<i>P. pinea</i>	490	172	35,10	35,2	31	6,32

Cuadro comparativo de la evolución de supervivientes de la plantación de noviembre de 1995 (Escarré et al,1997) al norte del vivero situado en las dunas de Guardamar. Datos propios, de 2004.

diferentes que aparentemente dan resultados similares a largo plazo. En la observación de campo aparece

un indiscutible mejor crecimiento de los ejemplares de *Tetraclinis*, que están más robustos que los de *Pinus halepensis*, y que estos a su vez más que los *P. pinea*, aunque son los *T. articulata*, con diferencia los más desarrollados. Esto es menos evidente en los plantados en marzo de 1997. Además se observa en todos los

transectos menos ejemplares en la zona próxima a la carretera, repoblada con palmeras, así como en los lugares de elevada densidad de pino adulto.

El contraste de los datos sucesivos de la supervivencia de las distintas especies a lo largo de 9 años y 7 años respectivamente permite realizar varias afirmaciones: 1) El porcentaje de supervivientes de la parcela del 1995 es tres veces mayor para *Tetraclinis* que para *P halepensis* y más de cinco veces que *P pinea*, y además con arbolitos mucho más robustos que los pinos, y 2) En la

Marzo de 1997	Nº de pies plantados	Junio 97, % vivos	Sep 97, % vivos	Dic 97, % vivos	Marzo 98, % vivos	18.4.04, número pies vivos	18.4.04, % vivos
<i>Tetraclinis articulata</i>	50	57,1	22,45	29	29	24	48
<i>P. halepensis</i>	50	95	91,84	82	80	15	30
<i>P. pinea</i>	50	95	86	70	70	3	6

Cuadro comparativo evolución de supervivientes plantación de marzo de 1997 en dunas de Guardamar, 200m al N del vivero (Escarré A et al, 1997 y 1998), y datos propios 2004.

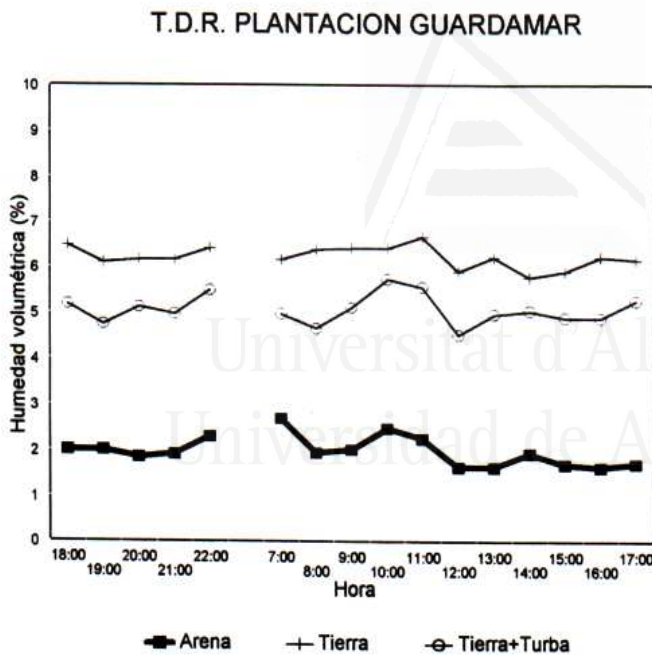
parcela de 1997 siguen siendo más los supervivientes de *T articulata*, 62,5 % en relación con *P halepensis*. En este caso sobreviven 8 veces más los *Tetraclinis* que los *P pinea*.

Probablemente el éxito de *Tetraclinis* tenga mucho que ver con las observaciones aparentemente contradictorias e imposibles, realizadas en la parcela de 1997, tras una supervivencia del 57,1 % a los pocos meses de plantados sigue una del 22,46 para incrementarse al 29 % y a finalmente encontrar a los 7 años una supervivencia del 48 %, circunstancias estas que no ocurren con los pinos y que parecen evidenciar una capacidad para perder y dejar secar parte de su biomasa aérea, lo que da un aspecto de planta seca que pudo confundir en el momento de los conteos, y que luego se recupera y revegeta cuando llueve, situación que se produce en esta húmeda primavera de 2004. En esta 2ª plantación, la altísima mortalidad inicial de *Tetraclinis* se debió a un temporal concreto con afectación por el spray marino.

4.3.3. Datos obtenidos en distintos trabajos del DEUA en las dunas de la bahía del río Segura sobre contenido en agua en el sustrato dunar, en puntos con topografía diferente.

Para conocer la posible influencia en la disponibilidad de agua en la distribución de las especies en el arenal, además de las estrategias de captación de agua por las distintas especies tiene interés conocer la proporción de los poros del suelo que puede corresponder al agua gravitacional, la capacidad de retención capilar y altura de la humedad del agua disponible en la duna en relación con el nivel freático.

Los resultados de supervivencia obtenidos por otros investigadores del



Representación del ciclo diario de humedad del suelo a 20 cm de profundidad en los tres tipos de sustrato, arena, arena+ tierra y arena + tierra + turba, los días 4 y 5 de noviembre de 1996 según Escarré et al

Litros de lluvia durante los meses de septiembre de 1996 a noviembre, en Guardamar.

1996	9	128,7
1996	10	39,2
1996	11	60,9

Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante (DEUA) en trabajos de psammófitos que pueden utilizarse para restauración de dunas, utilizando a su vez varios tipos de sustrato, aportan cifras muy variables del contenido de agua para cada uno de ellos. Así, en las plantaciones realizadas en las parcelas de las dunas de Guardamar por Escarré (1996), utilizando varios tipos de sustratos obtuvo también datos distintos para cada uno de ellos.

Las muestras se tomaron en los primeros días de noviembre de 1996, tras unos meses de septiembre y octubre en que habían caído 168 litros de lluvia por metro

cuadrado. De ellos, es el arenoso es el que menos humedad volumétrica tenía, con una media de 1,966 %, mientras que la tierra + turba tiene un 5,07 % y la tierra un 6,22 % (Escarré et al, 1998).

Otros datos útiles para contrastar las cifras de volúmenes de agua retenidos en las arenas y la evolución a lo largo del día son los obtenidos con TDR en la parcela de Guardamar durante los días 4 y 5 de noviembre de 1996, muestran solo ligeras oscilaciones de humedad a lo largo de los dos días de medida en los tres sustratos utilizados para repoblar, y que Escarré et al (1996) atribuyen a episodios de ligera condensación al atardecer, y disminución por consumo de agua de las plantas durante el día. La lluvia caída en ese otoño fue muy abundante, y alcanzó los 228,8 litros. Para esos dos días, en arena, para el perfil de -20 centímetros se conserva una humedad volumétrica de alrededor del 2 %, disminuyendo ligeramente al anochecer, para luego subir ligeramente hasta las 22 h, con valores similares a los de las 7 h del día siguiente, volver a descender de las 8 h a 9 h, para subir de nuevo de 10 a 11, manteniendo luego valores más bajos hasta las 17 h (Escarré et al, 1996).

En relación con las temperaturas en el suelo tomadas en estos mismos días y parcelas, las medidas comenzaron a las 18 h y se realizaron a cada hora



Duna litoral al sur de Guardamar. Capa de arena mojada de unos 20cm de espesor, medida el día 29/10/ 2003, tras un total de 35 l caídos a lo largo del mes.

hasta las 22. Se reanudaron al día siguiente desde las 7 hasta las 17 h. Las variaciones de temperatura son muy grandes para los 5 cm de profundidad, mientras que a 10 y 20 cm son muy pequeñas (Escarré et al, 1996).

Por otra parte, y para ser utilizado como dato orientativo se evaluó el

porcentaje de agua que contiene la arena mojada junto a playa, sin que gotee, es

decir máxima humedad que puede retener este sustrato habiendo drenado solo unos minutos, y llevado después tres días a la estufa. El resultado obtenido tras secar en la estufa y comparar los pesos antes y después, arroja un porcentaje de humedad de 6,025 % en peso, y considerando una densidad media de las arenas de 1,62 gr. / c³ supone el 10,3 % en volumen, e incluye además del agua capilar parte de gravitacional, porque debiera estar drenando al menos un día.

Contrastando estos datos con los totales de poro del 30 % del volumen de arena, podemos concluir que alrededor 20 % del volumen de la arena de estas dunas corresponde a espacios intersticiales cuyo diámetro les hace incapaces de retener agua, y que esta desciende hasta niveles inferiores con las lluvias, quedando adsorbida más abajo en poros menores. Así pues, un litro de estas arenas retiene siempre por debajo de los 100 cm³ del agua de lluvia, y esta corresponde al máximo del agua disponible para las plantas, salvo en los momentos próximos a los episodios lluviosos. No obstante las granulometrías de la playa tienen un porcentaje mayor de arena de 0,250 mm y menor de finos, con lo que estos datos representarían el rango menor de capacidad de retención en este campo de dunas.

En relación con la parcela situada en La Fonteta, Lledó et al (2003) estudian diversos aspectos en relación con la cubierta vegetal dunar, y también del suelo, que se refieren a porcentajes volumétricos de humedad medidos con sensores TDR. Encuentran valores de contenido en agua que oscilan entre menos del 2 % en las más superficiales hasta el 20 %, medidos a -20 cm, -60 cm y a -1 m. Estas mediciones tienen lugar tras un otoño (2001) con una pluviometría elevada, y se prolongan hasta junio, cuando ya se han recogido en Orihuela 336 litros. Estos valores de precipitaciones recogidos a lo largo del otoño, invierno y primavera debieron tener como consecuencia que el agua ha rellenase los poros, al menos en toda la capa superficial de un metro en la que se mide la humedad, de manera que el mantenimiento de los valores y los cambios porcentuales de humedad a -20 y -60 cm son casi inmediatos después de cada lluvia.

Esta hipótesis coincide con las observaciones derivadas de los datos de campo medidos en la duna litoral situada al sur del pueblo de Guardamar, frente-norte del hotel Campomar, el día 29 de octubre después de las lluvias de otoño de 2003, tras un verano seco, y con un importante espesor de la capa superficial de la duna totalmente seca. Realizando un hoyo en la cresta-plana de la duna para medir la profundidad a la que desciende el agua caída, se miden unos 20 cm de espesor, después de un mes de octubre en el que se recogen en Guardamar 35 litros en 9 episodios a lo largo de todo el mes, hasta el día 29 que se realiza el hoyo el día 29/09/03. Las últimas lluvias antes de la foto han sido escasas, por lo



Corte de duna en las excavaciones arqueológicas de Fonteta, el 04.08.2002.

que la capa arenosa se muestra poco saturada. Si consideramos como indicativo el dato obtenido de un máximo del 30 % de intersticio en estas arenas, según estas observaciones el volumen de agua caída habría producido una saturación por agua del total del ese volumen de poro, de un máximo de entre el 15 % y el 20 % del volumen total de la arena. Pero con toda probabilidad es menor, porque a lo largo del mes debe descontarse la evaporación producida que en todo caso reduce la cantidad de agua almacenada.

Lo que sí es evidente es que el agua no ha sido capaz de descender más allá de unos centímetros, y que la adsorción de los intersticios capilares es capaz de retener una importante cantidad de la lluvia caída, que descontada la evaporación desciende a cifras siempre por debajo del 15 % del volumen de arena de la contraduna.

Otras estimaciones que permiten mejorar el conocimiento de la capacidad de almacenamiento de agua en estas dunas, y la dinámica hídrica en situaciones

de saturación por lluvia, o bien sequía prolongada, se han obtenido de las muestras de arena tomadas en las dunas alejadas del mar, en un corte profundo de duna en el pinar, realizado con retroexcavadora en la zona de las



Corte de duna en las excavaciones arqueológicas de la Fonteta, el 04.08.2002

Puede observarse el alto grado de humedad a partir de las raíces.

excavaciones arqueológicas, donde a la vez se determinaron las concentraciones de cloruros. En la foto tomada ese mismo día se observa una corona superficial de arena totalmente seca de unos 40 cm de espesor, una fina capa radicular entre los -40

cm a los -60 cm, y el resto del volumen hasta el sustrato inferior de varios metros de potencia con arenas, hasta llegar a un limo rojo continental que sirve de base a la duna. Partiendo del suelo limoso, los espesores de arena son variables, desde 3 m en el seno de la duna hasta 10 m en la parte mas elevada del corte.

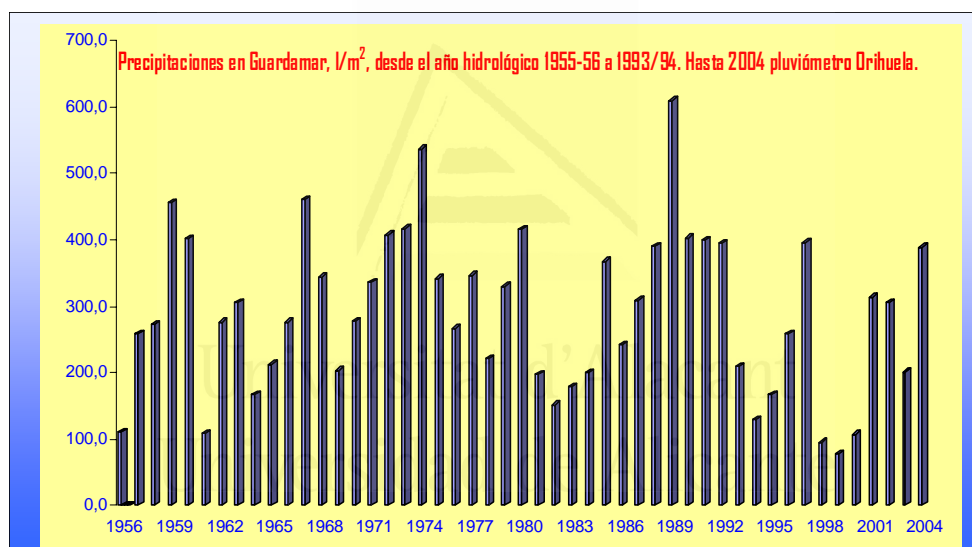
Estas observaciones se refieren a unas condiciones concretas de elevadas temperaturas propias del mes de agosto, con una primavera que fue lluviosa (más de 100 l/m²) según los datos del pluviómetro de Orihuela, pero en junio apenas cayeron 8 l/m² y cero litros en julio y los días de agosto transcurridos.

El análisis visual del corte de arena, realizada a la vez que se toman las muestras (para lo que se retiró la delgada capa superficial de arena seca, en buena parte caída desde arriba) permite comprobar que el grado de humedad es tal que puede moldearse el talud y realizar bajorrelieves, además de tener suficiente humedad como para hacerse bolas de arena. Medida la humedad resulta de un elevado contenido en agua del 1,5- 1,6 % en peso, que en volumen corresponde alrededor del 2,5 %, cantidad que resulta similar a la encontrada en el tubo que se colocó en la duna litoral, en niveles situados por debajo de los -60

cm, y similar a la medida por Escarré et al (1996) en las parcelas del pinar a -20 cm, los días 4 y 5 de noviembre de 1996.

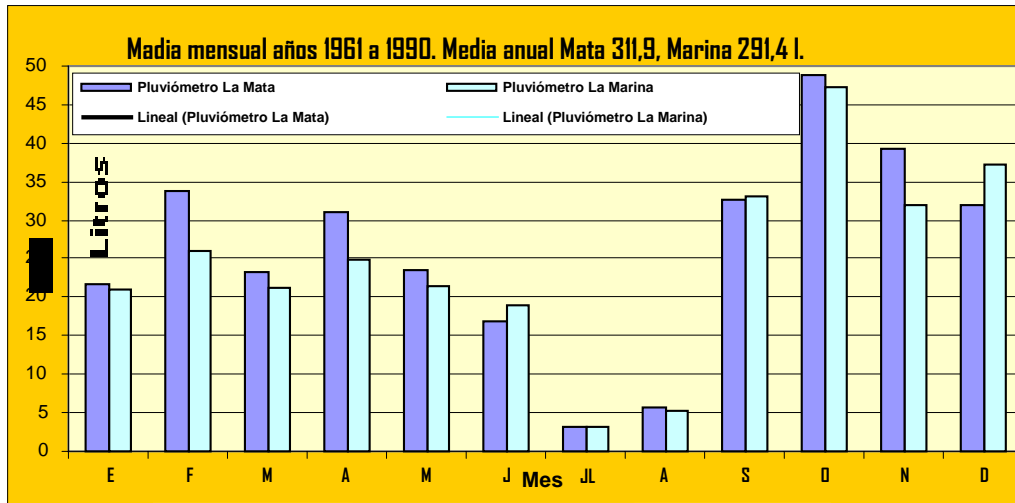
4.3.4. El agua de lluvia en la recarga de agua del suelo. Aridez y periodos de sequía en la zona de estudio.

En climas de tan elevada irregularidad pluviométrica, tanto mensual como anual, parece evidente la estrecha dependencia entre el desarrollo de la vegetación y la lluvia, y a su vez de las estrategias de la especie para acceder al agua. La humedad que toma la planta procede de tres vías diferentes: directamente de la precipitación, de la capa freática o de la concentración de humedad en el interior del suelo, es decir, de los poros existentes entre los granos



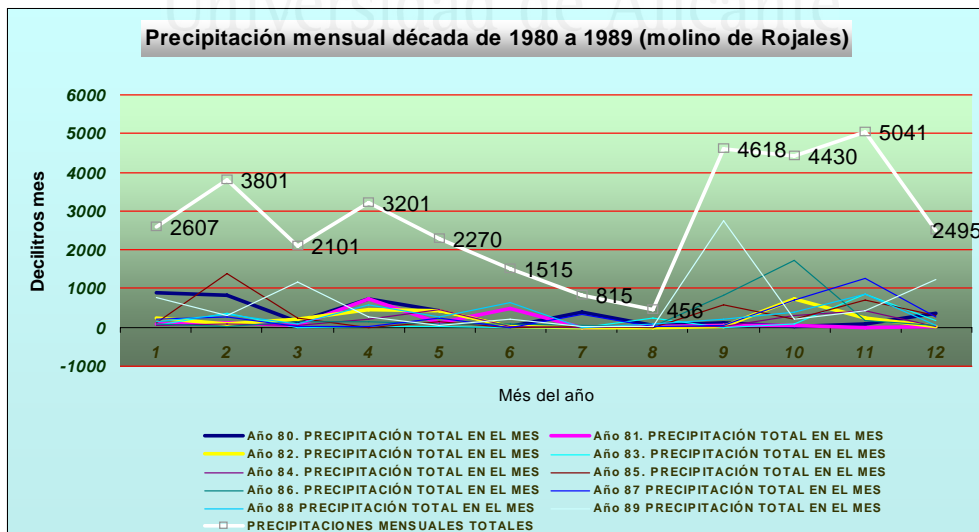
de arena (Terradas et al 1989).

Es razonable pensar que a menor disponibilidad de agua fácil de obtener (la de lluvia que no está absorbida por las partículas del suelo) la planta utilice cualquier recurso disponible a su alcance. Después del agua gravitacional seguirá absorbiendo humedad hasta que se alcance la capacidad de campo, es decir se utiliza la humedad contenida en la capa del suelo en la cual la fuerza de gravedad actuando sobre el agua equivale a la tensión superficial de las partículas (Shan Hsin-Yu, 2003). Cuando el agua retenida por las partículas sólidas está fuertemente adsorbida y la tensión hídrica es muy elevada se llega al punto de marchitamiento de la planta.



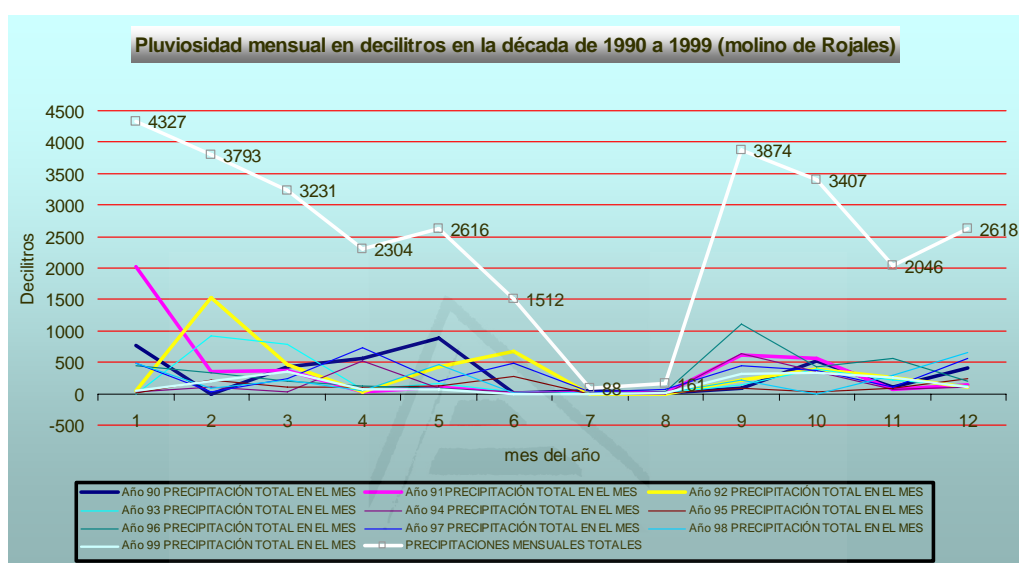
La gráfica pluviométrica anual de Guardamar en los últimos 49 años se parece a los dientes de una sierra, sin ninguna monotonía en los valores, y en general alejados de la media de 290,7 litros. Una dificultad añadida es que las series de sequías, por debajo de la media, suelen afectar a 2-4 años, y que el número de años por debajo de los 250 litros, al borde del desierto, es de 18 lo que acentúa la dificultad de retener agua suficiente en los suelos.

Otros datos de medias anuales próximas son los del observatorio meteorológico de Guardamar del Segura- laguna de La Mata, 38° 06 N 0°40' W,



con una media anual entre los años 1961-90 de 311,9 litros, y del observatorio meteorológico de Guardamar del Segura- La Marina a 38° 09N -0°39' W, con una media anual entre 1961 y 1990 de 291,4 litros.

Los pluviómetros de La Marina y la Mata, presentan a su vez una distribución mensual que refleja otoños lluviosos, y mucho menos los inviernos y



primaveras para este periodo de 30 años. Los veranos son de una falta casi absoluta de precipitaciones en cualquiera de los pluviómetros, con lo que el único recurso disponible es el contenido en los poros del suelo y el que pueda bombearse desde el nivel freático.

Puesto que de estos observatorios no se dispone de datos recientes pueden tomarse los del molino de Rojas de las décadas 1980 y 90, que son muy cercanos. Para analizar los datos se han asociado los correspondientes al molino de Rojas de 20 años por meses, agrupándolos en dos gráficos, uno por década. Sumando la lluvia caída durante cada mes a lo largo de cada década, la de 1980 y la de los 1990, con la intención de obtener valores totales representativos mensuales, comparables por décadas dada la variabilidad que se produce año a año. Se aprecia que lo único comparable de manera global entre ambas décadas es el verano sin apenas precipitaciones, y la primavera sin que ningún mes destaque especialmente. El otoño es muy lluvioso en los ochenta y mucho menos

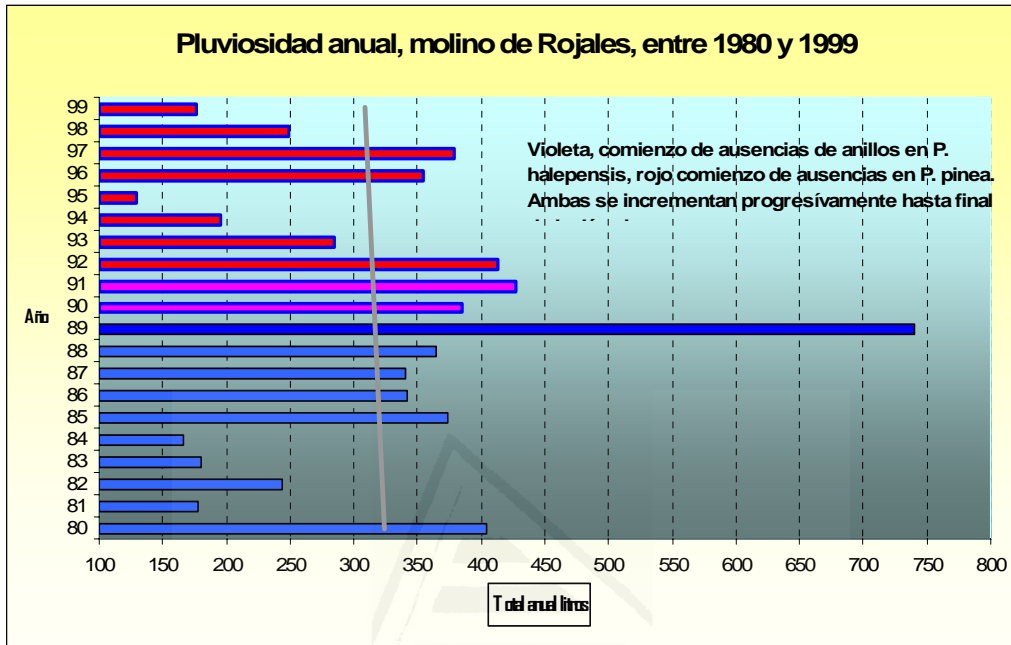
en los noventa, de manera que incluso agrupando valores de diez años para cada mes se invierte la estación del año en cuanto a pluviosidad.

Hasta ese punto es irregular la pluviometría, que aún respondiendo a un patrón común de aridez y veranos sin precipitaciones, para otoños, primaveras e inviernos ni tan solo coinciden las tendencias globales de cada década. Esto comporta la necesidad de que las plantas herbáceas tengan que ajustar su crecimiento y reproducción a las lluvias y las arbustivas y arbóreas pueden presentar años de escaso incremento de su biomasa.

Si tenemos en consideración que el agua es necesaria también para transportar los nutrientes, y que la falta del recurso lleva consigo disminución del metabolismo vegetal, la mejor posibilidad de acceder a las humedades freáticas dota a su vez a esa especie de mayor posibilidad de distribución y crecimiento. El volumen de agua necesaria para el transporte es importante en relación con la biomasa que se produce. Como ejemplo de la eficiencia del consumo de agua en la producción basta decir que para sintetizar 1kg de materia orgánica sólida se transpiran 200 a 500 litros de agua, que puede ser menor en cultivos controlados. En términos energéticos 1 Kg. de materia orgánica equivale a 4.000 Kcal. (16,7 MJ) y evaporar 300 litros de agua requiere 150.000 Kcal. (627 MJ). La energía exosomática que representa el bombeo de agua y nutrientes hacia las hojas está entre 30 y 40 veces la de la fotosíntesis (Margalef, 1997).

Debido a la falta de agua, y aunque en menor medida también por otros factores, se produce una ralentización y falta de crecimiento durante alguno de los años de la segunda mitad de la década de los noventa, que llevó a la ausencia de alguno de los anillos en los pinos repoblados. De manera que aunque la variación de los índices de los anillos de crecimiento de ambas especies no mostró variaciones relevantes entre el periodo década de 1950 a 1990, la pérdida de algunos anillos se concentró principalmente en los últimos años (Raventos et al, 2001).

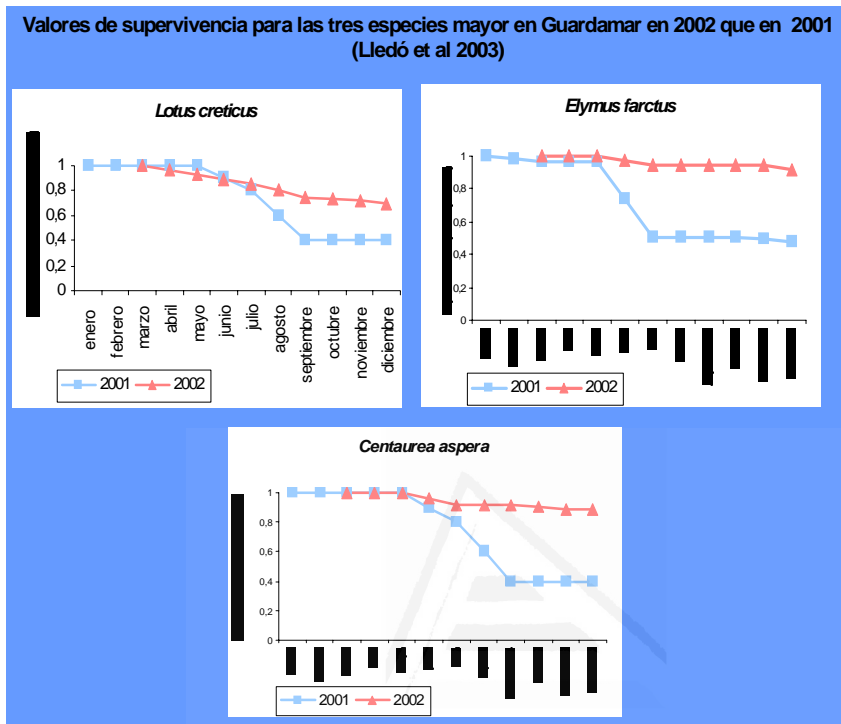
Además de otros factores a los que hace referencia Raventós (2001), la prolongada ausencia de lluvias pudo extender el estrés hídrico durante demasiados meses, precisamente cuando la temperatura y la radiación permiten



el desarrollo de las plantas y explicar las ausencias de anillos de finales de los años 90. Esta secuela no debe afectar igual a todas las especies, puesto que en los dos *Pinus* se observó que no faltaban anillos entre 1950 y 1988, pero los troncos mostraban un incremento del número de ausencias durante la década de los noventa. No obstante la frecuencia era mayor en *P. halepensis*, y se incrementaba en los últimos años de la década, estando fuertemente correlacionada con la severidad de los daños de las copas por el spray marino (Raventós et al, 2001).

En la gráfica se relacionan años de comienzo de ausencias de anillos y pluviometrías, que no parecen tener relación hasta 1993. Quizá tuvo importancia relevante también la plaga de escolítidos que afectó en mayor o menor grado durante años el pinar, debilitado por prolongadas ausencias de lluvias, provocando la pérdida de importante biomasa de hojas cuanto no la muerte de los pinos. No menos contribución a esta falta de anillos de crecimiento pudo tener en hecho de que buena parte de los árboles eran de avanzada edad.

Cuando se trata de plantas herbáceas, parece más directa la influencia coyuntural de la falta de agua en la vegetación, tal y como se pone de relieve en



los datos de supervivencia en 2001 y 2002 de Lotus, Elymus y Centaurea, utilizados en experiencias de restauración de dunas en Guardamar por Lledó et al (2003), en dos años

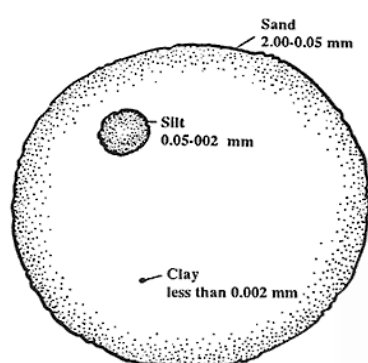
consecutivos. Frente a porcentajes del 90 al 80 % de supervivencia en el año 2002, contrasta que en septiembre de 2001 solo se alcanzó el 40 %. Estos datos pueden relacionarse con las precipitaciones directamente. En otoño e invierno de 2001 la precipitación fue de unos 80 litros, frente a más de 170 del mismo periodo en 2002. También en primavera y verano fue más desfavorable para 2001, 30 litros de lluvia frente a 49 l/m² para 2002, circunstancias estas que posiblemente habrán tenido un papel determinante en la elevada mortandad del primer año.

En relación con la disponibilidad de agua para las plántulas sembradas la única posibilidad en ausencia de lluvias es la retenida en los poros del suelo, puesto que los sistemas radicales apenas están desarrollados. Por lo tanto las lluvias del otoño e invierno tendrán una influencia decisiva en el porcentaje de agua en suelo que llegue a la primavera y pueda quedar disponible para el verano, así como el mantenimiento de los niveles por las lluvias de primavera.

4.3.5. Procesos y dinámica hídrica en el sustrato arenoso en un clima casi desértico. Relación entre potenciales matriciales del suelo y disponibilidad hídrica de las plantas a lo largo del verano en distintos niveles topográficos.

La escasa e irregular lluvia que cae en la zona de estudio proporciona una

posibilidad mayor para estudiar la dinámica hídrica en este suelo, porque como se ha dicho más atrás el agua que alberga se convierte en la fuente de suministro único para las plantas a lo largo de varios meses. Ante situaciones de menor humedad, las plantas necesitan una mayor energía para extraer el agua del suelo y presentan potenciales menores; por consiguiente existirá una relación directamente



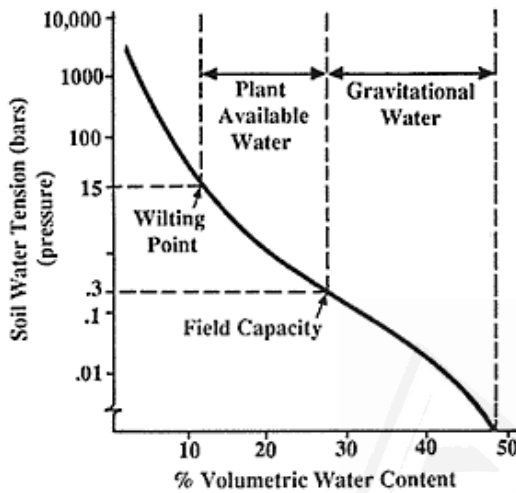
Klocke & Hergert , 1996.

proporcional entre el potencial hídrico de base (Ψ_{wp}) y el flujo de savia (Chirino et al, 2002).

El volumen de agua disponible para las plantas, que se sitúa entre el agua gravitacional que el discurre sobre el suelo o se infiltra hacia las capas inferiores y aquella que no pueden tomar las raíces por estar retenida con mucha fuerza por las partículas del suelo, marca el punto de marchitamiento y es mucho menor para los suelos arenosos. Según Terradas (2001), cuando los potenciales matriciales llegan a -1.5 MPa (= 1.500centibares) se alcanza el punto de marchitez permanente (PMP), que hace imposible extraer agua. El agua tampoco está disponible para las plantas, salvo de forma momentánea, si el potencial matricial debido a la adherencia de las partículas de agua al suelo es superior a 10 centibares, porque no puede retenerse el agua por el suelo contra la gravedad y se infiltra hasta niveles inferiores. Este punto se conoce como capacidad de campo.

Para expresar la cantidad de agua en el suelo normalmente se utilizan dos conceptos, el contenido de agua en el suelo y la tensión de agua en el suelo. En el primero se pueden utilizar para medir sensores de capacitancia o los sensores

de TDR, sensores de neutrones, cuyos valores vienen usualmente expresados en porcentaje volumétrico. Para el segundo, el potencial hídrico del suelo o tensión de humedad del suelo expresa la fuerza con la que las partículas de agua están adheridas a la matriz del suelo.



Klocke Norman & Hergert Gary, 1996.

El agua disponible entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es mucho menor para suelos arenosos que para suelos arcillosos o francos, pero varía también mucho dentro de los suelos arenosos, puesto que los capilares que posee el suelo son muy diferentes dependiendo de la granulometría y porcentajes de

cada diámetro que tenga el suelo. En el caso de estas arenas, al sur de Guardamar donde se realizan los trabajos de campo, en el frente de la contraduna al sur de la población, la distribución de diámetros es de 92,8 % con granulometría 0,125 mm, 1,9 % diámetro 0,100, y un porcentaje del 4,8 % que retiene el tamiz de 0,250, frente a solo el 0,5 % de finos, menores de 0,06 mm, fundamentalmente arcillas.

Puesto que el agua asciende por los capilares debido a la tensión superficial y la adsorción a las paredes, que crean una tensión negativa capaz de vencer la gravitatoria, cuanto más pequeño es el diámetro del poro mayor es la ascensión, y además permite el desplazamiento del agua en cualquier dirección y sentido y no solo en la vertical, incluida el agua procedente del riego o lluvia que además resulta retenida. La geometría del poro es mucho más compleja que los tubos capilares simples, pero el agua está bajo presión negativa debido a las fuerzas del tubo capilar (Klocke et al, 1996).

Las observaciones realizadas permiten afirmar que los diámetros de estas arenas admiten la formación de poros capilares capaces de posibilitar no solo la retención de agua, sino ascensos desde la zona freática del suelo hasta alturas que dependerán de situaciones y texturas concretas, y de otras circunstancias quizá relacionadas con el mantenimiento de una capa donde los capilares están saturados, y que podrá mantenerse a lo largo del tiempo siempre que no cese el flujo del agua hasta el exterior, por evaporación o bien por la absorción desde las raíces, renovando el agua disponible a partir de la ascensión desde el nivel freático. Para ello la tensión del agua del suelo debe ser la que permita a la planta tomar el agua disponible, y que para Terradas (2001) oscila entre -1500 centibares del punto de marchitez y cuando la humedad es abundante el potencial matricial es superior a -10 centibares, porque no puede retenerse el agua por el suelo venciendo la gravedad, y se infiltra. Según este mismo autor este intervalo de agua capilar disponible para un suelo arenoso, o capacidad de campo, se encuentra entre -0,3 y -300 centibares.

Otros autores como Klocke Norman & Hergert Gary (1996), o las propias recomendaciones del dispositivo Wattermark cuyos sensores se han utilizado en este trabajo, coinciden con estas cifras: entre 0 y -10 centibares el suelo está saturado, entre -10 y -30 tienen suficiente humedad, entre -30 y -60 puede comenzarse a regar, y por encima de -80 centibares el suelo se seca peligrosamente.

Saxton et al (1986) estudian las relaciones continuas del contenido de agua del suelo-agua con los potenciales y la conductividad hidráulica del suelo dependiendo de la textura. La relación potencial es continua y no lineal a partir de 10 y hasta 1500 kPa. Lineal a partir de valores menores de 10 kPa hasta la entrada de aire en el suelo, y un contenido en agua constante debajo de potencial de la entrada del aire.

Como consecuencia de las tensiones capilares probablemente se produzca un efecto de succión en el suelo, similar al que se produce en las plantas y en parte vinculada a ella. De un lado, parte de la energía radiante comprendida en el espectro de radiación solar que reciben, que corresponde a la radiación

fotosintéticamente activa (de forma abreviada PAR), se transforma en energía que se incorporan en los enlaces químicos de las moléculas orgánicas que se sintetizan. Pero otra parte muy importante de la energía que emplean las plantas no se fija en forma de complejos químicos, sino que les sirve para trasladar contra la gravedad los nutrientes, desde la raíz a las hojas. Es la energía consumida en el movimiento evapotranspiratorio (Terradas, 2001).

Este mismo autor establece unas proporciones para ambas energías utilizadas: un 40 % de la radiación solar se invierte en evapotranspiración, frente a menos de un 1 % que sirve para fotosintetizar. Por lo tanto cuando el suelo no tenga suficiente agua, aunque la radicación sea grande, el transporte se interrumpe. El agua ejerce una función energética para las plantas, pues hace el trabajo de acarreo de nutrientes materiales contra la gravedad. Constituye una energía extrasomática o subsidiaria a la de la fotosíntesis (Terradas, 2001.).

Cuando por falta de lluvias se crea una potente capa superficial seca, la radiación solar apenas afectará a la capa superior húmeda y los cambios de temperatura en el suelo más profundo serán poco relevantes, disminuyendo mucho el efecto de succión. En este sentido se han medido los cambios de temperatura, y en el mes de noviembre de 1996, las variaciones de temperatura son muy grandes para los 5 cm de profundidad, mientras que a 10 y 20 cm son muy pequeñas (Escarré et al 1996).

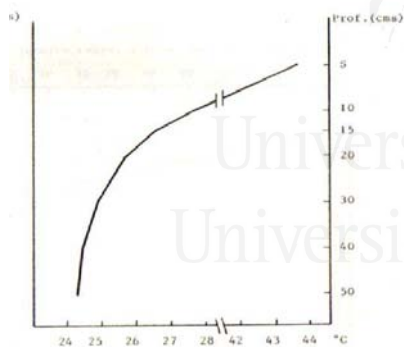


Figura 11.- Perfil térmico en profundidad .
Registro de una duna móvil en una jornada estival .

Seva, 1982.

También Seva (1982), en las dunas del Altet constata que el leve descenso de las temperaturas que se observa entre capas de 20 y 40 centímetros está bien relacionado con el aumento de humedad que se aprecia a esos mismos niveles, y que correspondería al tramo en el que es máxima la evapotranspiración.

En este mismo trabajo se realizaron mediciones relacionando los cambios de temperatura con la profundidad, en época estival. En su gráfica podemos ver

como a partir de los 40- 50 cm de profundidad la temperatura del suelo permanece ya estable, descendiendo en estos centímetros desde 44° C de la superficie hasta casi 24° C. Estas mediciones le permiten afirmar que encontrar arena humedecida a -20 y – 40 cm de profundidad, en dunas amarillas y después de un largo periodo de sequía puede sorprender bastante a un observador que siempre ha considerado el sistema dunar abierto completamente a la pérdida de agua por evapotranspiración y drenaje. Según este mismo autor esto se produce gracias a unas ciertas propiedades del sustrato que dan como resultado la acumulación de agua a ciertos niveles y que permite asegurar que el agua no sea el gran factor limitante como a primera vista parece (Seva, 1982).

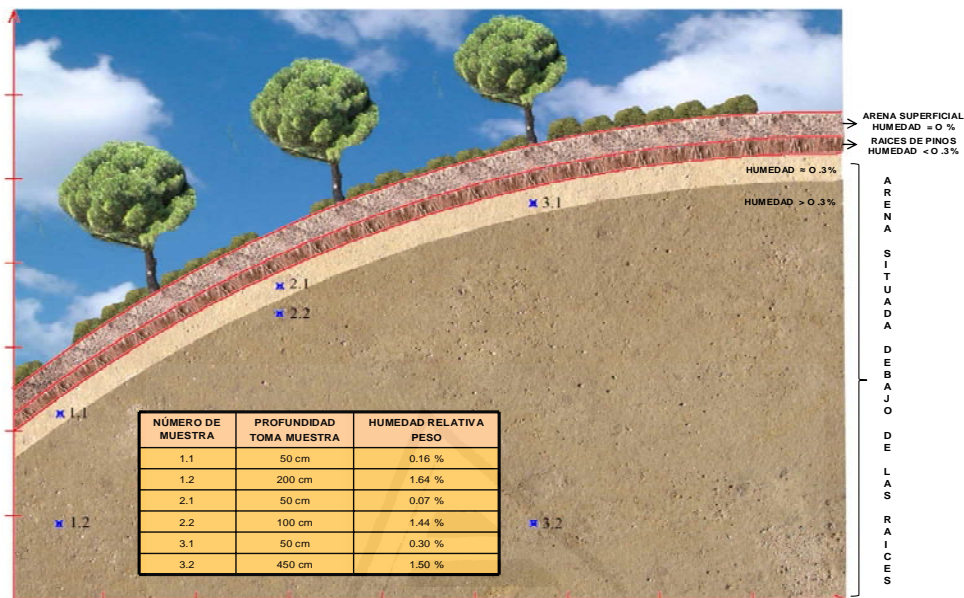
Como se ha dicho más arriba, estas observaciones podrían explicarse como el producto de un proceso similar al que ocurre en las plantas para el ascenso de agua desde las raíces hasta las hojas (Terradas, 2001). De manera que la diferencia de potencial hídrico, más negativo en hojas que en raíces y entre estas y el suelo, genera una tensión en la columna de agua, y es lo que tira hacia arriba. Todo el flujo de agua, desde su absorción en el suelo hasta la evaporación desde las hojas al aire, es un proceso pasivo en el que la planta no invierte energía de su propio metabolismo, y que es posible gracias a que debe formarse una columna capilar que se extiende desde el nivel freático hasta la hoja.

En la capa superficial seca, que puede ser mayor de estos 40 a 50 cm de potencia medidos por Seva (1982) en las dunas del Altet, deja de haber agua disponible para las plantas cuyas raíces no penetran más abajo, y si todas están por encima de este nivel la planta muere. Cuando se produce la lluvia o riego el agua se introduce y queda retenida por el suelo hasta una profundidad que depende del volumen por metro cuadrado caído, de manera que cuando el frente de agua infiltrada alcanza la franja de ascenso capilar, se desplaza el aire contenido en los poros, y causa el ascenso del nivel freático (Hsin-Yu Shan, 2003).

Si la cantidad de agua no es suficiente para humedecer la capa entre la arena húmeda del subsuelo y la superficial donde se almacena el agua llovida, queda una capa de arena seca cuyos capilares están llenos de aire. En este caso,

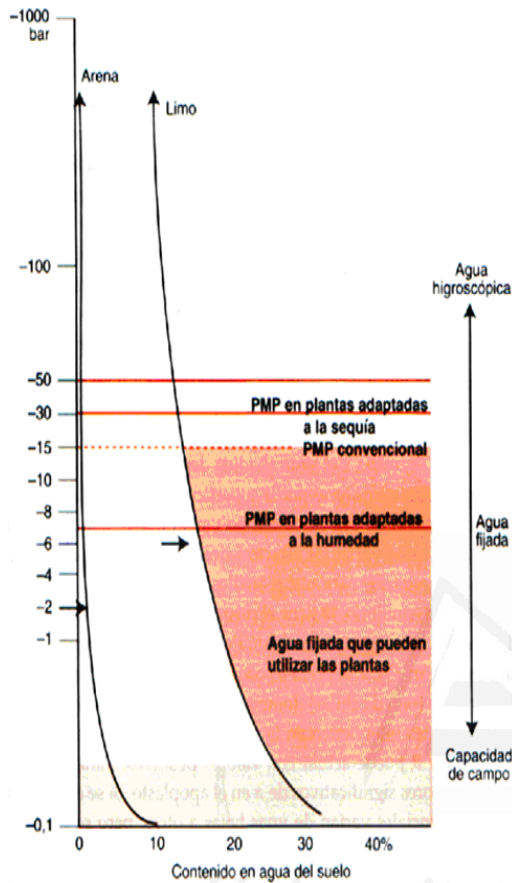
y si aceptamos un proceso similar al que se produce en la subida de agua xilemática en las plantas, para que el proceso no se interrumpa y el agua freática

CORTE DE DUNA JUNTO AL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE "LA FONTETA" – 4 del 8 de 2.002
DUNAS REPOBLADAS DE GUARDAMAR DEL SEGURA



progrese en la columna de agua, ha de mantenerse continua. Este tirón es posible porque existe cohesión entre las moléculas de agua (puentes de hidrógeno), y ello hace moverse la columna de agua hacia arriba bajo la tensión evaporativa, como supone Terradas (2001) en las plantas.

Esta hipótesis permite explicar las observaciones realizadas en el corte de duna de la Fonteta efectuado en el mes de agosto, donde aparece una capa superficial seca que se detiene en la capa de raíces, y más abajo todo el núcleo dunar con un contenido en agua similar, al que corresponde un potencial hídrico del entorno de los 20 centibares, al margen de su altura topográfica en relación con el nivel freático. Según los datos obtenidos en este corte, a una capa superficial de unos 50cm totalmente seca sucedería otra de similar potencia con arena húmeda, entre las que se encontrarían las raíces, que forman una tupida capa de no más de 10 a 20 cm de potencia. A partir de un metro de profundidad el porcentaje en volumen de agua se mantiene uniforme, al menos hasta los cuatro metros por debajo de la superficie dunar, con valores medios del entorno del 2,5 % del volumen total de arena.



Para porcentajes de finos y arenas en diferentes sustratos, Saxton (1986) obtiene unas gráficas con valores mínimos de humedad disponible algo inferiores al 2 %, aunque los máximos son más altos y del entorno del 20 %, lo que se debe probablemente a que se trata de arenas de mayor granulometría y porcentajes altos de finos que superan el 15 %, frente a menos del 1 % en la duna litoral. Más en consonancia con los valores litorales están los datos de Terradas (2001) que relacionan la humedad y potencial hídrico en arenas, para el intervalo entre 200 y 10 centibares.

4.3.6. Estudio experimental en duna litoral para evaluar los flujos de agua, capilaridad, potenciales hídricos, y conocer las posibilidades de disponibilidad de agua freática en épocas de sequía.

Aunque los datos obtenidos solo tienen un valor relativo a esta duna litoral, puesto que la experiencia realizada no se ha repetido en otros lugares y condiciones diferentes, estos pueden tener como interés añadido el que logran aportar valores concretos de flujo de agua y tensiones matriciales, cambios producidos en el suelo como consecuencia de lluvias, proporciones de evaporación suelo-plantas, así como clarificar procesos que puedan ser exportables a otros ámbitos. Y en todo caso aquellos que puedan interpretarse de los datos obtenidos a lo largo de varios meses de medidas en el campo, y puestas en relación con parámetros generales como la radiación diaria o la secuencia días-semanas-meses.

4.4.5.1. Ensayos para conocer el ascenso capilar en estas arenas.

Los datos comentados más atrás, así como el seguimiento de la infiltración de agua en la contraduna litoral practicando un hoyo el día 29/10/03, después de



Estrato superficial humedecido por agua de lluvia, día 29.10.03, tras varios episodios de lluvia a lo largo de 25 días, y total de 35 l.



Capa superficial de la duna humedecida tras varios episodios de lluvias, el día 20.11.03, en el mismo lugar de la foto del 29.10.03, pero desde entonces han caído 46 litros de lluvia adicionales.

varios episodios de lluvia, hacían sospechar que si el agua no desciende por quedar retenida en los huecos de los granos de arena venciendo la atracción gravitatoria, de la misma manera se produce una adsorción del agua a las paredes de los capilares más finos que dejan entre sí las arenas, capaz de vencer la misma fuerza y provocar el ascenso del agua desde los niveles saturados del suelo hasta la atmósfera.

La realización de otro hoyo el día 20/11/03 después de haber caído 46 l, permite la comparación de ambos mantos superficiales donde la lluvia se ha retenido, y cuyo espesor no supera los 30 cm después de haber recibido 79 litros entre octubre y noviembre, lo que parecen evidenciar una gran capacidad de almacenamiento de agua por adsorción al sustrato arenoso que le impide descender. A ello hay que descontar el agua que ha pasado a la atmósfera, y que según los valores obtenidos en esta experiencia suponen un volumen importante de humedad, puesto que la posibilidad máxima de almacenamiento calculada no suele superar el 10 % del volumen de la arena, salvo periodos cercanos a episodios de lluvia.

Si el agua caída estuviese toda ocuparía casi el 88 % del total de los poros, incluidos todos los huecos del manto de la arena húmeda, circunstancia que no parece posible porque aparentemente, por otros ensayos realizados, el agua capilar no ocuparía ni la mitad de ese 30 % de hueco que dejan todos los poros, incluidos todos los diámetros, porque se infiltraría. Esto lleva como consecuencia que en esta potencia de 30 cm mojada no podrían almacenarse más 30 litros a 45 litros, según las granulometrías. En todo caso la diferente consistencia de la capa empapada, aunque con una potencia similar que se aprecia entre ambos días, parece dejar constancia de la existencia de capilares de diámetros diferentes con afinidades por el agua también distintas, y de un continuo proceso de bombeo de agua desde el suelo a la atmósfera, puesto que no se infiltra hacia mantos inferiores.



Bureta con arena enrasada a 50 en el matraz, a los 5 minutos de llenado de agua. Se observa la columna húmeda a 38,5.

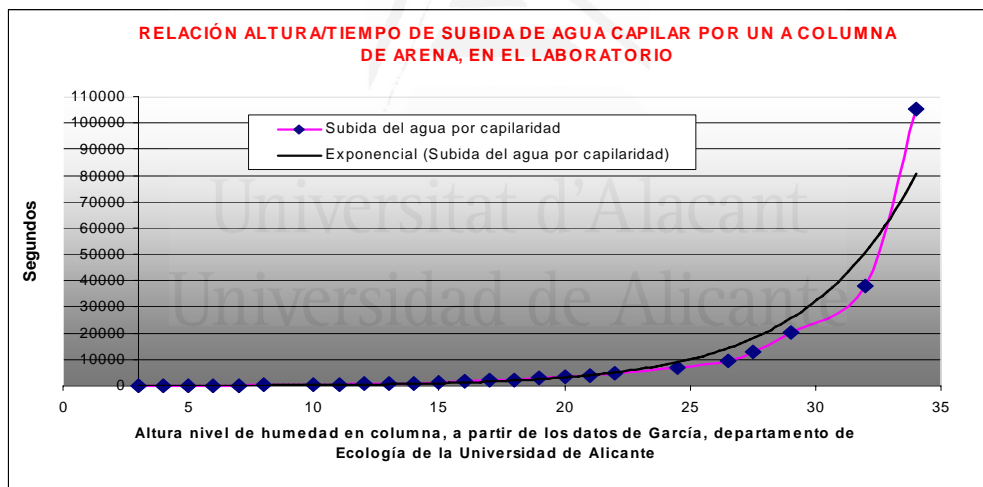
Una primera experiencia sencilla que se planteó para observar la capacidad de ascenso del agua por los capilares de estas dunas fue colocar una bureta llena de arena seca, con una gasa en la parte inferior para evitar la salida de los granos, e introducido su extremo en un matraz, que permitiese distinguir dos cosas, por una parte visualizar la columna que se iba humedeciendo, y además medir el tiempo y altura recorrida por el agua ascendente.

Esta experiencia solo pretendía mostrar que existe el ascenso capilar y tener una idea del desarrollo, en cuanto a velocidad y altura que alcanza en un tiempo razonable, puesto que el procedimiento no permite el conocimiento preciso de los pasos, ya que es posible que parte de la columna vaya acumulando una

humedad que ocupe solo pequeños capilares, e insuficiente para que pueda visualizarse salvo con instrumentos sensibles.

Al octavo día, la columna de arena con humedad visible alcanza casi 38 centímetros, y ya se interrumpen las mediciones, porque en los últimos días apenas se observa avance alguno en el ascenso. Aún admitiendo que hay interferencias por la propia existencia del vidrio de la bureta, o que en el medio dunar el grado de empaquetamiento de las arenas, y la ordenación de las granulometrías pueda tener características algo diferentes, estas observaciones, y la que realizó García (2003) del DEUA, parecen mostrar que la adsorción del agua en los capilares de estas arenas difícilmente posibilita sobrepasen los 40 cm de altura, a partir del nivel piezométrico.

Estos datos no explicarían por sí mismos el hecho de que sea posible el mantenimiento de un médano dunar, con las humedades medidas en el corte de



la duna en la Fonteta, a lo largo de meses sin precipitaciones, y además manteniendo la masa de pinos vivos. Son necesarios otros mecanismos que colaboren a vencer la atracción gravitatoria, y que permitan la existencia de arena húmeda a profundidades similares, tanto en la cresta como en los senos dunares. En otro caso además de no ser posible la existencia de plantas en las zonas altas, salvo anuales en épocas de lluvias, o árboles con raíces profundas, las condiciones de ausencia de lluvia modificarían con toda probabilidad la distribución de las plantas psammófilas en el campo dunar, con lo que los

resultados obtenidos en los transectos podrían tener influencia variable, más por las disponibilidades hídricas que por situación con respecto al mar, además del efecto del spray marino.



Corte de duna de Guardamar el día 31.11.03, a unos 700 m del mar, pueden observarse una capa superficial impregnada de unos 70 cm, tras los 90 litros de lluvia caídos en otoño, unos 20 cm de arena seca donde se encuentra la capa de raíces, y el sustrato dunar inferior con humedad permanente.

Observaciones realizadas mediante la realización de hoyos en la zona del yacimiento de la Fonteta han permitido comprobar que tras periodos sucesivos de lluvias producidos durante el otoño aparece una situación en sándwich, con un sustrato húmedo profundo, y a un metro de profundidad una capa intermedia más seca de unos 30 cm de espesor, y a continuación otra húmeda en contacto con la superficie, de unos 70 cm, donde se almacena parte de los noventa litros de agua caídos. Esto parece en consonancia con

todas las observaciones realizadas, y permite afirmar que solo cuando desaparezca la capa seca podrá bombearse agua desde el freático profundo hasta las raíces situadas por encima de la capa húmeda inferior, puesto que solo entonces existirá una columna de agua ininterrumpida, desde el freático hasta la raíz.

4.4.5.2. Desarrollo del experimento en la duna litoral.

Aunque las observaciones realizadas en el laboratorio con la bureta llena de arena permiten visualizar el ascenso capilar del agua en las arenas, también es cierto que el resultado no permite afirmar que la adsorción capilar permite la

subida de agua a niveles por encima de los 40 cm, ni explican la persistencia de la humedad a varios metros del nivel freático, y menos todavía en agosto y ausencia dilatada de lluvias. Estas dudas y la eventualidad de poder medir los flujos de agua desde el nivel piezométrico a la atmósfera, tanto a través de la superficie de las arenas como por transpiración de las plantas, llevaron a diseñar un experimento sencillo, que en condiciones de campo permitiese visualizar el



Duna litoral al sur de Guardamar, junto a zonas de cultivos. Tubo de PVC, Sporobolus, Lotus y Cákile. En la parte inferior se observan los cables de los sensores de humedad. Verano 2003.

motor de la “succión” adicional que tira hacia arriba de la columna capilar, al que alude Terradas (2001), y que sumados superasen con creces los 38 cm de altura observados en laboratorio.

Puesto que era necesario aislar la masa de arena medir la evolución de la humedad en su interior

se decidió que la columna de arena debería estar en un recipiente estanco, y este debiera tener las mínimas interferencias por adsorción de agua a sus paredes, además de una altura suficiente y reproducir las condiciones de campo, con lo que parecía conveniente que se realizase en las dunas. Estas circunstancias son difíciles de conseguir en la bahía por la enorme presión antrópica que reciben estas playas, sobre todo en los meses estivales cuando era posible reproducir las condiciones que permitiesen encontrar respuesta a las diferentes dudas, sin interferencias externas por la presencia de lluvias, y además en condiciones de intensa radiación.

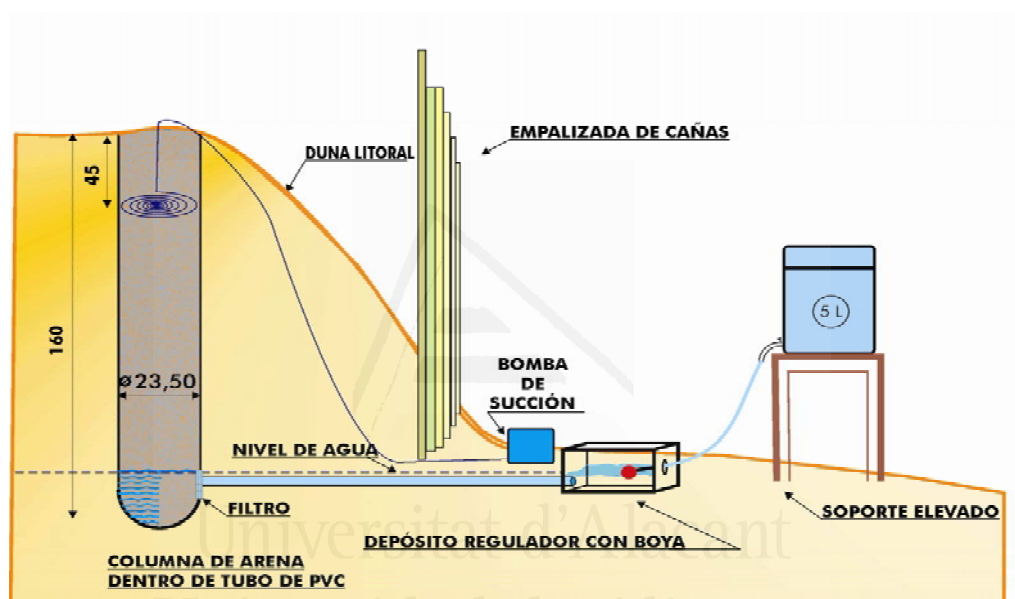
Seleccionada una posición al sur de Guardamar, cerca del lado norte del hotel Campomar, junto a la contraduna litoral, se colocaron los utillajes de manera que desde el interior de una parcela agrícola vallada y colindante, situada también sobre arenas, se pudiesen seguir las mediciones sin interferencias de los turistas.

El depósito de alimentación y el de regulación se colocaron a cubierto para evitar exposición al sol y el deterioro consiguiente, además del calentamiento del agua.

a.- Material para medidas de flujo de agua:

a.1-Columna experimental.

Se trata de un tubo de PVC de 23,5 centímetros de diámetro interior, y 160 cm de longitud, que está sellado por su parte inferior, pero conectado a los 15 cm



Dibujo esquemático donde se muestran los diferentes elementos. Columna con serpentín de succión, tubo de conexión con el depósito regulador, provisto de boya, y pequeño depósito de recarga, luego sustituido por otro mayor. Verano y otoño del 2003.

de la base a un conducto que comunica con un recipiente regulador de unos 6 litros, y situado de manera que el nivel de agua más alto del depósito coincida con la parte inferior del tubo-columna, y más en concreto con el punto de conexión del tubo que conecta el pequeño depósito y la columna de arena. De esta manera el nivel máximo de agua que puede alcanzarse en el tubo columna son los 15 centímetros inferiores.

El depósito regulador estaba provisto de una boya para impedir la entrada de agua de recarga desde otro depósito elevado, mientras no disminuya el nivel porque se extraiga del sistema recipiente/tubo. Este depósito moderador estaba conectado a su vez, inicialmente, o a una bureta situada unos 2 metros más alta y

perfectamente enrasada, que actuaba como recarga. Posteriormente tuvo que sustituirse la bureta de 50 ml que permitía seguir con mayor precisión el consumo de agua por un depósito/almacén de plástico de 5 litros, porque la escasa capacidad de regulación exigía varias lecturas y reposición de agua cada día.

El depósito de recarga se enrasaba en la boca de llenado, que tiene una pequeña sección y que permite seguir con precisión las detracciones de agua que fluyen por un grifo inferior al que a su vez estaba conectado el conducto que llevaba el agua hasta el depósito con boya. Las uniones estaban selladas y visibles para comprobar que no había fugas, y los depósitos están a la sombra y cubiertos para evitar evaporación, salvo un pequeño orificio para equilibrar presiones en el recipiente regulador. Exceptuada la parte inferior del tubo-



Bomba de succión y grupo electrógeno para producir energía eléctrica, conectados a la espiral con orificios, 2003.

columna, pegado con resinas, el resto de las uniones están visibles, para comprobar que no existen pérdidas.

El tubo-columna se enterró dispuesto verticalmente en la duna litoral hasta su parte superior, e inicialmente sobre él se situó un cristal

transparente, a unos centímetros de altura para evitar la llegada de rocío y permitir la normal aireación, de manera que no se alterasen las condiciones de temperatura superficial de la arena e impedir que existan aportes del rocío. Pasados varios días se eliminó por encontrar que en ningún caso en el entorno se producían condensaciones superficiales en las arenas, al menos a simple vista.

La columna de arena comienza con 10 cm de arena, luego 10 cm de grava coincidiendo con el entronque del conducto de agua procedente del depósito regulador, y de nuevo arena hasta la boca del tubo. De esta manera la columna

tiene 145 cm de alta desde la grava a la superficie. La tarea de la grava reside en mejorar la conectividad de la columna de arena y el agua de alimentación desde el depósito.

a.2-Espiral con orificios y bomba de vacío.

Al final del experimento, una vez retiradas las plantas que crecían en la superficie de la columna, se vacían los primeros 85 centímetros y se coloca un tubo de 6 mm de diámetro a -45 cm, al que se practicaron unos mil agujeros con un alfiler, enrollado en espiral plana ocupando toda la sección del tubo vertical, y situado a -45 cm de la superficie de la columna de arena, tapado su extremo, y el otro conectado a una bomba de succión para crear vacío. Luego se vuelve a colocar arena seca hasta enrasar con la duna colindante.

a.3-Sensores para medir humedad en la columna de arena.

Para esto se usaron sensores tipo Irrometer, Watermark, de Copersa, modelo 30 KTCD-NL, cuyas medidas se expresan en centibares (= kpa). Los Watermarks operan en una tensión de intervalo de 10 a 200 Kpa, por lo que se aconseja utilizar este tensiómetro en suelos arenosos.

Estos sensores poseen cilindros de yeso de unos 8 cm de longitud, por 2 cm de diámetro, recubiertos con una malla. Se colocan a 20, 40 y 60 cm de profundidad, en posición vertical. El papel del yeso, material muy higroscópico, es ralentizar las medidas de las variaciones de humedad, de manera que por ejemplo, las primeras horas la humedad, o incluso los primeros días, después de la colocación del sensor, lo que se mide es la humedad del propio sensor, hasta que se iguala con la del suelo. Una brusca variación de la humedad del suelo puede tardar horas en determinarse con precisión.

Para instalarlos deben estar previamente humedecidos, por lo que antes de colocarlos deben introducirse en agua. No se han retirado en los primeros meses de la experiencia, y tampoco en los cuatro meses y medio del periodo de la toma de medidas; solo en el momento de recarga de arena cuando se extraen las plantas, el 12 de septiembre.

La medida de mayor humedad es 0, que representa la inexistente tensión con que las partículas del suelo retienen el agua, e indica suelo saturado. La medida 199 indica sequedad total en arenas, y es el mayor número de centibares con que retiene el agua en este suelo arenoso. De 0 a 10 centibares indica un suelo saturado y no mide con precisión.

Este tipo de sensor se usa en labores agrícolas para conocer las necesidades de humedad. Entre 10 y 30 centibares indica que el suelo tiene suficiente humedad. Entre 30 y 60, es el margen para regar. A partir de 80 el suelo se está secando peligrosamente y la falta de agua puede afectar a los cultivos. En este ensayo, dentro de la columna de arena y una vez concluido el experimento con plantas, se comprobó que la zona radicular densa está entre de los 30 a 60 cm de profundidad, que ha mantenido tensiones iguales o menores que 24 centibares durante todo el tiempo del experimento en que se toman medidas.

b.- Método.

b. 1- Puesta en carga de la columna de arena.

Día de llenado de arena y agua: 5 de abril de 2003. Soleado y sin viento. Para evitar el taponamiento de la entrada de agua por los materiales más finos, que impidan la llegada de agua al interior de la columna se colocaron unos 10 cm de columna de grava, de unos 0,8 cm de diámetro sobrepasando hacia arriba en 5 centímetros la boca del conducto de llegada de agua desde el depósito regulador, que a su vez está situado a 10 cm más arriba del suelo-tapa que sella por su extremo inferior al tubo - columna.

Comprobado el normal descenso en los niveles del depósito de alimentación, el paso de agua y niveles de entrada del tubo- columna, en relación con el depósito regulador, y una vez colocada la grava, se llenó el tubo con arena muy seca de la superficie dunar hasta completar totalmente el cilindro, compactando periódicamente y colocando 3 sensores de humedad, a -60 cm, -40 cm y -20 cm de la superficie. Comprobada la estanqueidad del sistema, fue colgado el depósito/bureta de agua dos metros más alto que el depósito



Bureta conectada al depósito regulador, a cubierto bajo una barraca de madera y cañas. Agosto de 2003.

saturación total de la columna. Este conducto había sido cortado e instalado un grifo para incidencias y comprobaciones.

2.- El 13 de abril se plantaron varias plántulas en la boca del tubo a unos 20 cm de profundidad, *Kakile*, *Sporobolus* y *Lotus*, para ver si enraizaban, se desarrollan y pueden ser útiles para medir evapotranspiración. Después de haber caído los 70 litros de lluvia los primeros días del mes, los sensores de humedad miden "0" centibares de tensión matricial, lo que indica saturación muy elevada.

3.- El día 22 de abril se toman muestras de arena a 20, 40 y 60 cm de profundidad, en las proximidades del tubo, e introducen en un frasco hermético para pesar y averiguar % de agua. Una vez seca en la estufa se vuelven a pesar. Los porcentajes de humedad son del 8 % a 20 cm, del 12 % a 40 y a 60 del 13 %, en peso, lo que indica arenas muy saturadas.

regulador. Una vez llenado el tubo, se comprobó un flujo de agua significativo durante las horas siguientes.

b. 2- Situación de campo y primeras mediciones.

1.- Lluvias de unos 70 litros en los primeros días de abril, que suponen una eclosión de plántulas en las dunas. Se satura el suelo de humedad, de manera que sale una pequeña cantidad del agua gravitacional por el tubo de 16 mm de diámetro que conecta la columna de arena con el depósito regulador como consecuencia de la

4.- La lectura de los sensores el día 1 de junio a las 13 horas refleja arenas muy húmedas: a -20 cm marca 33 centibares, a -40 cm se leen 13 centibares, y a los -60 cm solo 3. Es decir mayor humedad a mayor profundidad.

5.- A primeros de julio del 2003 comprobado el excelente estado de las plantas y su buen desarrollo se rellena de agua al depósito regulador, día tras día para que se establezca bien el sistema, de manera más similar al entorno. La cantidad de agua que debe reponerse no es muy elevada. La semana del 13 al 20 de julio el agua consumida es de dos litros, es decir una media diaria de 285 ml.



Plantas en la boca del tubo- columna de arena, en agosto de 2003

El origen del agua utilizado desde el principio sigue siendo del pozo del salidero situado más cercano al mar, porque debe suponerse que de utilizar las plantas agua freática tendría una composición similar a la del subsuelo de aquellas dunas.

6.- Para mejor seguir el ascenso del agua desde el depósito- bureta inicial utilizado como recarga del sistema, hasta su acumulación en plantas, se añadió un marcador químico al depósito. Siguiendo los trabajos de Mamolos et al (1995) sobre nutrientes escasos en herbáceas, se decidió que fuese Li^+ , por su inocuidad y rareza en estas dunas. Aunque el crecimiento de las plantas era satisfactorio, además de utilizar Li^+ disuelto en el agua, posteriormente se añadieron nutrientes para acelerar los procesos de crecimiento, y por tanto evidenciar más los flujos de

agua. Para preparar en marcador y el abono líquido se procedió de la manera siguiente:

6. a.- Marcador: Li+. Se preparan 25 litros de disolución de LiCl 0,3 Molar, la riqueza del producto es del 98 % (mol de cloruro de litio son 42, 39 gr.) con agua de la red potable de Guardamar, puesto que el aporte de nutrientes alteraba la calidad del agua utilizada, y por tanto parecía innecesario continuar utilizando la del pozo del salidero usada para abastecer a las plantas de la columna hasta hoy.

6. b.- Se añade un compuesto con abono líquido, a base de 8 % en peso de nitrógeno total (en forma de nitrógeno amoniacal- nítrico- ureico), anhídrido fosfórico (P_2O_5) 5 %, y óxido de potasio (K_2O) 7 % p/p , con el fin de estimular el crecimiento más rápido de las plantas, en un medio pobre como las arenas. La concentración de abono líquido es de 2 ml por cada litro de agua, total 50 ml para los 25 litros.

4.4.5.3. Resultados de la experiencia.

A.- Desarrollo general de la experiencia.

Durante los meses en que se controlaron de manera detallada la evolución de los datos de transporte de agua en la columna dunar, desde mediados de agosto de 2003 hasta primeros de enero de 2004, se modificaron las condiciones de la columna, con la finalidad de responder a interrogantes que exigen ambientes diferentes, y cuyos resultados aportan más perspectivas para tratar de conocer el detalle de lo que ocurre en el medio arenoso en situaciones desiguales. Estos resultados en distintas condiciones permiten interpretar mejor los datos obtenidos en el campo en relación con los transectos de las especies psammófilas en correspondencia con la distancia al mar, y la posibilidad de que las distribuciones pudieran estar determinadas por las exigencias hídricas, antes que por el spray marino y otros factores.

Inicialmente, y una vez desarrolladas las plantas y estabilizado el sistema, después de cuatro meses y medio, se fue siguiendo el consumo de agua varias veces al día, comprobando el vaciado que se produce en la bureta, o lo que debe

ser lo mismo, las pérdidas por evapotranspiración desde la superficie exterior de la columna de arena, producidas tanto por evaporación de la superficie exterior de las arenas del tubo como a partir de las plantas.

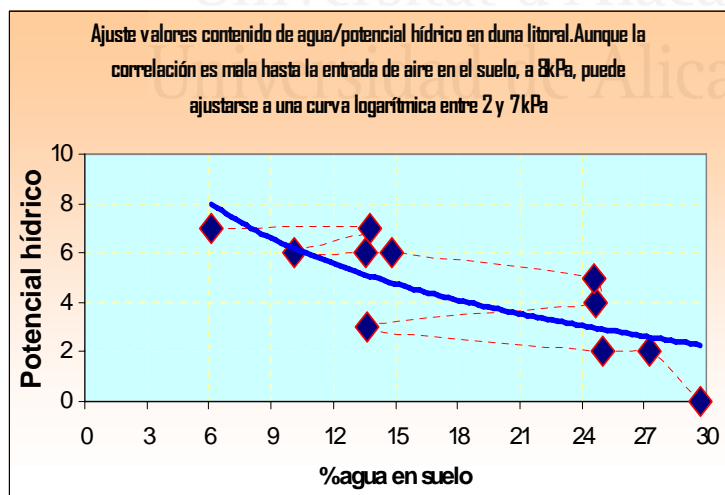
Posteriormente, ya en el mes de septiembre, se colocó un plástico en la



Imagen del borde externo del tubo el día 12/09/03. Se observa el plástico que impide evaporación del suelo, y trozos de cinta aislante negra que cierra los cortes realizados para sacar las plantas.

superficie envolviendo la boca del tubo, que cubierto con arena apenas dejaba salir los tallos de las plantas. Para ello se realizaron cortes en el plástico y sellaron con cinta aislante una vez pasadas las plantas, con el objetivo de conocer la pérdida de agua imputable solo a la transpiración y no por la

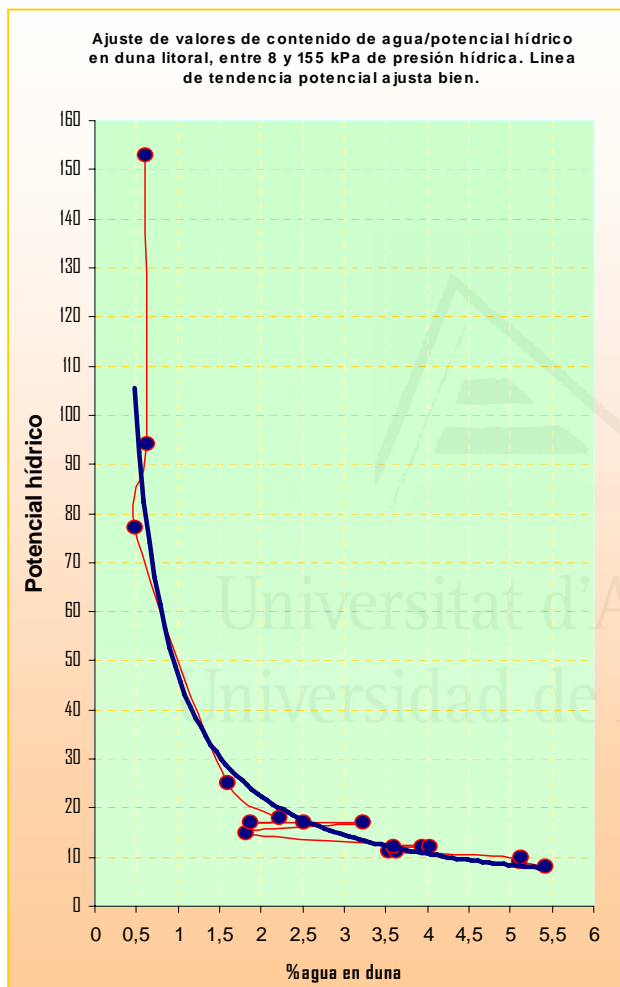
superficie arenosa.



Una tercera medición fue extrayendo las plantas para medir solo evaporación de la superficie arenosa, y finalmente una cuarta circunstancia en

la que fue situada una espiral formada por un tubo de 6 mm con finos orificios, cerrando el extremo y succionando desde una bomba de vacío, para simular el posible papel del “tirón” por succión desde las raíces como consecuencia de la

diferencia de potencial hídrico, de modo que al igual que la diferencia de potencial, más negativo en las hojas que en el suelo o las raíces genera una tensión en la columna de agua que tira hacia arriba, tal y como sostiene Terradas (2001), también esta diferencia en relación con las raíces y la tensión con que el agua es retenida por el suelo, debe producir el ascenso capilar por las arenas.



La entrada de aire en los capilares producirá un efecto similar al de cavitación de los capilares, y que tendrá como consecuencia la interrupción del bombeo de agua desde niveles superiores. Sin embargo, en condiciones de saturación este efecto succionador permitirá junto a la adsorción capilar, mantener unos niveles de humedad en el subsuelo bastante estables entre el nivel freático y el manto de raíces, manteniendo vivas las plantas, aún a pesar del esfuerzo que para la vegetación suponga una situación de sequía prolongada, y la ausencia de

otros aportes, como la lluvia.

Resultado de las mediciones de tensión matricial y contenido de humedad fue la obtención de datos que permiten establecer la relación entre tensión y humedad en estas arenas, ajustándose bastante bien a una curva potencial, aunque entre 2 y 7 % en volumen se ajusta mejor a una logarítmica. Estos datos

coinciden con los que obtienen autores como Terradas (2001), o Saxton et al (1986), aunque estas dunas presentan un mayor porcentaje de arenas, menos de finos, y retienen menos agua, con lo que tanto el volumen máximo retenido como en mínimo de tensión al que pierden toda la humedad son menores.

Como se vio más atrás, la única pretensión del experimento era conocer si se podía producir la progresión del agua hasta las partes más altas de la duna. Pero aunque no se pretendía más que poner en evidencia este resultado, las observaciones realizadas pueden utilizarse para interpretar algunos procesos que tienen que ver con lo que de manera habitual ocurre con las plantas en la duna. Se observó entre otras cuestiones que la disponibilidad mayor de agua y



Fotos tomadas el mismo día en lugares contiguos, en la duna litoral. Medio dunar y experiencia, el 19.08.03. nutrientes provocaba una más temprana floración en relación con las mismas especies del entorno. También que a pesar de un sistema radicular que en *Sporobolus* y *Lotus* permite subsistir en condiciones muy difíciles, la profundidad a que se encuentra la humedad en condiciones naturales de la duna dificulta mucho la supervivencia, en contraste con la columna experimental que tiene el nivel piezométrico a -1,45 m, y permite un elevado grado de humedad a -60 cm, como puede verse en las dos fotos realizadas el mismo día, donde contrasta vivamente el estado vegetativo de las plantas según la situación.

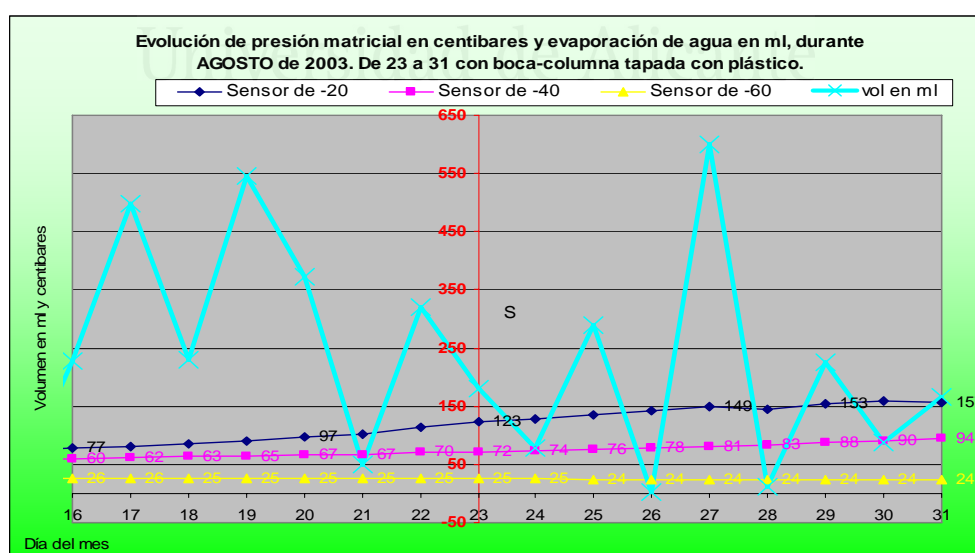
En relación con el aspecto general de las plantas situadas en la columna experimental, el escaso desarrollo y la muerte temprana de *Kákile marítima* ya en agosto, parecen mostrar una dura competencia por el agua, y una menor

adaptación de los sistemas radicales para captar aguas más profundas, además de otras cuestiones relacionadas con la temporalidad de esta planta.

B.- Resultados por periodos de tiempo:

Como se ha comentado más atrás, esta experiencia tiene como finalidad determinar la posibilidad de obtención de agua en las dunas por las plantas, aun en épocas de ausencia prolongada de lluvias, así como los posibles mecanismos de ascenso del agua desde los niveles freáticos y por tanto los mecanismos de supervivencia y posibilidad de vida en los diferentes ambientes y localizaciones topográficas, de las especies del arenal. Como se esperaba para cada una de las condiciones de la experiencia se obtuvieron resultados diferentes, pero que refuerzan una conclusión: la existencia de un flujo considerable de agua desde las capas inferiores saturadas hasta cerca de la superficie, y que a la vez que en condiciones normales eso puede suponer un esfuerzo y una gran dificultad para el crecimiento y desarrollo reproductor de las plantas, como pone en evidencia el diferente estado de las plantas de la columna y las mismas especies del entorno.

b. 1- Intervalo primero con plantas de *Lotus*, *Sporobolus* y *Cakile*: desde el 14 al 23 de agosto de 2003.



Aunque las gráficas corresponden a periodos mensuales las lecturas se han agrupado en las tablas por periodos con las condiciones similares. El primer tramo, del 15 al 23 de agosto corresponde a los días con mayor radiación y calor

Agosto, 2003				
Valores de presión matricial Y evaporación, con y sin plástico cubriendo la boca del tubo.				
Día	-20	-40	-60	cm3
16	77	60	26	228,5
17	80	62	26	499
18	86	63	25	230
19	91	65	25	545
20	97	67	25	372
21	103	67	25	50
22	114	70	25	320
23	123	72	25	180
				303,1
24	129	74	25	78
25	136	76	24	289
26	143	78	24	1,5
27	149	81	24	600
28	144	83	24	11
29	153	88	24	226
30	159	90	24	87
31	157	94	24	165
				182,2

del tiempo de experiencia, y los datos corresponden a toda el agua demandada que han utilizado las plantas y evaporado el suelo. Según lo esperado los consumos deben ser los mayores de todo el periodo, y las lecturas posteriores así lo confirmaron. La media de las medidas diarias, de las que se descarta la del 15, y que a su vez son la suma de varias medidas tomadas a lo largo del día, ofrecen un balance medio de 303,1 ml/día.

Durante los nueve días las lecturas de tensión en los sensores arroja como resultado una gran estabilidad del situado a -60 cm, entre 25 y 26 centibares, equivalente a 1,8 % en volumen de agua. El sensor situado a -40 cm incrementa la sequedad ligeramente pasando de una tensión de 60 kPa a 72 kPa que corresponde a 0,5 % en volumen de agua, mientras el más externo, a -20 cm acelera mucho más la pérdida de humedad, desde 77 kPa a 123 que supone una situación con una humedad por debajo de 0,5 %. Esta evolución de los sensores, que conducen a la total pérdida de agua en los dos más externos y estabilidad en el interno afianza la idea de que no hay aportaciones del medio atmosférico en ausencia de lluvias, tales como procedentes de condensación interna, rocío u otros.

b. 2- Columna con plantas y suelo cubierto con plástico: desde 23 de agosto a 12 de septiembre.

El segundo periodo de agosto desde el 23 al 31, cuando se ha colocado un plástico que impide la evaporación de agua desde la superficie arenosa, presenta como característica más evidente el descenso significativo de los consumos de agua desde 303,1 ml (0,7 ml/ cm²) hasta los 182,2 ml/ día. Admitiendo que la radiación y el viento fueran constantes supone que los 182,2 ml (0,42 ml/cm²) son el volumen correspondiente a la emisión de agua a la atmósfera por las plantas,

mientras desde el suelo se bombeaban 120,9 ml, (lo que equivale a 0,28 ml/cm²) que debe ascender desde el suelo de manera continuada para mantener constante la humedad en las partes internas de la duna, y en este caso el sensor de -60 cm. No obstante al menos las pérdidas por bombeo de las plantas no son constantes, porque las plantas funcionan entre un valor mínimo de luz, el punto de

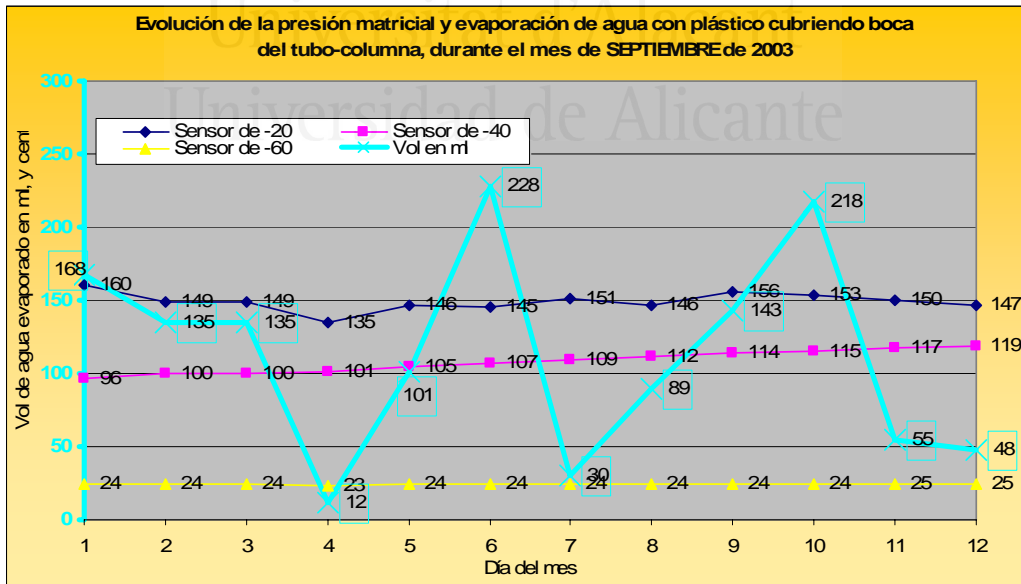
compensación luminosa, en que absorción y emisión de CO₂ se equilibran, y un valor máximo al que se produce la saturación luminosa, que está alrededor de unos 500 W/m² (Terradas, 2001).

1 de septiembre a 12 de septiembre de 2003
Presión matricial en centibares y evaporación, con plástico cubriendo la boca del tubo.

Día	-20	-40	-60	cm ³
1	160	96	24	168
2	149	100	24	135
3	149	100	24	135
4	135	101	23	12
5	146	105	24	101
6	145	107	24	228
7	151	109	24	30
8	146	112	24	89
9	156	114	24	143
10	153	115	24	218
11	150	117	25	55
12	147	119	25	48

Valor medio del periodo **113,5**

Tanto en el primer tramo de agosto como en el segundo y hasta la retirada de las plantas, aparece la gráfica dividida en dientes de sierra en relación con los consumos de agua, que se repiten cada tres o cuatro días. Para los días 1 a 12 de septiembre, cuando continúan las mismas condiciones en el tubo de finales de agosto, la evapotranspiración media diaria de las plantas disminuye hasta 113,5 ml, es decir una



disminución media del 37,7 % en relación al mes de agosto que probablemente tenga que ver con el final del periodo de crecimiento vegetativo y el pleno

desarrollo del reproductor, lo que comporta un periodo de mayor estabilidad fisiológica. La gráfica del consumo diario de agua sigue presentando dientes de sierra pero parece que ensanchando el periodo a cuatro-cinco días.

Comparando las gráficas de evolución diaria de la radiación, correspondientes a varios días del mes de agosto, se observan unos valores horarios que son muy diferentes en las gráficas, y que probablemente tengan una consecuencia tanto en la diferente actividad fisiológica de las plantas como en la situación atmosférica de humedad y paso de agua desde el suelo hasta el aire. De hecho la fotosíntesis usa solo radiación de una parte del espectro de la energía solar, concretamente entre 400 y 700 nm, que es la llamada radiación fotosintéticamente activa (PAR), la cual representa el 47 % de la energía total (Terradas, 2001).

En este sentido Escarré et al (1996) han comprobado que las plantas de *Pinus* y *Tetraclinis* plantadas bajo pinos o a la sombra, que corresponde a los lugares donde no llega más del 50 % de la radiación PAR, fotosintéticamente activa, medida mediante Ceptómetro modelo SF-40, en todos los casos observados la supervivencia es mayor en la radiación mínima (< 50 % PAR), excepto si se usa como sustrato tierra-turba, que en *P. pinea* es mayor la supervivencia en sol que en sombra. Ello quizá tenga relación directa con el hecho de que el exceso de luz puede dañar los sistemas fotosintéticos, y si coincide con un déficit hídrico y la planta recibe un exceso de energía que estando cerrados los estomas, no se puede deshacer canalizándolo hacia la fotosíntesis (Terradas, 2001).

En relación con la humedad del interior, el sensor de -60 presenta una gran uniformidad en las lecturas alrededor de 24 centibares, excepto alguno de los días al principio y final que mide 25. Esta humedad tan estable contrasta con la obtenida a -40 cm que desde 72 kPa desde el día 23 de agosto hasta el 12 de septiembre ha ido reduciendo su valor de forma continuada hasta llegar a una tensión de 119 kPa. El sensor más externo llega casi a medir la tensión más alta, llegando a alcanzar 160 en uno de septiembre, y disminuyendo luego ligeramente como consecuencia de ligeras precipitaciones, que el día 4 ascienden a 1 litro, y

que apenas reducen la sequedad de estas arenas a -20 cm. El sensor pasa de los 160 del uno de mes a 135 del cuatro, para volver a valores de mayor tensión, oscilando entre 145 y 153 centibares.

b. 3- Columna de arena: vaciada y rellenado desde -85cm, desde 12 de septiembre a 15 de octubre.

Aunque el 12 de septiembre ya ha pasado el periodo de mayor calor estival todavía persisten las condiciones de sequedad y las temperaturas siguen siendo altas. El número de lecturas realizadas de los sensores desde el 23 de agosto puede ser representativo de lo que ocurre , y al objeto de poder seguir midiendo todavía en condiciones climáticas similares, se plantea conocer la evaporación



Imágenes del interior del tubo-columna a -85 el 12/09/03, Vaciado con sopladora. Se observan las raíces y rizomas de Sporobolus y Lotus, muy escasas a esta profundidad. La segunda foto, tomada en el laboratorio muestra la longitud que alcanzan las raíces extendidas, sobrepasando los 120 cm.

desde la columna de arena y por tanto el bombeo de agua desde el subsuelo, sin



Imágenes del interior del tubo-columna a -40 el 12/09/03, Vaciado con sopladora. Se observa el segundo y tercer sensor, así como las raíces y rizomas de Sporobolus y Lotus, muy abundantes entre los 30 y 50 cm de profundidad.

que exista intervención de las plantas, al tiempo que conocer la distribución de la zona radical y mejor poder interpretar las razones de la estabilidad en la humedad

a -60, mientras a -40 y sobre todo a -20 cm, cerca de la superficie, se producen grandes variaciones.



Rizomas y raíces primarias y secundarias de *S. arenarius*, una vez desenterradas las plantas con la sopladora, 12.09.03

El primer paso tenía que ser la retirada de las plantas y recogida de la cosecha. Para ello era necesario usar un sistema que produjese el mínimo de pérdidas de fragmentos de las raíces, puesto que las hojas y tallos aéreos podían retirarse manualmente sin grandes problemas. Para ello utilizando una sopladora, y cubriendo con el mismo plástico que tapaba la boca del tubo las partes aéreas de las plantas, se actuó hasta llegar a 20 centímetros de profundidad donde está el primer sensor. Apenas si aparecía alguna raicilla muy



Sporobolus arenarius y *Lotus créticus*. El primero presenta vigorosos rizomas, que en la columna estaban horizontales, y de los que parten tenues raíces, salvo algunas más vigorosas, mientras en el segundo son más largas y robustas, asociadas con abundantes nódulos, y algunas de ellas muy largas. pequeña.

Se sigue con la sopladora y se saca la arena hasta -35 cm, donde aparece la parte superior del segundo sensor. Ya a -30 cm aparece una maraña central muy abundante de rizomas, algunas raíces gruesas y algunas raicillas, tanto de *Lotus* como *Sporobolus*. Esta segunda presenta abundantes rizomas horizontales

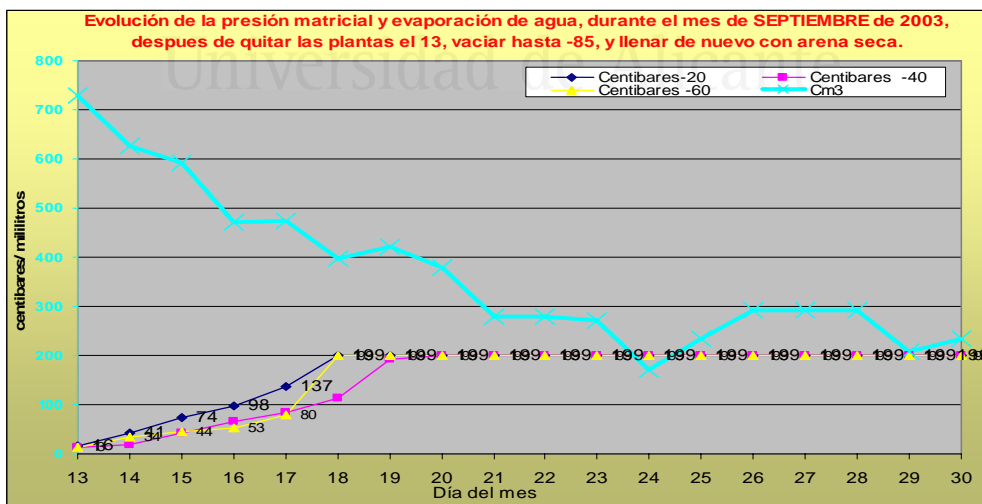
Septiembre 2003
Consumos diarios de agua y centibares de presión matricial, tras vaciado de arena hasta -85 cm, y retirada de plantas.

Día	-20	-40	-60	cm3
13	16	12	13	730
14	41	18	34	627
15	74	43	44	593
16	98	67	53	470
17	137	84	80	475
18	199	114	199	398
19	199	192	199	420
20	199	199	199	380
21	199	199	199	280
22	199	199	199	279
23	199	199	199	270
24	199	199	199	170
25	199	199	199	235
26	199	199	199	292
27	199	199	199	292
28	199	199	199	292
29	199	199	199	207
30	199	199	199	234

Media del periodo 369cm3, hasta el 20 511, y periodo de estabilidad 255.

situados siguiendo un círculo que se adaptan al tubo, de los que a su vez parten raíces delgadas que se ramifican muy abundantes en otras finas y muy reticuladas. Las raíces de *Lotus* parten de otras principales más fuertes, menos enmarañadas y dirigidas hacia el fondo como en cabellera.

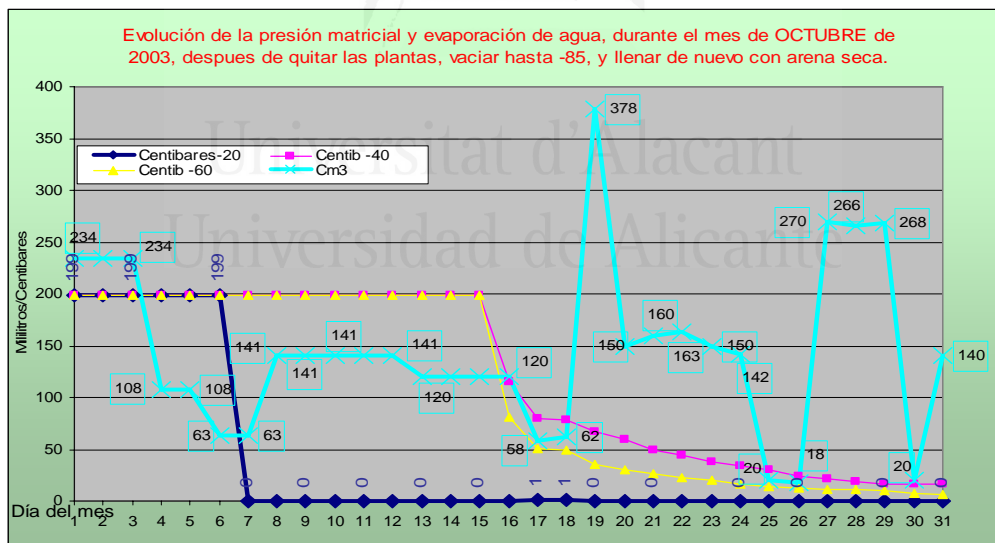
El tercer sensor, a partir de 55 centímetros de profundidad aparece entre arena que está ya húmeda, aunque no se apelmaza bien. Las raíces de *L. créticus* se desarrollan en cabellera, son más gruesas, y menos abundantes, girando y descendiendo, mientras las de *S. arenarius* son muy finas y enmarañadas, ocupando mayor volumen en el tubo. Se retira el sensor y se continúa con la sopladora retirando las



arenas, intentando desenterrar todo el sistema radicular de las plantas.

Para Blasco (2004) la capacidad de absorción depende en gran medida del desarrollo y estructura del sistema radical, y de la continua exploración del suelo y renovación de las raíces finas, además de un gradiente apropiado de potencial hídrico. En la experiencia desarrollada en la columna se comprobó que las raíces de *Lotus* presentaban abundantes micorrizas asociadas, formando rosarios de nódulos, lo que unido a un sistema radicular muy desarrollado y profundo en ambas especies debe ser responsable de la eficacia en la obtención de agua, y por tanto de la capacidad de desarrollo de estas especies en el medio dunar.

Cuando se alcanzan los 85 centímetros de profundidad apenas si queda alguna de las raíces más gruesas. Ambas especies siguen presentes, aunque más escasas las de *Sporobolus*, y poco numerosas pero más robustas las de *Lotus*. Probablemente alcanzaban la parte inferior de la columna, o al menos en la proximidad del nivel piezométrico, aunque aquí las arenas se apelmazaban fácilmente y estaban muy saturadas. Como era muy complicado seguir el vaciado de arena con la sopladora se descartó continuar descendiendo más hacia la base



del tubo.

Para continuar con las pruebas se vuelve a llenar el tubo con arena seca, y se vuelven a poner los sensores previamente humedecidos, a las mismas profundidades, pero esta vez colocando una espiral para succión a partir de -45 cm, realizada con tubo de 6mm de diámetro y de cinco metros de longitud, a los

que se ha practicado dos agujeritos cada centímetro con un alfiler, es decir hay un total de 1.000 agujeritos cuya pretensión era simular mediante vacío la creación de una presión interior negativa que condujese a la absorción del agua, como ocurre por diferencias entre tensiones matriciales del suelo/ raíz/aire.

Octubre 2003
Consumos diarios de agua y centibares de presión matricial.

Día	-20	-40	-60	cm3	
1	199	199	199	234	
2	199	199	199	234	
3	199	199	199	234	
4	199	199	199	108	
	199	199	199	108	Bomba de succión, 728 ml no contabilizados.
5					
6	199	199	199	63	Lluvia, 4l
7	0	199	199	63	Lluvia 5l
8	0	199	199	141	
9	0	199	199	141	
10	0	199	199	141	
11	0	199	199	141	
12	0	199	199	141	Bomba de succión 386 ml no cont.
13	0	199	199	120	
14	0	199	199	120	Lluvia 6l.
15	0	199	199	120	Lluvia 2 l.
16	0	115	81	120	
17	1	80	51	58	Lluvia 10 l.
	1	78	49	62	Día claro, de fuerte poniente y sol.
18					
19	0	67	36	378	
20	0	60	30	150	
21	0	50	26	160	
22	0	44	23	163	
23	0	38	20	150	
24	0	34	16	142	
25	0	30	14	20	Lluvia 5 l.
26	0	24	13	18	Lluvia 1 l.
27	0	21	12	270	Lluvia 1 l.
28	0	19	11	266	Lluvia 1 l.
29	0	17	10	268	
30	0	17	7	20	
31	0	16	6	140	Lluvia 4 l.
				145	

Valor medio diario cm³

A partir del día 12, una vez colocados los sensores, se observan dos evoluciones diferentes a las que hasta entonces se habían seguido. De una parte el consumo de agua que se dispara el primer día hasta más de 700 ml va disminuyendo progresivamente, sin dientes de sierra, aunque con escalones, hasta que se estabiliza por debajo de los 300 ml a partir de una semana, en los primeros días de octubre.

En sentido contrario, con el paso de los días las lecturas del tensiómetro, consecuencia de la desecación de los cilindros de yeso, van indicando un descenso de la humedad similar en los tres

sensores, de manera que antes de una semana indican 199 kPa, lo que indica un grado de sequedad tan elevado que el agua no está disponible para las plantas. Esta situación de “cero” humedad persiste durante un mes más, aunque cada día se van consumiendo 369 ml de media desde el 13 de septiembre, a final del mismo mes.

Como los sensores siguen dando cero humedad, a pesar del consumo de agua y que los capilares ya deberían estar saturados, y ante la posibilidad de que

existiese alguna anomalía en el dispositivo, se desenterró uno de los laterales donde se habían colocado sendos tapones de goma a profundidades diferentes, sin que apareciese nada de humedad. Luego se comenzaron a realizar aplicaciones con la bomba de succión para acelerar el proceso de llenado de la columna por ascenso del agua, porque aunque probablemente existe una pérdida de agua hacia la atmósfera siguiendo los poros mayores llenos de aire en las arenas secas. Según los resultados obtenidos en la bureta de laboratorio, el ascenso capilar, pasados los primeros decímetros del nivel freático no debe progresar, por lo que eventualmente necesitará otros esfuerzos complementarios de succión, y una situación del sistema con las columnas capilares llenas de agua de manera ininterrumpida.

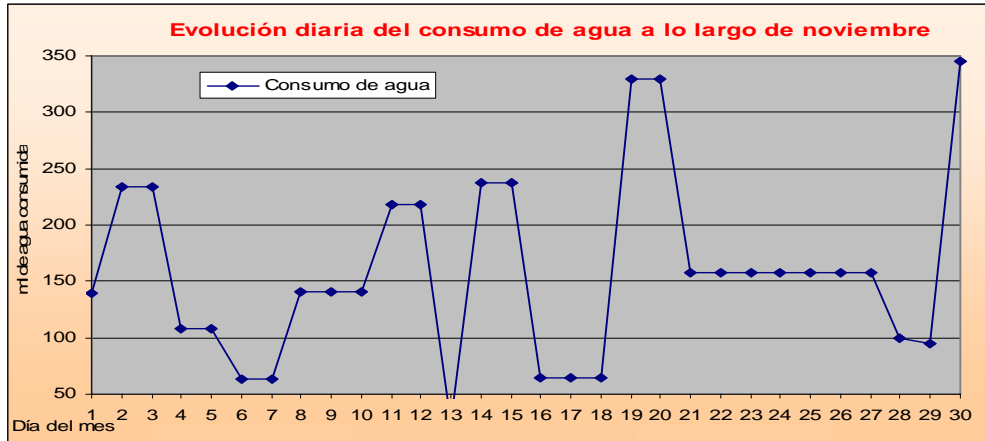
Esta situación comienza a darse a partir de los primeros días de octubre al producirse sucesivos períodos de lluvias, el día 6 se miden 4 litros, el 7 alcanza los 5, el 14 los 6 litros. y el día 17 unos 10 l. Como resultado de estas lluvias se satura la superficie de la columna, de modo que el día 6 el lector de -20 cm pasa de 199 a 0 centibares. Este sensor continúa indicando saturación a lo largo de todo el mes.

No obstante los sensores de 40 y 60 centímetros de profundidad no comienzan a medir incrementos hasta el día 16 de octubre, pero mientras el más profundo presenta ya altos valores de humedad este día (60 centibares), el de -40 indica una más lenta saturación, que contrasta con el de -60 que es casi el doble, lo que concuerda con la mayor aportación de agua producida desde abajo como resultado del funcionamiento de la bomba de succión los días 5 y 12, y el hecho probable de que estos capilares por debajo de la espiral (-45 cm) ya estuviesen saturados, al menos los más finos.

b. 4.- Fase de estabilidad: desde 16 de octubre hasta el 3 de enero en que se retiran los sensores.

A partir del día 14 de octubre y hasta el 17 han caído 18 litros de lluvia, con lo que ya el día 16 se anotan cambios en la humedad del suelo, donde disminuyen bruscamente 84 centibares en el de -40, y más todavía en el más profundo que se reduce en 118 centibares. A partir de aquí se produce una

progresiva disminución de la tensión matricial similar en ambos sensores, de modo que a final de mes los sensores indican “0” para el más externo, 16 el



Noviembre 2003 Consumos diarios de Agua y centibares de presión matricial					Llu via
Día	-20	-40	-60	cm ³	
1	0	15	6	140	
2	0	14	6	234	
3	0	13	6	234	
4	0	12	6	108	
5	0	10	5	108	
6	0	9	5	63	
7	0	8	5	63	
8	0	7	5	141	
9	0	6	4	141	
10	0	5	4	141	
11	0	5	4	218	
12	0	5	3	218	
13	1	4	3	25	
14	1	4	3	237	
15	1	4	3	237	6
16	0	4	3	64	2
17	0	3	3	64	22
18	0	3	3	64	
19	0	3	3	329	4
20	0	3	4	329	8
21	0	3	3	158	
22	0	0	3	158	
23	0	0	3	158	1
24	0	0	3	158	2
25	0	0	3	158	
26	0	0	3	158	
27	4	0	3	158	
28	3	0	3	100	
29	3	0	2	95	
30	4	0	2	345	
Media mensual				160,1 cm ³	45 Litr

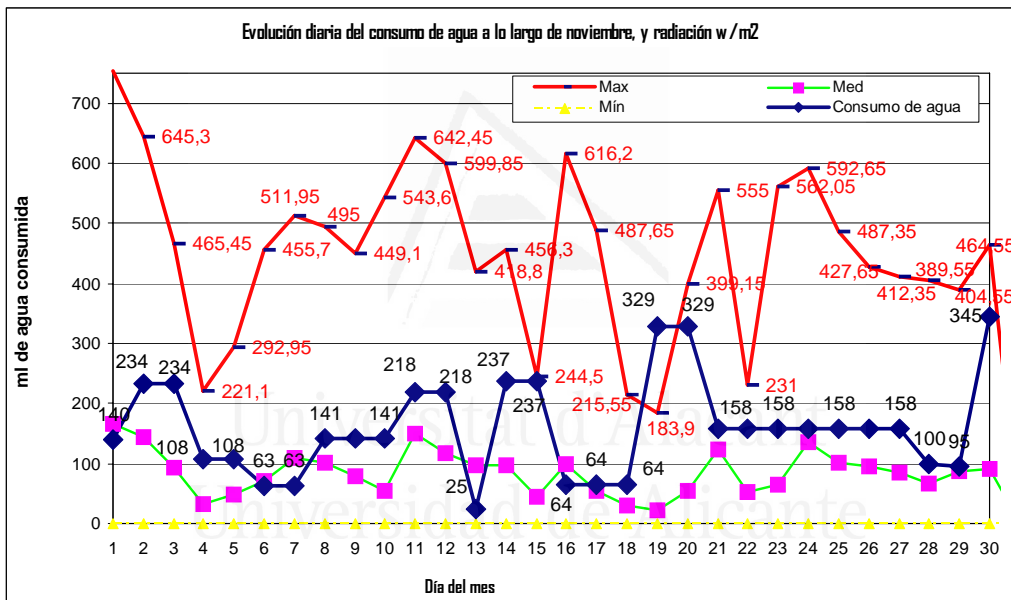
siguiente y solo 6 el más profundo, es decir a final de mes de octubre ya está saturada la columna casi en su totalidad.

El promedio mensual de consumo durante el mes de octubre fue de 145 ml día. Sin embargo el consumo para los 15 primeros días en que la columna está más seca en su interior es algo menor (140, 6 ml) que en la segunda parte del mes (149,1 ml), a pesar de las lluvias caídas a mediados del mes. Este mayor consumo medio, aunque la temperatura y radiación son menores, y de la lluvia caída, es probable que se deba a la continuidad capilar desde el nivel piezométrico, lo que produce un mayor incremento del bombeo hacia la atmósfera.

En el mes de noviembre, la reiteración de nuevos episodios de lluvia a partir de mediados de mes, permite mantener una saturación total de la superficie, aunque la reacción de los sensores no es inmediata, pero primero lo hace el sensor de -40 cm, aunque permanece muy saturado el de -60 cm. La lluvia total caída a partir del día

15 de noviembre, en siete episodios alcanza los 45 l/m². La media diaria del consumo del depósito de los primeros quince días es de 153,8 cm³, mientras en el segundo tramo del mes de noviembre, y a pesar de las lluvias caídas, la media de evaporación alcanza los 166,6 cm³.

La evolución de los consumos de agua desde mediados de octubre presenta un trazado muy irregular, con picos que superan los 300 y senos que apenas superan los 50 cm³, sin que aparentemente responda a ninguna pauta. Posiblemente elementos como la intensidad y sentido del viento, la temperatura ambiente o la humedad atmosférica tengan mucha relación con la regulación de la



intensidad del intercambio de agua suelo/atmósfera.

En la gráfica que relaciona la radiación con la evaporación durante el mes de noviembre se observa paralelismo en algunos días, pero no parece suficiente este factor en solitario para explicar la evolución de los consumos de agua, más todavía porque las lecturas en este mes no se realizan todos los días, y aparecen mesetas correspondientes a lecturas agrupadas de varios días, que al desglosarse en los consumos reales podrían proporcionar una mayor correlación. A lo largo del mes de diciembre tan solo han caído 23 litros el día 12, se han espaciado las lecturas y con ello la evolución diaria del consumo es menos precisa y además se utilizó varias veces la bomba de succión, con lo que los

resultados están influidos por estos días de puesta en marcha de la bomba. La media de los 34 días hasta el 3 de enero en que se retiran los sensores es de 99,5 cm³, no obstante los tres sensores indican saturación elevada que varía entre los valores más frecuentes de 3 a 5, y con mayores oscilaciones del situado a -20 cm que va desde 1 a 10 centibares.

C.- Experiencias con serpentín y bomba de succión.

Como ya se ha dicho más atrás el objetivo de esta prueba era reproducir el efecto de succión que en la dunas debe producirse por las diferencias de

Diciembre 2003				
Consumos diarios de agua y centibares de presión matricial.				
Día	-20	-40	-60	cm3
1 y 2	4	0	4	210
3 y 4	5	1	2	205
5 al 14	5	2	4	1080
	7	3	3	22
15 al 19				
20 a 11h	7	3	3	105
20 a 16,30	7	3	3	143
21	7	3	3	53
22 al 24	10	5	4	330
25 al 27	1	6	4	460
28	9	4	5	139
29 al 31/04	9	5	5	775
Media diaria de los 34 días				99,5 cm ³
Media mensual				101 cm ³

potencial hídrico, sustituyendo este proceso natural por un sistema basado en succión generando vacío. Aunque ambos no tienen en común la similitud entre las fuerzas succionadoras, sí lo es la necesidad de contar con capilares llenos de agua de forma ininterrumpida, posibilitando así el tirón de toda la

columna. La sequedad dunar y entrada de aire hace imposible la succión, que se interrumpe salvo que en este proceso se dificulte la entrada de aire atmosférico procedente de la capa superior totalmente seca, lo que se realizó simplemente mojando la capa superficial. Otra dificultad es la potencia de la bomba, que puede ser capaz de tirar de los capilares finos, pero no de la columna en los capilares de mayor diámetro.

El tipo de bomba de succión utilizado inicialmente fue Maximum Vacuum, con una capacidad de generar tensión de 84 centibares, de las que se utilizan en

el laboratorio para filtraciones, conectada a un generador transportable de energía eléctrica. El día 28-9-3, dos semanas después de haber recargado la columna con arena, se conectó la bomba de vacío durante 20 minutos, durante los cuales se consumieron 680 ml. Previamente se había vertido un litro de agua en la boca del tubo, con el objetivo de producir un efecto tapón del aire externo con la arena mojada, que impidiese su entrada desde la superficie, y “tirar” así de las columnas capilares. Una vez parada la bomba de vacío se retiró la arena mojada de la boca del tubo. Se repitió la experiencia el día 5 de octubre durante 38 minutos, consumiendo 728 ml.

El día 12/10/03, y después de algunas precipitaciones durante los días 6 y 7 (4 l. y 5 l.), solo el sensor más superficial indicaba saturación de humedad mientras los dos más profundos median 199 kPa, poniendo a funcionar la bomba de succión durante 70 minutos. La ligera variación a -20, que oscila de 0 a 3, parece ser consecuencia de la succión de la bomba. Es bastante menor el volumen que sube (386 ml), a pesar de ser doble el tiempo de funcionamiento.

El día 19/10/03, una semana después, han caído 18 l, y se repite la puesta en marcha de funcionamiento de la bomba de succión (con serpentín helado por si el vapor de agua que se extrae pudiera condensarse), durante una hora, comprobando previamente que el aire pasa bien por el tubo helado. No varían los valores de los sensores, 0, 67 y 36, para 20, 40 y 60 cm de profundidad, y el agua repuesta es de solo 12,5 ml. No se produce condensación en el serpentín.

Día 20 por la mañana durante 25 minutos solo 3ml. Se cambió la bomba por otra de mayor capacidad de vacío. Por la tarde se hizo funcionar durante 30 minutos, ocasionando que el incremento de la capacidad de vacío de la bomba y la presión negativa consecuente aumentó la absorción hasta un consumo de 103 ml. El incremento elevado de la tensión de succión de la bomba probablemente tenga relación con el ligero aumento de los valores de tensión matricial que miden los sensores, además de una disminución ligera en la saturación de las arenas entre 40 y 60 cm de profundidad, debido probablemente a la absorción por vacío.

D.- Conclusiones, en relación con los datos obtenidos de la columna experimental en la contraduna litoral.

1.- Considerados los datos globales de los 140 días en que se tomaron datos de la columna hay un salto cuantitativo muy reseñable en el mes de agosto, según la columna bombease agua hacia la atmósfera desde las plantas y suelo (312 ml/ día), o solo desde las plantas (182 ml/día), aun con similares condiciones ambientales.

2.-En los doce días de septiembre, y en iguales circunstancias, los valores de consumo son menores que los de finales de agosto (113,5 ml), lo que parece acorde con el final de verano y la situación de las plantas ya desarrolladas y con espigas, y por tanto el crecimiento vegetativo ralentizado.

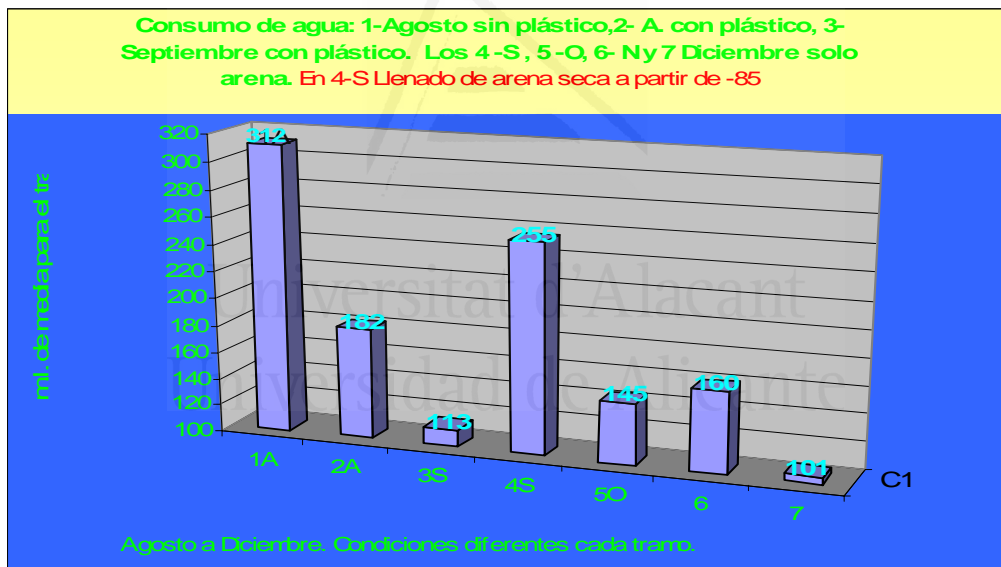
3.- Durante el proceso de nueva recarga de la columna, a partir del 13 de septiembre, aparece los primeros días un aumento del gasto de agua muy elevado, durante los cuales probablemente debe ascender el agua por los capilares más finos, y progresivamente a mayor altura y saturando los capilares de menor a mayor diámetro, y ascendiendo hacia la superficie de la columna. La caída del consumo, a pesar de mantener la escasa humedad en los tres sensores, y la estabilidad de la situación parece poner en evidencia la incapacidad de ascender el agua por la duna, al menos en estado líquido y a partir de una cierta altura, la cual debe tener relación con la granulometría y composición del suelo.

4.- La estabilidad en el consumo de agua y en una elevada tensión matricial, la mayor que son capaces de leer los sensores (199 kPa), hasta primeros de octubre cuando comienzan a caer la primeras precipitaciones, parecen traducir la necesidad del concurso de las lluvias para recargar la columna, incluso de los 85 cm que dista el nivel piezométrico hasta -60 en que está situado el primer sensor.

5.-Las primeras lluvias a partir de principios de octubre, coincidiendo también con el uso de la bomba de succión el día 5, comportan inicialmente la disminución brusca del bombeo de agua, y la saturación rápida de las arenas

hasta el primer sensor a -20. El uso de la bomba de succión una vez más el día 12 es seguido de una nueva disminución de los consumos diarios y nuevas precipitaciones acaban humedeciendo las arenas en todos los sensores, pero a la vez aumentando de nuevo el consumo de agua, a pesar de indicar todos los sensores saturación elevada. Probablemente las columnas capilares se han completado en su mayor parte, sin burbujas de aire, con lo cual parece evidenciar que la humedad es capaz de pasar más fácilmente hasta la atmósfera teniendo las arenas un nivel de saturación elevada. Este flujo es mayor que si el paso desde las capas inferiores más humedecidas se produce hacia la atmósfera a través del interior de las arenas secas, por los huecos de mayor tamaño llenos de aire, y posteriormente a la atmósfera.

6.- El análisis de consumos en relación con las condiciones climáticas, y el



estado de saturación de la columna, parecen poner de manifiesto que cuando la columna está saturada el bombeo es mayor y que a su vez este depende de la situación climática, aparentemente en mayor medida de la radiación elevada.

7.- Las plantas son capaces de bombear más agua que la superficie del suelo hasta la atmósfera, como se deduce de los datos con y sin plantas de la columna para el mes de agosto.

8.- Según se desprende de la gráfica resumen de consumos por tramos, la evaporación del suelo es máxima en los momentos en que la columna está toda humedecida, incluso en octubre y noviembre con días cortos y menor radiación (145 y 160 ml/ día), por encima del mes de agosto (130 ml/día) cuando las arenas están secas desde la superficie hasta -40 cm.

9.- La estabilidad del sensor de -60 cm que ha mantenido valores idénticos durante el tiempo que estaban las plantas, a diferencia de los dos sensores restantes, contrasta con el hecho de que en ausencia de plantas los valores varían y además alcanzan cuantías muy altas de saturación. La existencia de un sistema radicular muy profuso de raicillas en el interior del tubo, entre -50 y -70 de *L. créticus* y *S. arenarius* en el interior de la columna, apunta hacia la hipótesis de que la tensión matricial en las raíces es responsable de este valor estable, pero a la vez que debe realizarse una “succión” de las zonas inferiores que permiten mantener inalterado este valor.

10.- Este efecto succión de las raicillas en el interior de la columna, probablemente sea también responsable de que el agua evaporada desde las arenas a la atmósfera no sea tan elevada como cabe esperar, en comparación con lo que ocurre en octubre y noviembre.

11.- El valor de tensión en el interior de la raíz de estas plantas debe ser ligeramente superior al de 24 kPa (centibares), puesto que este es el que ha mantenido el sensor de -60 la zona de las raicillas. Esta mayor tensión radical posibilitará a las dos especies para tomar el agua del suelo, de manera que además los valores en las plantas deben mantener una gran estabilidad a lo largo del año, puesto que las lecturas de tensión de las arenas se mantienen en este valor de manera inalterada. Sin embargo en el sensor de -40 ya se produce importante disminución, probablemente porque las raíces interceptan toda el agua, o que son ellas mismas las que succiona y “tiran del agua capilar”, también de la superficial, y cuando la columna arranca de las capas freáticas saturadas.

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.4.1. Cambios de disponibilidades hídricas con la distancia al mar.

Terradas et al (1989), apunta el hecho de que el agua que toma la planta procede de tres vías diferentes: directamente de la precipitación, de la capa freática o de la concentración de humedad en el interior del suelo, es decir, de los poros existentes entre los granos de arena. Otros investigadores como sostienen que las propiedades del sustrato dan como resultado la acumulación de agua a ciertos niveles y que permite asegurar que el agua no sea el gran factor limitante como a primera vista parece. También apunta como posibles fuentes de suministro que pueden darse en estas dunas, aportes aéreos procedentes del spray marino o la condensación del rocío.

Otra cuestión vinculada a la proximidad del mar que podría influir en la distribución de las especies puede ser una mayor demanda hídrica producida por una mayor salinidad del suelo o la movilidad de las arenas, e incluso ausencia de sombras en las proximidades de la playa. En este sentido Ishikawa (1995), encontró que para *Calystegia soldanella* la demanda por evaporación de las plantas puede ser incluso dos veces más alta en un lugar próximo al mar que en las zonas interiores. Del análisis de los transectos puede deducirse que solo esta especie anterior, además de *Cakile marítima*, *Otanthus marítimus* y *Euphorbia paralias* se encuentran cerca de la orilla, pero el hecho de no estar presentes más al interior, en la bahía del Segura, no parece tener explicación solo por la mayor demanda hídrica de las plantas junto al mar que apunta Ishikawa.

En relación con los problemas derivados de la movilidad del sustrato en algunas zonas de cumbre de las dunas y en las proximidades del mar, parece evidente que ello limita la presencia de especies, pero ello debe estar más en relación con sus estrategias de desarrollos radicales y de crecimiento. La menor presencia de vegetación en las partes altas de los médanos dunares ya era descrita por Mira (1906) señalando que la vegetación de estos arenales es muy escasa; y que donde más se observaba era en los alrededores de la desembocadura del río Segura y en algunos de los vallejos, o depresiones entre

las dunas. En la actualidad, aunque las arenas están fijadas, aparece un nuevo factor que dificulta el acceso al agua, y que está representado por la enorme demanda hídrica de la masa de pinos, porque al inicio de la repoblación el nivel piezométrico estaba a 70 centímetros de la superficie (Mira, 1903), y en la actualidad, probablemente como consecuencia de ese incremento de evapotranspiración y la falta de recarga por regadío de las tierras colindantes, han llevado a un descenso del nivel de agua, que en el pozo Fonteta, cerca de los pozos que utilizó Mira, el nivel piezométrico ha descendido hasta el entorno de los -5 metros (Lledó et al, 2003)

Esta dificultad de obtener agua agrava las consecuencias todavía más si tenemos en consideración que el agua es necesaria también para transportar los nutrientes, y que la falta del recurso lleva consigo disminución del metabolismo vegetal. La mejor posibilidad de acceder a las humedades freáticas dota a su vez a esa especie de mayor posibilidad de distribución y crecimiento, y cuyo consumo cifra Terradas (1989) en 200 a 500 litros transpirados para sintetizar 1 Kg. de materia orgánica.

1.- Capacidad de retención de agua en las dunas del sur de Alicante.

La textura arenosa casi exclusiva de estos suelos, con granulometría media próxima a los 0,125 mm, escasos finos y materia orgánica, determinan que su capacidad para almacenar agua disponible para las plantas sea reducida, y variable en función de los porcentajes de cada componente, pero sobre todo los más escasos. Esta textura evoluciona a su vez con la distancia al mar y la vegetación, por el menor diámetro del grano y el aporte de materia orgánica al suelo que comportan ambos factores, y aunque en pequeña medida puede variar su capacidad de retención.

En los ensayos realizados en laboratorio con arena de la contraduna litoral del sur del Segura se ha obtenido un porcentaje para la muestra utilizada del 30 % de poro, que indica el volumen máximo de aire que puede haber en una muestra seca. Estos poros presentes en las arenas formarán una intrincada red de conductos de diámetros variables y por tanto de capacidad de adsorción y atracción capilar diferentes. De estos poros alrededor 20 % del volumen de arena,

y en general más, corresponde a espacios intersticiales cuyo diámetro les hace incapaces de retener agua de manera prolongada, y que esta desciende hasta niveles inferiores con las precipitaciones, quedando adsorbida más abajo en poros menores donde la capacidad de retención es mayor, o bien se evapora. Así pues, un litro de estas arenas retiene por debajo de los 100 cm³ del agua de lluvia, y esta corresponde al máximo del agua disponible para las plantas, salvo en los momentos próximos a los episodios lluviosos.

La evapotranspiración de los árboles, en ausencia prolongada de aportaciones durante los meses de verano, provoca descensos de la capa superficial más húmeda hasta el manto radical arbóreo, y puede dejar herbáceas y arbolitos descolgados de la humedad freática, al quedar su estrato de raíces de los pinos por debajo del de estas plantas. Las precipitaciones posteriores no van seguidas de una inmediata recarga y ascenso piezométrico sino que dejan una capa superficial colgada y húmeda, separada de la más profunda por una barrera seca, a modo de sándwich. El seguimiento de la infiltración de agua en la contraduna litoral practicando hoyos, en otoño del año 2003 después de varios episodios de lluvia (Lledó et al, 2003), permite mostrar que el agua no desciende por quedar retenida en los huecos de los granos de arena venciendo la adsorción capilar a la atracción gravitatoria.

2.- Porcentajes de humedad medidos en estas arenas.

Los datos obtenidos en las arenas de la Fonteta por García, (2003), indican que los volúmenes máximos que mantienen estas arenas, entre el 5 y 8 % en volumen, se corresponden con la capacidad de campo y a su vez se encuentran entre los medidos por Lledó et al (2003), desde menos del 2 % en las más superficiales hasta el 20 %, medidos a -20 cm, -60 cm y a -1 m, después de varios episodios de lluvia.

Otros datos obtenidos en varias muestras en el corte de la duna en el paraje de La Fonteta, en agosto de 2002, y muy alejado de episodios de lluvia arrojaron un contenido en volumen medio de alrededor del 2,5 %, cantidad que resulta similar a la encontrada en el tubo que se colocó en la duna litoral, en niveles situados por debajo de los -60 cm, y algo superior a la medida de manera

continuada en el sensor de -60, y similar a la medida por Escarré et al (1996) en las parcelas del pinar a -20 cm, los días 4 y 5 de noviembre de 1996.

Otros valores obtenidos en el perfil de -20 centímetros correspondiente a la capa humedecida de la duna litoral en otoño de 2003, después de varios episodios de lluvia pero transcurridas varias jornadas, permiten ver que se conserva una humedad volumétrica de entre el 15 y el 20 % del volumen de arena. Otras medidas realizadas el día 22 de abril de 2003, a partir de muestras de arena a 20, 40 y 60 cm de profundidad en la contraduna litoral, en las proximidades del tubo, dieron porcentajes de humedad del 8 % a 20 cm, del 12 % a 40 cm y a 60 cm del 13 %, en peso, lo que indica arenas muy saturadas propias de un principio de mes muy lluvioso.

Puede extraerse como síntesis de lo dicho que los valores de saturación habituales en las arenas húmedas de estas dunas, alejadas de periodos de lluvias y capaces de mantener una flora en buen estado, se sitúan en el entorno del 2 %. Valores menores comienzan a dificultar la supervivencia de la vegetación pero que pueden llegar hasta el 0,5 % manteniendo vivas las plantas. Valores superiores están relacionados con periodos de lluvia que recargan los capilares de mayor tamaño hasta alcanzar el 20 % en días cercanos, para caer y volver a situarse en las proximidades del 2 %. Así pues, como consecuencia de una reiterada y bien distribuida pluviometría a lo largo del año se facilitará una mayor disponibilidad de agua favorecerá un mayor crecimiento vegetativo.

Los datos anteriores concuerdan con los obtenidos al relacionar tensión y humedad en estas arenas, ajustándose bastante bien a una curva potencial, aunque entre 2 y 7 % en volumen se ajusta mejor a una logarítmica, y coinciden con los que obtienen autores como Terradas (2001), o Saxton et al (1986).

Según Terradas (2001), cuando los potenciales matriciales llegan a -300 centibares se alcanza el punto de marchitez permanente (PMP), que hace imposible extraer agua para un suelo arenoso. La capacidad de campo, se encontraría según este autor entre -3 y -300 centibares. En estas de estas duna arenas los datos obtenidos apuntan a un intervalo menor, entre -3 y quizá no más de -150. En los datos de la columna litoral se obtuvieron valores desde -7

centibares para 5,5 % de humedad, hasta menos de 0,5 % a los -150 centibares, aunque estos sensores solo miden con precisión por encima de los -10 y hasta los -190. Según los datos obtenidos en el experimento de la duna litoral, en este sustrato, por debajo de -10 centibares y hasta cero, se miden valores no consecutivos desde el 29 % de humedad hasta algo más de 5 %. Para arena con escasa humedad, a partir de -100 de potencial matricial, tampoco los datos son precisos. Las cifras obtenidas en el sensor de -60 cm, entre 25 y 26 centibares durante todo el periodo de la experiencia en la contraduna, equivalente a 1,8 % en volumen de agua, mientras el sensor situado a -40 cm incrementa la sequedad pasando de una tensión de 60 kPa a 72 kPa que corresponde a 0,5 % en volumen de agua hasta que se cubre la boca del tubo con plástico.

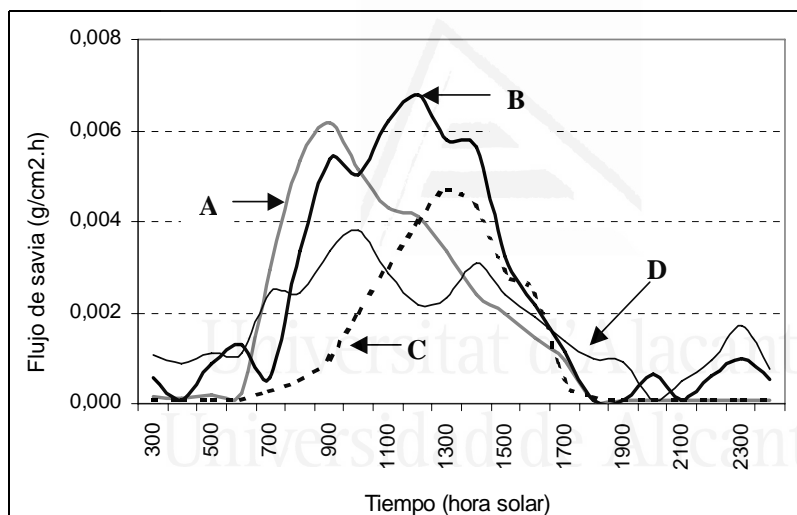
En el mismo periodo de la experiencia, el más externo a -20 cm, acelera mucho más la pérdida de humedad, desde 77 kPa a 123 de tensión que supone una situación con una humedad por debajo de 0,5 %. Hasta finales de agosto, y durante septiembre la humedad va bajando de forma paralela tanto en el sensor de 40 como en el de 20 centímetros de profundidad hasta el entorno de 120 y 150 respectivamente.

Esta evolución de los sensores, que va desde el 2 % de humedad constante en el sensor más profundo durante todo el experimento (25 kPa), hasta la ausencia total del más externo (199 kPa) cuando nos alejamos de periodos de lluvias, permite afirmar que no existen aportes externos de agua, salvo los producidos por las lluvias, al menos capaces de ser registrados por los sensores utilizados.

3.- Mecanismo de ascenso capilar.

La ordenación caótica de los granos de arena de distinta granulometría entre los que se distribuyen los finos y los restos de materia orgánica produce la existencia de capilares de diámetros diferentes con afinidades por el agua también distintas, y de un continuo proceso de bombeo de agua desde el suelo a la atmósfera siguiendo una intrincada red de huecos diferentes, en todas las direcciones, según las diferencias de potencial hídrico. En este mecanismo, la entrada de aire en los capilares producirá un efecto similar al de cavitación de los

conductos de savia bruta de las plantas, que traerá como consecuencia la interrupción de la extracción de agua desde niveles superiores. Por el contrario, en condiciones de saturación, este efecto succionador permitirá junto a la adsorción capilar, mantener unos niveles de humedad en el subsuelo bastante estables entre el nivel freático y el manto de raíces, manteniendo vivas las plantas. A modo de ejemplo podemos recordar uno de los datos de la columna experimental correspondiente al 12/10/03, después de vaciar los primeros 85 cm de arena, cosechar las plantas y volver a llenar con arena seca, después de algunas precipitaciones durante los días 6 y 7 (4 l. y 5 l.), solo el sensor más superficial indicaba saturación de humedad mientras los dos más profundos median 199 kPa.



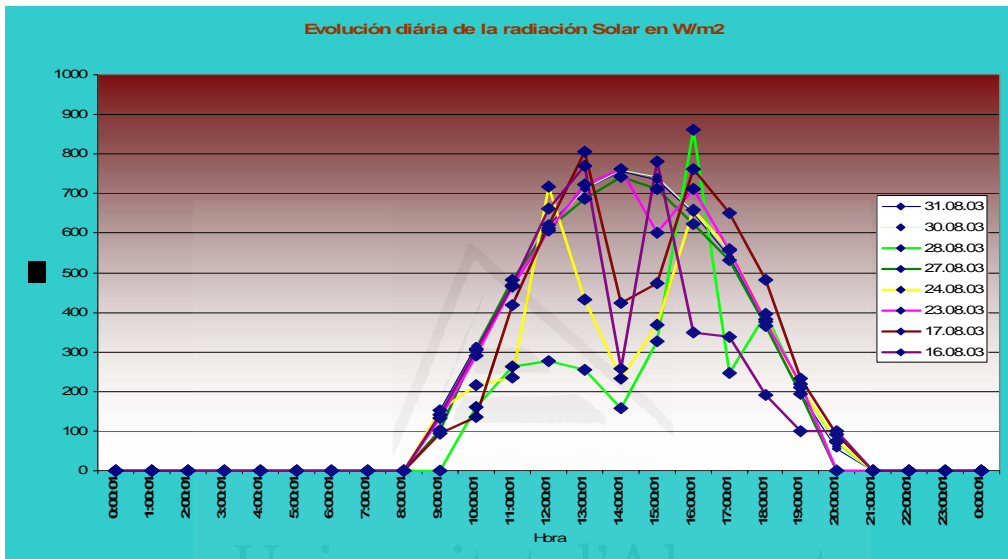
Cuatro formas tipo de curvas patrones diarias de flujo de savia, según el momento que alcancen el pico de máximo valor de flujo. Chirino, 2002.

Según Terradas, 2001, parte muy importante de la energía que emplean las plantas no se fija en forma de complejos químicos, sino que les sirve

para desplazar contra la gravedad los nutrientes, desde la raíz a las hojas. Es la energía consumida en el movimiento evapotranspiratorio, pero cuando no haya agua suficiente en el suelo, aunque la radiación sea grande, el transporte se interrumpe. Todo el flujo de agua, desde su absorción en el suelo hasta la evaporación desde las hojas al aire, es un proceso pasivo en el que la planta no invierte energía de su propio metabolismo, y que es posible gracias a que debe formarse una columna capilar que se extiende desde el nivel freático hasta la hoja. Es la diferencia de potencial hídrico, más negativo en el aire que en las

hojas, y en estas que en raíces o el suelo, quien genera una tensión en la columna de agua, y es la que tira de la humedad hacia arriba.

La admisión de este mecanismo supone que ante situaciones de menor humedad, las plantas necesitan una mayor energía para extraer el agua del suelo y presentan potenciales menores; por consiguiente existirá una relación directamente proporcional entre el potencial hídrico de base (Ψ_{wp}) y el flujo de



savia, (Chirino et al, 2002). En términos energéticos 1 Kg. de materia orgánica equivale a 4.000 kcal (16,7 MJ) y evaporar 300 litros de agua requiere 150.000 kcal (627 MJ). La energía exosomática que representa el bombeo de agua y nutrientes hacia las hojas está entre 30 y 40 veces la de la fotosíntesis (Margalef, 1997). Esta quizá pueda ser la razón por la que en años de sequía puede reducirse extraordinariamente la producción de biomasa en los árboles, y llegar a producirse la ausencia de anillos, como encontró Raventós et al, en 2001 en las dos especies de Pinus, para algunos años de finales de los noventa.

Los datos obtenidos en la columna de la contraduna ofrecen valores de evapotranspiración de 303,1 ml por día en la tercera semana de agosto, para la suma plantas suelo, de los que 120,9 ml corresponderían a evaporación del suelo, es decir 0,28 ml/cm² del agua que asciende y se evapora. La transpiración media diaria de las plantas disminuye desde 182,2 hasta 113,5 ml en el mes de septiembre, aunque con oscilaciones diarias acusadas. Coincide este periodo con

la detención del crecimiento y la madurez de las espigas, lo que supone una menor exigencia de producción de biomasa.

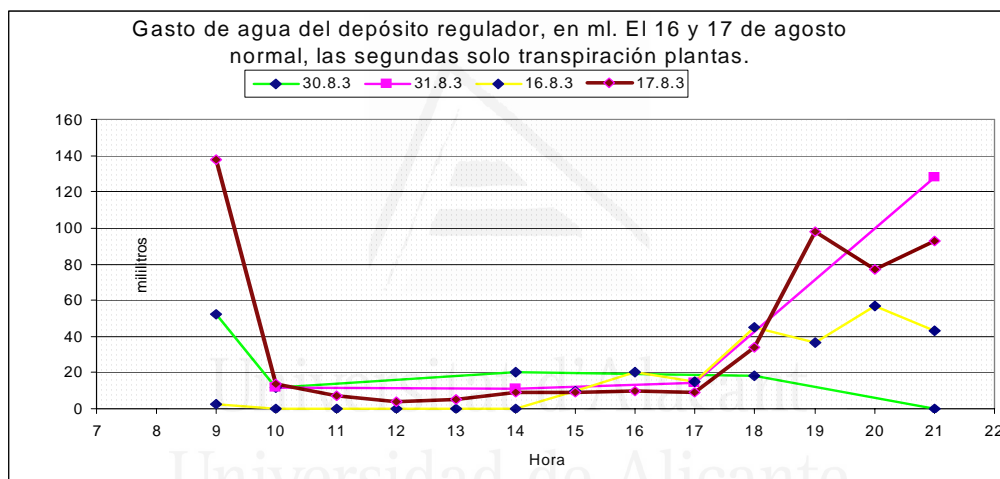
Los dientes de sierra que aparecen en las gráficas de consumo diario de agua en la columna experimental de la duna, probablemente tengan relación con las estrategias concretas de consumo de agua de las plantas existentes, *Sporobolus* y *Lotus* sobre todo, que aun pudiendo ser diferentes tienen a su vez una relación altamente significativa entre el flujo de savia y las variables climáticas de Radiación Total, radiación PAR y déficit de Presión de Vapor, tal y como encuentra Chirino en las mediciones realizadas en la Estación Experimental "El Ventós", en invierno 1997/98 a otoño de 1999 (Chirino, 2002). También encuentra este autor que el potencial hídrico de base influye sobre la tasa de flujo diaria de las diferentes especies, y sintetiza en cuatro formas las curvas patrones diarias obtenidas, agrupándolas según el momento en que alcancen el pico de máximo valor de flujo de savia, las cuales pueden responder a diferentes estrategias de consumo de agua por las especies.

Puesto que las plantas funcionan entre un valor mínimo de luz, el punto de compensación luminosa en que absorción y emisión de CO₂ se equilibran, y un valor máximo al que se produce la saturación luminosa (que está alrededor de unos 500 W/m²) según Terradas, 2001, son diferentes para distintos grupos de plantas, y también lo serán los flujos de savia. Comparando las gráficas de evolución diaria de la radiación, correspondientes a varios días del mes de agosto, se observan unos valores horarios diferentes, y que probablemente tengan un reflejo tanto en la diferente actividad fisiológica de las plantas como en la situación atmosférica de humedad y paso de agua desde el suelo hasta el aire. De hecho la fotosíntesis usa solo radiación de una parte del espectro de la energía solar, concretamente entre 400 y 700 nm, que es la llamada radiación fotosintéticamente activa (PAR), la cual representa el 47 % de la energía total (Terradas, 2001).

No hay pues una relación directa entre la mayor recepción de energía por la planta y mayor flujo de savia y producción de biomasa, como han averiguado Escarré et al (1996) al analizar la supervivencia de las plantas según su

localización. Estos investigadores han comprobado que las plantas de *Pinus* y *Tetraclinis* plantadas bajo pinos o a la sombra, en los lugares donde no llega más del 50 % de la radiación PAR fotosintéticamente activa, la supervivencia es mayor en donde llega la radiación mínima (< 50 % PAR). Esto probablemente tenga relación con el hecho de que el exceso de luz puede dañar los sistemas fotosintéticos, y si coincide con un déficit hídrico y la planta recibe un exceso de energía que obliga a mantener cerrados los estomas, como puede ocurrir en periodo estival, no se puede deshacer de esta energía canalizándolo hacia la fotosíntesis (Terradas, 2001).

En relación con los flujos de savia, y comparando gráficas de consumo de



Consumo de agua medido en la experiencia de la columna de arena en la contraduna, en verano del año 2003. Los datos corresponden a varias mediadas tomadas en cada día.

agua en la experiencia de la contraduna litoral de 2003 a lo largo del día, con y sin plástico impidiendo la evaporación de agua del suelo, con las de evolución diaria en el flujo de savia en cuatro tipos de plantas, obtenidos por Chirino (2002), parecen tener un patrón de circulación complementario. Estos flujos son mayores para la savia durante las horas de más luz, mientras los consumos que se observaron en el depósito de agua son mayores en tarde o noches.

Aunque los datos diarios de consumo global de agua que se obtuvieron en la experiencia de la duna litoral solo se refieren a cuatro días y no pueden ser considerados más que indicativos, sí parece que pueden ser representativos de los ritmos en los consumos diarios, en dientes de sierra, que son máximos

durante el día por las plantas. Esta evapotranspiración probablemente crea pequeñas tensiones negativas en los capilares que se trasladan progresivamente hacia abajo y “succionan” hacia la superficie desde la parte inferior de la columna y hasta el depósito, de modo que esta evolución del consumo se traslada varias horas después a las capas inferiores del suelo, y se cobra ese volumen del depósito, ya en la tarde o noche. Estos ritmos deben ser diferentes además en las dos especies plantadas, *Sporobolus* y *Lotus*, con lo que estos datos solo pueden ser utilizados para colaborar en la idea de ritmos de consumo horario y también comparando los días sucesivos.

4.4.2. Cambios de disponibilidades hídricas con la distancia al mar.

El hecho es que en estas latitudes transcurren incluso meses sin que se produzcan precipitaciones que recarguen el suelo del agua perdida por evapotranspiración, y permitan el mantenimiento de una tasa continua de humedad, dentro de los límites de la capacidad de campo cuyos valores de agua disponible por las plantas haga posible el mantenimiento de una comunidad vegetal. Esta característica del clima del sur alicantino exige la existencia de posibles mecanismos complementarios de obtención de agua que posibiliten al menos la supervivencia de las especies vegetales, y mecanismos que permitan explicar la supervivencia de las plantas en los largos veranos.

Probablemente la distribución de las especies en dunas repobladas tenga también una importante componente derivada de la competencia por el agua con la vegetación existente, al menos si atendemos a lo que dice Mira en 1903, en el sentido de que en las plantaciones de pinos que se hicieron en Enero y Febrero, aunque morían algunos pinos, en general marchaban bien a pesar de la escasez de lluvias habidas. En la actualidad los datos que se han obtenido al realizar los transectos evidencian que las sucesivas plantaciones de pinos realizadas desde la década de 1980 han tenido un escaso éxito, con excepción de *Tetraclinis articulata*, de los que se encuentran numerosos ejemplares, y que probablemente se deba a que los pinos tienden a tejer un tupido manto de raíces a igual profundidad (unos 60 cm), mientras *Tetraclinis* penetra hacia capas inferiores con gran número de raíces.

Esto podría explicar los resultados observados en las parcelas de las dunas de Guardamar repobladas para su seguimiento por el DEUA después de 9 años y 7 años respectivamente. El porcentaje de supervivientes de la parcela plantada en 1995 es tres veces mayor para *Tetraclinis articulata* que para *P. halepensis* y más de cinco veces que *P. pinea*, y además con arbolitos mucho



Corte en las dunas de la zona Fonteta, en verano de 2002.
Los bulbos de las esparragueras descienden por debajo del nivel de raíces de pino.

más robustos que los pinos, y en la segunda parcela, de 1997, siguen siendo también más los supervivientes de *T. articulata*, 48 % frente al 30 % de *P. halepensis*. En este caso además sobreviven 8 veces más los *articulata* que los *pineae*. Las diferencias de porcentajes de supervivencia en ambas parcelas probablemente están relacionadas con que la de 1997 tiene unas condiciones más próximas a las de una mallada.

Esta enorme diferencia entre los porcentajes de supervivientes a favor de *Tetraclinis* es posible que, además de la estrategia radical, esté relacionada con la particularidad fisiológica observada, tal que para disminuir la demanda hídrica durante los años de sequía, pierde o se secan las hojas, que luego brotan cuando hay mayores disponibilidades de agua, de manera que habiendo contado en los primeros años solo 22,46 % de supervivientes aparentes de *Tetraclinis articulata*, en el conteo realizado en 2004, a los 7 años de la plantación, hay una supervivencia del 48 %.

No aparece pues ninguna relación evidente entre la distancia al mar y la disponibilidad de agua, ni parece existir una vinculación con la topografía puesto que los valores encontrados en situaciones similares son del mismo rango, pero en cambio los valores de humedades encontradas en suelo sí están claramente vinculados a la proximidad e intensidad de los periodos de lluvias. Probablemente sí hay una mayor posibilidad de almacenamiento, como consecuencia de la variación de las granulometrías, que permiten valores mayores con diámetros menores que se van produciendo con el alejamiento de la playa y mayor selección de los sedimentos, aunque no parece que estas distancias produzcan modificaciones muy significativas. También parece muy evidente el destacado papel que juega la competencia de los psammófitos con la masa forestal, que dificulta enormemente la supervivencia en verano, dejando totalmente seca la capa superficial de arena por encima de las zonas donde hay tupidas capas de raíces arbóreas.

Una observación que merece destacar por el interés económico que comporta, además del esfuerzo administrativo, es el hecho señalado anteriormente de que en los veranos normales, sin precipitaciones, se produce una capa totalmente seca entre las raíces de los árboles y la superficie, que provoca la muerte de buena parte de los psammófitos y en general de aquellas especies que no perforan el tupido manto de raíces de los pinos, como los espárragos, las azucenas de mar o las matas meleras, pero también de todos los arbolitos que se utilizan en las repoblaciones forestales sucesivas, que se secan en la práctica totalidad, salvo los que se plantan en zonas de pinar poco densas.

Probablemente el éxito de *Tetraclinis articulata* en las parcelas donde se ha ensayado la repoblación forestal, y en apariencia los que han sobrevivido de las últimas repoblaciones, esté relacionado con una mayor capacidad para vivir con poco agua perdiendo biomasa incluso cuando tiene uno o dos años, como parece desprenderse de los diferentes conteos en las parcelas de 1995 y 1997, y de una estrategia radical que le permite descender por debajo de la red de raíces de los pinos, y seguir utilizando agua almacenada en el nivel de humedad que se recarga desde el freático.

Según las observaciones realizadas será la competencia de las diferentes especies por el agua el principal factor determinante de la distribución de las plantas, y el éxito de su estrategia de captación lo que permitirá o no un mayor desarrollo a cada especie. En el caso de dunas repobladas estas diferentes capacidades para especies psammófilas estará especialmente condicionada por la presencia de árboles, y dependerá también de la especie y densidad, y será la masa forestal la principal responsable de la diversidad de especies psammófilas y también de su abundancia relativa.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

CAPÍTULO QUINTO: CRITERIOS UTILIZADOS PARA DELIMITAR MASAS DE AGUA CONTINENTALES: LAGOS, HUMEDALES Y RÍOS. INDICADORES AMBIENTALES.

5.1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende ser una aportación más en la línea de investigación sobre ecología de dunas litorales, y por otra parte una aplicación práctica de algunas de las experiencias adquiridas a lo largo de años de trabajos realizados por diversos miembros del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, en relación con el conocimiento de la Ecología de las dunas. Además de las aportaciones que en este trabajo se realizan, se trata también de utilizar parte de los conocimientos sobre dunas que ya se han adquirido, para que puedan aprovecharse como componentes técnico- periciales, en el procedimiento que debe realizarse para la delimitación administrativa de la zona marítimo terrestre. Es este un procedimiento de consecuencias notables, no solo por el interés de preservar este medio natural costero, sometido a norma presión antrópica, sino también por su indudable interés económico y por su uso social.

El hecho de que los proyectos de deslinde que se recogen en la Ley de Costas y el Reglamento no exijan el estudio de indicadores concretos y reglados, con el uso de tecnología adecuada, métodos y procedimientos científicos, ocasiona la falta de datos objetivos y evaluables, por lo que resulta un acto administrativo sometido a una gran dosis de inconcreción e incertidumbre tanto desde la perspectiva administrativa como legal. La inexistencia de parámetros que deban usarse como determinantes para la pertenencia de un suelo al dominio litoral o no, y por tanto deba incluirse dentro de la ribera del mar, supone una subjetividad demasiado grande que conduce a una ambigüedad inaceptable en un deslinde como el que se analiza y comporta repercusiones económicas y medioambientales muy elevadas.

Esta ausencia de valores objetivos y contrastables, que debieran utilizarse para los deslindes, hacen que uno de sus objetivos prioritarios “determinar el dominio público marítimo-terrestre” (L.C, Art 2º, Ley 22/1988), esté sometido a

decisiones poco rigurosas, y por tanto inseguras, y susceptibles de discusión e informes que lleven a conclusiones contradictorias, por sustentarse en datos cuya naturaleza no es comparable.

La ausencia de rigor metodológico y científico en la determinación de la ribera del mar constituye uno de los puntos más débiles de la realización del deslinde, y pone a su vez en entredicho uno de sus objetivos más importantes, la ampliación del dominio público, mediante la recuperación de parcelas de suelo privatizado, y que por su naturaleza, según las definiciones de la Ley, forma parte del dominio público marítimo terrestre.

La generalización del uso de los indicadores para usos muy diversos puede situarse entorno a los años sesenta, y perseguían a grandes rasgos la creación de una batería de información sintética que permitiera juzgar el grado diferencial de desarrollo en el que se hallaban diversos países, o un mismo país en distintos momentos del tiempo, (Jiliberto et al, 2000). No obstante, cuestiones como la dificultad de seleccionar los factores que debieran considerarse para determinar un denominador común para el concepto de desarrollo, los valores óptimos de estos factores, e incluso los obstáculos para encontrar una teoría general del desarrollo social, impidieron una evolución más favorable de este tipo de instrumento.

En este sentido puede decirse que en los aspectos conceptuales y metodológico-prácticos y los métodos estadísticos ambientales que hoy se utilizan en diversos campos, son deudores de los indicadores sociales. No obstante los inicios del uso de indicadores en ambientes muy alejados de la ecología, es el aumento de la conciencia social respecto de los problemas ambientales, y la generalización de la preocupación respecto de algunas cuestiones, como el agujero de la capa de ozono y sus efectos, el problema de la deforestación, la lluvia ácida, o el problema nuclear, y la presión hacia los gobiernos, lo que impulsa de manera urgente el desarrollo los indicadores ambientales, por lo que aparecen con una carga social que los primeros no tuvieron. El extraordinario desarrollo de la tecnología informática, y la posibilidad de procesar una cantidad

enorme de datos en tiempos muy reducidos, constituyen otro elemento muy importante que vuelve más sólidos los datos estadísticos.

En el ámbito de la política de medio ambiente y, su utilidad en la toma de decisiones, los indicadores ambientales constituyen uno de los elementos más importantes a tener en cuenta. No obstante, y a pesar de que la sencillez semántica ha ayudado a su divulgación, porque su utilidad se comprende casi intuitivamente, los indicadores ambientales deben fundamentarse sólidamente en datos científicos para no verse desautorizados en la inmediatez de lo que dejan ver. Detrás de los valores que se asignan a cada indicador ambiental se esconde mucho más de lo que a primera vista parece.

En la actualidad, la doble perspectiva de los problemas ambientales, que de una parte contempla el rápido incremento del conocimiento de los problemas globales y de los desarrollos estadísticos asociados, y de otra, el creciente protagonismo social y político de los aspectos ambientales, ha traído como consecuencia que haya cobrado protagonismo la necesidad de obtener y proporcionar una información ambiental con un formato adecuado para labores de síntesis, y comprensible para los ciudadanos además de útil para toma de decisiones en ámbitos tales como decisiones técnicas, o bien la elaboración de políticas sectoriales o macroeconómicas.

Recientemente, la necesidad de aplicar la Directiva Marco de Agua, publicada el año 2000, (2000/60/CE, en su artículo 5), que obliga a realizar un estudio de las repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales, ha supuesto la impulsión de numerosas iniciativas, de elaboración de manuales y selección de indicadores, de manera que puedan unificarse los criterios básicos de la Directiva (MMA, Puig Infante, 2005). Otras exigencias, como las de identificar el riesgo de que una masa de agua no alcance los objetivos medioambientales previstos en el artículo 4 de la DMA, analizando las presiones a que están sometidas las masas de agua, y valorar el impacto han provocado la elaboración de manuales, para identificar las presiones y establecer los estados ecológicos, que se han publicado por el MMA en el año 2005 (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005). Estos manuales pretenden

establecer la metodología para realizar, de forma simplificada, la evaluación de presiones e impactos a que obliga esta Directiva, utilizando como base diferentes indicadores. La Directiva Marco de Agua dispone que la gestión del agua deba integrar los aspectos cualitativos y cuantitativos. Por lo tanto esta evaluación se realiza considerando ambas propiedades.

Precisamente porque los indicadores ambientales dan imágenes sintéticas del problema ambiental que faciliten la formación de opinión a la hora de tomar decisiones, públicas o privadas, han adquirido relevancia en los últimos años. Pero su utilidad permite además explorar el uso en otros ámbitos, como el de la ecología aplicada, o en aplicaciones de ámbito legal o incluso sus enunciaciones, a la hora de redefinir conceptos, tales como el DPH o el marítimo terrestre.

5.2. OBJETIVOS

A lo largo de este capítulo se pretende valorar la utilidad de los indicadores como coadyuvantes de los deslindes, a partir de experiencias administrativas y trabajos científicos en los que se utilizan indicadores para definir o delimitar otros sistemas acuáticos, fundamentalmente ríos y humedales, sobre todo estos últimos, por la peculiaridad de sus bordes y ellos mismos como zonas de transición.

5.2.1. Indicadores, perfil, marcadores. Procedimiento para elaborar los indicadores ambientales en distintos ámbitos: sociales, políticos, económicos o científicos.

Los indicadores de evaluación y diagnóstico del medioambiente evolucionan como resultado de la creciente preocupación por los aspectos de la calidad de vida relacionada con el desarrollo y el bienestar humano. Esta inquietud pasa de ser patrimonio de un grupo reducido de “ecologistas”, a generalizarse en los países de occidente, hasta amplios sectores de la población. Con ello se pretende satisfacer la demanda de información de manera comprensible, además de ser útil en la toma de decisiones y en la agilización de las mismas, en procesos que requieren cada vez mayor y más sofisticada información. Esta doble necesidad es un elemento de conflicto permanente de los indicadores ambientales, pues deben recoger un cúmulo cada vez mayor de

información compleja en un número cada vez menor de componentes paramétricos (Jiliberto et al 2000). En síntesis el uso más frecuente de los indicadores ambientales es que están destinados a proveer una visión agregada del estado del medio ambiente de un país, coherente con los intereses sociales dominantes, y útil para los procesos de toma de decisiones en este campo.

En relación con los indicadores, el concepto de perfil ambiental viene determinado por los valores que ofrecen varios indicadores ambientales, que de manera individual o agregada pongan en evidencia el estado de la cuestión que se trata, sea esta un problema social, un medio natural, problema concreto o territorial. En relación con los ecosistemas, en algunas ocasiones no es fácil determinar el valor preciso de una especie que se utiliza como indicadora, o incluso su propia existencia, por lo que se utiliza otra, o un factor, relacionado íntimamente, y al que consideramos un marcador.

Entre otros criterios que se utilizan para seleccionar los que deben utilizarse son la fiabilidad de los datos, la importancia del factor para los ciudadanos, ser comprensible y aplicable al ámbito geográfico más amplio posible, sencillo de determinar, barato, y ser útil para establecer metas y comparar con situaciones anteriores.

En relación con la elaboración del sistema de indicadores es fundamental el procedimiento seguido para elaborarlos, puesto que deben incorporar tanto las características esenciales de los factores que se pretenden valorar, como reflejar de forma ajustada en sus resultados la situación real. A pesar de que cada país ha seguido unas vías particulares, los valores y procedimientos elegidos deben ser verificados, y validados en sus previsiones, y además posibilitar la comparación entre los diferentes estados.

De manera resumida, y siguiendo el esquema que propone la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del MMA, en la monografía dedicada a la propuesta para España (Filiberto, 2000), se describen las diferentes etapas en la elaboración: Definición de objetivos y metas del sistema de indicadores ambientales, Estructura analítica del sistema y selección de temas, Investigación y

desarrollo, Propuesta de indicadores, Desarrollo de un conjunto de indicadores y revisión pública, Revisión final y producción.

5.2.2. Aplicación de los conocimientos de ecología de dunas como componentes técnico-periciales en los deslindes.

El Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, ha desarrollado un considerable esfuerzo de investigación, través de Tesis Doctorales y numerosos trabajos, publicados o no, realizados en Ecosistemas Dunares, sobre todo en las dunas costeras de la playa del Saladar (norte del cabo de Sta. Pola) y La Marina- Guardamar, en la bahía del río Segura. Décadas de estudio que han supuesto interesantes aportaciones al conocimiento del medio dunar y que pueden contribuir a la conservación de las dunas litorales.

El esfuerzo por el conocimiento de los ecosistemas litorales más amenazados encierra un evidente interés por su conservación y la preocupación por la degradación costera, que coincide en este caso con el de La Administración, que legisla y establece normas tendentes a regular y proteger el litoral. Aunque los fundamentos de estas disposiciones legales difícilmente pueden ser de tipo científico, sí parece por el contrario que puedan realizarse aportaciones técnicas desde el campo de la Ecología, que permitan una mejor aplicación de estas normas jurídicas.

Es desde esta perspectiva desde la que este trabajo intenta realizar una contribución, en concreto a la realización del Deslinde de la Zona Marítimo-Terrestre donde existen dunas litorales, puesto que es aquí, y posiblemente en las zonas inundadas de la costa, tales como marjales o salinas, donde aparece más imprecisa la definición y por tanto la delimitación del dominio público litoral realizado en aplicación de las normas legales.

La contribución que se pretende es pues la de aplicar estas definiciones legales con una mayor garantía administrativa y medioambiental. Es la de elaborar indicadores ambientales, a partir de factores usados en diferentes trabajos de investigación, que permitan delimitar con precisión los límites del dominio público y la adscripción o no de una franja litoral a la zona marítimo terrestre.

Como se ha dicho más arriba, entre las características que deben ofrecer esos indicadores para ser útiles, es la facilidad con que puedan obtenerse, además de que puedan aplicarse en ámbitos geográficos más amplios, es decir en cualquier campo dunar del litoral. En concreto, este trabajo pretende encontrar algún tipo de relación entre factores como la distribución de plantas psammófilas estrictas o la de spray (cloruros en aire, vegetación y suelo), y su distancia al mar, cuestiones estas que cumplen con las premisas anteriores, puesto que resultan relativamente fáciles de determinar, fáciles de entender y baratos de obtener, además de ser exportables a cualquier punto del litoral.

Para el caso concreto del litoral sur alicantino, la actual situación de los ecosistemas dunares costeros aconseja tratar por separado aquellos en los que se realizó la fijación de dunas con coníferas, que constituyen una parte relevante de la historia de la reforestación en áreas costeras en el siglo pasado y presentan relaciones y procesos internos diferentes, y los tramos con vegetación autóctona. En ambos casos se debe partir de su particular antecedente, cuyos procesos se pretende conocer a partir de ensayos de restauración, e incluso recreación de ecosistemas dunares, que solo se han realizado, en la costa mediterránea española en dunas no repobladas, en las dos últimas décadas (Escarré et al 2001).

Finalmente, no se descarta el hecho de que estos y otros indicadores pongan de manifiesto que los sistemas dunares litorales, simplemente no son divisibles en franjas de evidente adscripción, bien a la costa o ya sea al continente, y por tanto la decisión de adscribirlo al demanio en parte o su totalidad solo pueda hacerse mediante decisiones estimativas y arbitrarias, como por ejemplo se hace para las servidumbres: 6 metros tránsito, 20 o 100 o 200 de protección, y 500 metros para la de influencia, como establece la Ley de Costas de 1988, u otras servidumbres como las establecidas en la legislación de carreteras o de tipo urbanístico.

5.2.3. El interés económico y social.

El litoral español, con 7800 kilómetros de longitud (preámbulo Ley Costas de 1988), a lo largo de 25 provincias y 428 municipios, acoge a una tercera parte

de la población y a cuatro de cada cinco turistas que llegan a nuestro país, por lo que está sometido a una serie de presiones de diverso tipo que amenazan muchos de los ricos y variados ecosistemas naturales que lo caracterizan, especialmente los sistemas dunares y zonas húmedas.

Este proceso de deterioro de las costas, se ha precipitado a partir de de los años 60, tras las políticas de desarrollo y expansión de la actividad turística, y han continuado hasta la actualidad, por el escaso control del desarrollo urbanístico y de la política de infraestructuras costeras así como por una escasa o inexistente protección frente a procesos de contaminación, extracciones de áridos en dunas litorales, lechos de ríos y ramblas, pisoteo y alteración de ecosistemas dunares que conducen a la destrucción de las dunas litorales.

La Constitución Española de 1978 establece en su artículo 132.1 que la ley ha de regular el régimen jurídico del dominio público, inspirándose en los principios de inembargabilidad, inalienabilidad e imprescriptibilidad. En este contexto, es evidente la relevancia del Dominio Público marítimo-terrestre, pues es el único de cuantos existen directamente individualizado y definido como tal en la Constitución (Art. 132.2).

Como complemento legal se publica la Ley 22/1988, de 23 de julio, de Costas (BOE 19.07.1988), que recoge tanto los preceptos constitucionales como los criterios contenidos en la Recomendación 9/1973, del Consejo de Europa, sobre protección de zonas costeras, como en la Carta del Litoral de 1981, de la Comunidad Económica Europea y en otros planes y programas de la misma. Esta Ley ha sido desarrollada mediante Reglamento, aprobado por Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre (BOE 12.12.1989; corrección de errores en BOE 23.01.1990. Dicho Reglamento ha sido modificado parcialmente por el Real Decreto 1112/1991, de 18 de septiembre (BOE del 6 de octubre), a raíz de dos sentencias del Tribunal Constitucional. Posteriormente se han producido pequeñas modificaciones que no afectan a la cuestión del deslinde.

Pero no es solo en el ámbito legal donde se tiene conciencia del interés y uso social de estas formaciones dunares, también el entorno científico queda reiteradamente acreditado este criterio, puesto que como consecuencia de ello es

un medio muy alterado, que además se puede calificar como escaso ya que sólo aparece en determinadas áreas de las costas bajas, y siempre en forma de franjas paralelas a la orilla del mar con anchuras que oscilan entre las decenas y algunos centenares de metros. Muchas de estas zonas han estado bajo una gran presión urbanística durante la segunda mitad del siglo pasado en la que se produjo un enorme incremento de los flujos turísticos (Escarré et al, 2001)

5.3. MATERIAL Y MÉTODOS

5.3.1. Características del ecosistema dunar que pueden utilizarse como indicadores ambientales.

El ambiente seco costero tiene unas características únicas, por lo que el conocimiento de los principales factores ambientales y sus interacciones son importantes para comprender el carácter de las costas secas del mundo, y estos elementos pueden ser susceptibles de usarse como indicadores para delimitar las diferentes zonas, dentro de las propias dunas. La variación espacial y temporal de estos factores críticos condicionará el proceso y la evolución de formación dunar, y los que conducen al desarrollo de las comunidades vegetales de las dunas.

Entre estos factores críticos, y vinculado a la escasa capacidad de retención de minerales, como reiteradamente señalan los diversos autores, se encuentra la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de la vegetación. Estudios sobre el ciclo de minerales en los ecosistemas terrestres han demostrado que la entrada anual de nutrientes por fuentes meteorológicas, puede exceder en mucho la cantidad de estos nutrientes, a los que aporta la lluvia el las zonas próximas al mar.

Son numerosos los factores que determinan las particularidades de los ecosistemas dunares, ya sean estos costeros o continentales. De entre todos los abióticos y bióticos que pueden estudiarse, tanto los que tienen relación con el sustrato, clima, afecciones físico - químicas o bióticas, que son responsables de individualizar cada ecosistema, y de ellos pueden destacarse dos que por sus características pueden ser de mayor utilidad, uno es la presencia del propio sustrato arenoso con todas sus particularidades edáficas y su génesis, y otro es la

vegetación que se asienta sobre él, natural o consecuencia de repoblaciones. Uno de los dos o ambos pueden faltar por la acción natural o humana que los haya eliminado, pero en el caso del litoral, factores ambientales como la cantidad y composición del spray marino, o la deposición de compuestos procedentes del spray siguen siendo medibles.

De los diferentes factores que van a determinar la composición fitosociológica, el agua disponible del suelo puede ser determinante para la presencia incluso de vegetación, teniendo en cuenta la escasa pluviometría de esta comarca y su distribución anual, con veranos largos y secos en los que las aportaciones procedentes de la lluvia pueden ser muy bajas o inexistentes. La disponibilidad o no de agua edáfica, y otros factores como la aportación del spray marino, que de una parte contribuye con nutrientes y de otra riega con altas cantidades de cloruros, capaces de secar las partes aéreas de las plantas y producir su muerte, tendrán un papel relevante en la presencia o no de un tipo de plantas o asociación vegetal que podemos encontrar, vinculado así con la distancia al mar. Otros factores peculiares de los medios dunares como es la movilidad del sustrato, es más difícil de ligar con la proximidad al mar, puesto que está mucho más unido a la pluviosidad, y aparecen situaciones de inestabilidad del sustrato tanto en dunas costeras como continentales, y en todo caso no ligado directamente con la distancia al mar.

En relación con este ecosistema litoral, resulta evidente la afirmación de Chapman (1976), en la que destaca que la principal característica del medio dunar es la arena misma que lo forma, ya que le condiciona los demás. Otros autores, como Ranwell, (1972), prestan interés a la formación y tipos de dunas, así como a la relación entre contenido de agua y duna, nutrientes y sus relaciones, incluidos los efectos del spray salino, así como a la estructura y función de las comunidades vegetales y animales.

Además de escasos y, en general sometidos a enorme presión antrópica, los arenales del litoral alicantino presentan características derivadas del clima árido de la región y el sustrato, pero también derivadas de su relación con el mar, puesto que las playas y dunas costeras constituyen un hábitat muy específico

debido a una serie de características que derivan de la especial granulometría del sustrato arenoso y de la influencia de aerosoles marinos (Escarré et al, 1989).

Escarré y varios autores, recopilan diversa información sobre arenales en el libro publicado por la Diputación Provincial de Alicante, que trata del Estudio sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante (1989), abordan el origen y la génesis dunar, así como las características del sustrato arenoso (granulometrías, nutrientes, agua y temperatura), plantas psammófilas, vertebrados e invertebrados, además de consideraciones generales del ecosistema y presión antrópica, que son útiles para mostrar aspectos que resultan necesarios de analizar previamente, o pueden ser interesantes para seleccionar como indicadores, tales como la génesis dunar y la dinámica litoral o características del sustrato dunar, o bien las plantas psammófilas existentes, ligados tanto al medio físico como a la biocenosis.

Otros, como Seva (1987), analizan como factores físicos el clima y el sustrato, dentro del cual estudia la humedad edáfica y composición, además de la temperatura. Entre la biocenosis, dedica parte de su trabajo a estudiar la distribución de las plantas y la otra a las entomocenosis, pero siempre desde la perspectiva de su relación con los lacértidos.

Factores climáticos estudiados por Kumler (1987) y revisado por E. van de Maarel en 1995, son: la luz, la temperatura, el viento y el movimiento de arena, y el spray marino. Estudia demás otros edáficos como el pH, la estabilidad de la duna, el pisoteo y compactación del suelo, el agua, la relación agua-microorganismos y la disponibilidad de nutrientes, además de cuestiones relacionadas con la interacción de factores ambientales.

Numerosos trabajos generales sobre flora y vegetación del litoral mediterráneo peninsular, incluyen a las comunidades vegetales de dunas de la provincia de Alicante, como los de Rivas Godoy y Rivas Martínez en 1958, Rigual Magallón en 1972, Diez Garretas y otros 1977, Costa y Masanet en 1981, Bolós (1981), Rivas Martínez et al (1983) y Costa et al (1984). Otros más específicos de dunas, como los de Van der Maarel (1966 y 1997), Van Leeuwen y Van der Maarel (1971), Chapman (1976), Verdier (1982), Raventós et al (2001), Oliveras

et al (2003), Escarré et al (2003), Aldeguer et al (1997), García Novo (1997), Gómez Serrano et al (1998) y más recientemente Bernabé (2004) del DEUA, donde se tratan aspecto más concretos sobre caracterización de plantas psammófilas, aproximación a sus tipos funcionales, y ensayos de restauración en dunas del litoral alicantino.

De la zona dunar más emblemática de nuestro país, que es sin duda la de Doñana, y sobre distintos aspectos de las plantas psammófilas, existen un gran número de estudios entre los que cabe destacar los de González Bernáldez el al. (1975), García Novo el al. (1975), Ramírez Díaz & Torres (1977), García Novo (1979), Merino & Martín Vicente (1981), García Novo (1990), García Novo & Merino (1993), García Novo (1997) y García Novo & Merino (1997).

Saxton y otros (1986), relacionan la textura del suelo con el contenido en agua, mediante métodos de resistividad y potencial hídrico. En esta materia diversos trabajos no publicados del D. E. U. A. han tenido como objetivo conocer el comportamiento hídrico de las dunas, bien mediante observación directa a partir de sondeos de hasta 1 metro de profundidad en diversas condiciones (Lledó & García, 2003), bien mediante el uso tensiómetros tipo Watermark (García & Lledó, 2003), y más recientemente estudiando las variaciones de resistividad a distintas profundidades y condiciones (Romero & Jáuregui, 2004). Más reciente es la publicación de la Tesis Doctoral de Romero (2007) en la que se aborda el flujo hídrico en las dunas.

Otro aspecto de la investigación sobre factores bióticos determinantes de las características del sistema dunar, está en relación con el hecho de que varios investigadores han sospechado que las fuentes más grandes de nutrientes en las plantas de las dunas costeras se encuentran en el rocío de sal (Kumler 1987. Revisado por E. van der Maarel en 1997). Otro ejemplo representativo es Woodcock (1957) que estableció que los organismos pequeños del mar, tales como el plancton, pueden ser incluidos en las gotas. Esto puede significar un suministro de nutrientes esencial para las plantas psammófilas (Kumler, 1987).

El spray marino como un factor que influye en la vegetación costera solo se reconoció de forma amplia, relativamente tarde, cuando Wells & Shunk (1938)

sostuvieron que el daño al lado de barlovento de arbustos y árboles en la costa no era resultado del daño causado por el propio viento, como habían supuesto previamente, sino que era debido a la muerte de las hojas causada por el spray salino llevado en el viento, factor este que con posterioridad ha sido estudiado por otros autores (Malloch, 1997).

Los estudios de tasas de deposición indican que la cantidad más elevada se produce en la línea de costa, y la velocidad cae en los primeros 2 o 3km hacia el interior, y después de hay una proporción baja, pero bastante constante de deposición. Es difícil de comparar los estudios debido a los métodos diferentes de medir la deposición de sal, pero Malloch (1997) ha comparado los datos a partir de cinco fuentes (Boyce, 1954, Fujiwara y Umejima, 1962, Malloch, 1972, Oosting y Billings, 1942 y Yaalon y Lomas, 1970) estableciendo proporciones a partir de la deposición medida a 20 m del mar, a la que considera el 100 por 100. Trabajos más recientes relacionados con el efecto del spray marino en la vegetación próxima al litoral podemos encontrarlos en el DEUA, como por ejemplo el realizado sobre el efecto del spray en las hojas de *Pinus pinea* y *Pinus halepensis* por Raventós et al, (2001).

Gorham (1958), Allen et al. (1968) y Parham (1970) analizaron el suministro de nutrientes de la lluvia como una fuente de particular importancia para las plantas de la duna. La mayoría de los trabajos realizados antes de 1968 se preocupaban por los niveles de sodio, del cloro y del azufre. Allen et al. (1968) encuentra cantidades de nutrientes totales anuales mayores a los que suministra el agua de lluvia para cinco lugares situados a 2, 8, 15,19, y 40 Km de distancia al océano, cuyo rango es mucho mayor para el Na, Ca y Nitrógeno, y menor para el K, Mg y sobre todo el P.

Trabajos previos realizados sobre el depósito de spray marino por Oosting y Billings (1942) y van der Valk (1974) habían puesto de manifiesto que el frente, y la parte de sotavento de las dunas recibe cantidades muy diferentes de spray salino y que la cantidad de rocío de sal depositada puede influir en la composición de especies de la asociación de gramíneas de la duna costera. (Van der Valk, 1974).

Aunque existen numerosos trabajos sobre fauna de las dunas, e incluso varios de ellos desarrollados en el departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, parece de menor utilidad el uso de aspectos faunísticos como indicadores de situación del límite litoral, dada la movilidad de los animales, y la dificultad de trazar con ellos líneas concretas definidas.

5.3.2. Criterios para la selección de los indicadores que deben estudiarse.

Los sistemas dunares litorales presentan una gran diversidad según el clima y la génesis dunar. Pero además dentro de los campos de dunas aparecen diferencias que pueden ser acusadas y que están determinadas por diversos factores que no solo dependen de su situación geográfica y climática, sino también de circunstancias locales concretas relacionadas con sus distancia al mar, procesos de formación y posterior evolución, o las propias características edáficas. De estos factores, los que más nos interesan, son aquellos relacionados con la propia formación y estabilidad del sistema, y los que pueden ser útiles para delimitar el sistema litoral ligado al mar, y que se corresponde con la zona marítimo- terrestre que define la Ley de Costas de 1988.

La diversidad de factores y circunstancias de las distintas dunas costeras hace necesario que la selección de indicadores se oriente hacia aquellos que pueden ser útiles en diferentes tramos de costa, y que simplifiquen los trabajos técnicos derivados del procedimiento administrativo del deslinde. Siguiendo los procedimientos de los análisis de sistemas intentamos posibilitar la definición espacial del "sistema litoral", a partir de factores que sean componentes que lo caractericen, y que sean esenciales para explicar las relaciones que se establecen entre ellos, pero para ser útiles, tienen que cumplir la condición de que sean fácilmente estudiables y medibles, además de su viabilidad económica.

Dada la importancia de esta franja litoral, como ya se ha reiterado parece evidente la necesidad de precisar los límites terrestres con el mayor detalle posible, aunque esta frontera no siempre es posible trazarla con precisión quirúrgica en los sistemas naturales. Se trata pues de definir un modelo formado por uno o varios indicadores, cuyos valores al cruzarse puedan aportar

información más precisa que sea aplicable de forma generalizada en los trabajos del deslinde administrativo que se realicen en otros ámbitos geográficos, aportando así una cobertura técnico-medioambiental para definir territorialmente la naturaleza demanial de la franja costera según se define en la ley de Costas, y susceptibles de ser aplicados al margen del punto geográfica de la costa.

5.3.2.1. Indicadores abióticos.

En los diferentes trabajos citados más atrás se analiza la importancia y variación de factores climáticos, y edáficos, pero aquí interesan aquellos factores cuya influencia varíe en relación con la distancia al mar, y más todavía aquellos en los que pueda producirse una variación brusca, dependiendo de la distancia a la costa, con lo que será más precisa la ubicación de la franja o mejor la línea de cambio.

El elemento que define el propio sistema dunar es la existencia de arena, por lo que obviamente resulta el principal factor que caracteriza las dunas, aunque en muchas ocasiones puede darse la circunstancia de que se hayan alterado las condiciones naturales del litoral, bien como consecuencia de la construcción de edificios y las consiguientes infraestructuras de urbanización, bien por la extracción de las arenas, enterramiento de las lagunas litorales, u otras circunstancias que prevé la Ley, pero que entiende que no por ello se pierde la naturaleza demanial, aunque haya desaparecido o alterado severamente el ecosistema en ese punto, por lo que la ausencia del sustrato arenoso no puede ser el factor determinante a los efectos de determinar la condición demanial o no de un terreno.

En principio cualquiera de los factores que inciden en el ecosistema dunar pueden ser útiles. Ya se ha dicho que con carácter general, es conveniente que la medición pueda efectuarse de manera sencilla, y no resulte excesivamente cara, pero además es conveniente que a ser posible tenga incidencia en otros. De ellos se considera que puede resultar de gran interés la cantidad de cloruros que transporta el viento, como consecuencia del spray marino, y los cloruros que se depositan en el suelo, porque cumple las condiciones deseadas, la cantidad depende de la proximidad al mar, y la caída de concentración es determinable y

además resulta fácil de medir. Se ha considerado más adecuado usar datos obtenidos durante grandes temporales (de levante en esta costa), por la similitud con el criterio de la Ley de Costas de 1969, que refiere la zona marítimo terrestre a donde alcanzan las olas durante los grandes temporales. A su vez se considera conveniente medir tanto el que se transporta el aire como el que se deposita en el suelo. Ambas series de datos, relacionados con la concentración en aire y suelo, parecen interesantes porque tienen gran influencia, y condicionan las comunidades de seres vivos, que pueden resultar favorecidas o inhibidas por las diferentes concentraciones, y con ello definir dentro de las mismas dunas subsistemas, que constituyan un sistema costero homogéneo.

Cuestiones como la velocidad del viento, variación del sustrato o temperatura, luz, orientación, no parecen tener una dependencia tan directa con la distancia al mar, o presentar uniformidad por franjas paralelas a la línea de costa, que puedan poner en evidencia una "naturaleza del territorio" homogénea, y en este caso coincidente con el dominio público marítimo terrestre. Tampoco ocurre así con la topografía, que afecta a la flora, en tanto que determina la orientación y exposición de la superficie dunar en relación con el mar, y también la distancia mayor o menor del nivel freático, y por tanto la posible disponibilidad de agua por las plantas, condicionando la composición, entre otros, de las asociaciones vegetales.

5.3.2.2. Indicadores bióticos.

De las poblaciones que integran la comunidad de seres vivos se ha descartado la macrofauna por la movilidad de los mismos y su dificultad de adscripción a una franja litoral definida, y los organismos microscópicos por la dificultad de su determinación y adscripción a una franja litoral, y la escasa tradición de trabajos que puedan ser aplicables a estas necesidades y condicionantes de indicadores. Menos útiles pueden resultar todavía si estas investigaciones se pretende que puedan ser utilizadas en relación con su proximidad al mar. Así ocurre en documentados trabajos como en el caso de ecología de insectos realizados en el DEUA, (Seva, 1985), vinculados a la movilidad de la duna y referidos a parcelas, pero que siempre suelen estar

relacionados con factores no dependientes de unos metros de mayor o menor proximidad de la orilla del agua.

Probablemente podamos encontrar relaciones entre microorganismos del suelo y la proximidad marina, bien libres, o bien asociados a estructuras subterráneas de las plantas, no obstante no son frecuentes las referencias bibliográficas que los relacionen en dunas de este clima, además de la dificultad que a priori encontramos para trabajar con estos indicadores, entre otras cosas por la variación de las condiciones de sequedad del suelo que desciende bastante, dependiendo del tipo de vegetación y cobertura, y que hace muy difícil la vida, sobre todo en verano, hasta más de un metro de profundidad en algunos puntos del arenal.

Mucho más fácil es el estudio de la distribución de las especies vegetales, que están influidas no solo por los factores edáficos, sino que su presencia puede verse muy afectada por la proximidad al mar, y el efecto del spray, que aporta nutrientes pero también saliniza el suelo y destruye o dificulta la formación de biomasa vegetal, por efecto de la sal. De esta manera se determinará una comunidad diferente, según el grado de la influencia marina, aunque deben tenerse en cuenta otros factores, como el clima o la edafología.

5.3.3. Componentes utilizados en la definición y delimitación de masas de agua continentales.

En el capítulo primero se ha puesto de manifiesto que la presión continuada durante décadas, sobre todo en medios playeros y dunares, han conducido a la situación actual de alteración y ocupación de la franja costera, y que según los datos anteriores a 1988, nuestro país tiene una longitud de costas de 7.880 km, aproximadamente, de los que el 24 % corresponde a playas, con un patrimonio público de unas 13.560 Has (Preámbulo de la Ley 22/1988, de Costas). También se han expuesto y comparado los instrumentos legales y procedimientos, en la legislación española y de otros países, destinados a delimitar y proteger la costa, sin que en la bibliografía y normas legales consultadas se haya encontrado antecedentes del uso de indicadores

ambientales para definir y delimitar el “sistema” litoral, que no es sino un ecotono entre el océano y los ecosistemas aéreos terrestres.

En la actualidad, y más todavía después de la publicación de la Directiva Marco del Agua (diciembre de 2000), que parte de una concepción integral del agua, asociada al medio físico y considerando además las interacciones que se producen, parece evidente la necesidad que se deriva de ello de proteger no sólo el medio hídrico en sí mismo, sino todo el ecosistema asociado. Este panorama normativo comunitario, que se desgrana en normas de carácter estatal, se completa con otras fórmulas del ámbito de las comunidades autónomas o de carácter nacional, en las que se adoptan otras medidas complementarias y protectoras que se concretan en técnicas de imposición de franjas o servidumbres en el entorno del sistema fluvial o lagunar, además de la utilización de factores biológicos o fisicoquímicos utilizados para delimitar y caracterizar estas masas de agua continentales.



Masas de agua y macrófitos. Arriba vegetación de ribera
(CHE, 2005.)

5.3.3.1. El uso de indicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos terrestres: fisicoquímicos, especies y comunidades vegetales, acuáticas y de ribera.

Los procedimientos utilizados para analizar los impactos probables en las masas de agua superficiales utilizan dos tipos de indicadores, los biológicos, en los que se consideran

fundamentales cuestiones como los taxones existentes, o la presencia masiva de algas, y los fisicoquímicos, que utilizan indicadores como O₂ disuelto, salinidad o eutrofización. En este caso, y considerando la ribera como integrante del sistema

IMPACTO PROBABLE	
CRITERIO PARA TODAS LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIALES	
VALORACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DEL ESTADO ECOLÓGICO	
INDICADORES BIOLÓGICOS	<p>Diagnóstico del índice utilizado: BMWP', ASPT, BBI, etc. Son aguas con riesgo las que se clasifican en los tres últimos niveles, es decir, los equivalentes al aceptable, deficiente y malo.</p> <p>Alteraciones en la estructura de la comunidad como ausencia, reducción o dominio de un taxón.</p> <p><i>Bloom</i> de algas.</p> <p>Anomalías en los peces: tumores, lesiones, parásitos, enfermedades.</p>
INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS	<p>Deficiencia de O₂</p> <p>O₂ disuelto < 4 mg/L¹</p>
	<p>Salinización</p> <p>La medida de la conductividad o la concentración de cloruros revela una contaminación por sales importante de origen antrópico.</p> <p>La EPA recomienda como: Concentración Máxima Admisible: 860 mg/L de Cl Concentración Media Admisible: 230 mg/L de Cl</p>
	<p>Eutrofización en lagos y embalses</p> <p>Criterio de la OCDE Clorofila a: 0,008 mg/l de Chl a Profundidad disco Secchi: 3 m Fósforo Total: 0,035 mg/l de P_T</p> <p>Tabla OCDE completa en el Anexo H de este Manual</p>
	<p>contaminantes a c > NCA</p> <p>Se debe cumplir: 1º. Se detectan contaminantes del Anexo VIII² de la DMA. 2º. La concentración es superior al valor de fondo 3º. la concentración es superior a la NCA. (Ver Anexo D de este Manual para el cálculo de la NCA en cada Confederación tal como indica el Anexo V. 1.2.6 de la DMA)</p> <p>Biocidas c > 0,1 µg/L</p>

Valores umbral para evaluar el impacto probable en todas las masas de agua, DMA, 2000.

recuperación ambiental de las comunidades de ribera, y por añadidura ir acompañando estas actuaciones a las políticas económicas de recuperación de las calidad en las masas de agua.

En nuestro país, recientemente han sido elaborados una serie de manuales, con una metodología y protocolos de muestreo específicos para establecer el Estado Ecológico, según la Directiva Marco (2000), cuyo objetivo es unificar criterios que permitan comparar resultados, además de facilitar el trabajo y los procedimientos de toma de muestras en el campo. En concreto ha sido la Confederación Hidrográfica del Ebro, quién ha elaborado los manuales de Protocolo de muestreo y análisis para Fitoplancton, Fitobentos (microalgas bentónicas), Invertebrados Bentónicos, Macrófitos e Ictiofauna. De todos ellos, y por el interés comparativo para nuestro objetivo parece especialmente interesante

fluvial o lacustre, se ha estimado necesario incluir el estado de las comunidades riparias como un indicador más del estado de los ríos.

Una consideración más ecosistémica de los sistemas acuáticos derivada de la aplicación de la Directiva Marco del Agua, podría producir además efectos tan deseables como incluir la

profundizar en los macrófitos, mucho más fáciles de identificar y relacionar además con las comunidades vegetales de ribera.

Según los propios autores (CHE, 2005), el uso de los macrófitos como indicadores del estado ecológico está claramente señalado en la DMA, y procede de experiencias realizadas, en Europa, en el marco de la vigilancia de la calidad de las aguas en aplicación de otras Directivas europeas. Un ejemplo de ello son la Directiva de tratamiento de aguas urbanas residuales (91/271/EEC) y la Directiva de nitratos (91/676/EEC). En los EE.UU. los macrófitos se usan como indicadores de forma habitual y existen procedimientos estandarizados para el muestreo y procesado de muestras (Environmental Protection Agency).

En España, las experiencias con indicadores basados en macrófitos (especialmente en hidrófitos) se limitan en muchos casos al ámbito de la investigación, y éstos todavía no se han incluido en las redes de control de calidad gestionadas por la Administración.

En el marco de la aplicación de la DMA del 2000, los macrófitos se consideran útiles para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas que produzcan:

- Reducción de la transparencia del agua.
- Variación de la mineralización (conductividad y salinidad).
- Eutrofia.

Los macrófitos también son sensibles a las presiones hidromorfológicas que produzcan:

- Variaciones del régimen de caudal, continuidad del río y características morfológicas del lecho en ríos.
- Variación del nivel del agua en lagos o cambios en la duración del periodo de inundación en humedales.
- Variación de las características morfológicas del vaso en lagos.

En el análisis del valor indicador de los macrófitos para valorar en estado de las masas de agua, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos, algunos de los cuales son igualmente válidos para la costa marina, tales como el reflejo de cambios producidos en un intervalo de tiempo medio o largo, y su dependencia de factores físico químicos y topográficos:

- Son sensibles a los cambios de calidad fisicoquímico (nutrientes, mineralización, temperatura, transparencia). al igual que las microalgas: no obstante a diferencia de éstas tienen un tiempo de respuesta mayor, o sea que son indicadores de cambios a medio y largo plazo (las microalgas son indicadoras a corto plazo). La comunidad de hidrófitos presente en una estación refleja las condiciones de calidad existentes durante los últimos meses o incluso años. La desaparición de una especie de un sistema acuático (especialmente las de pequeño tamaño) puede ser altamente significativo.
- Reflejan las alteraciones hidromorfológicas relacionadas con la estabilización del caudal en los ríos. La respuesta suele ser el aumento de la cobertura de las especies.

Para el caso de ríos y lagos, el conocimiento del estado de las comunidades de ribera, y más aún su incorporación como indicador en las tomas de decisión, podría suponer un paso más en la recuperación de los corredores naturales que son los ríos, y que vertebran el territorio, muy alterado por las transformaciones agrícolas y las transformaciones urbanísticas. El conocimiento de las comunidades naturales de los márgenes de nuestros ríos, y una política de recuperación de estos ecosistemas lleva a su vez implícita un concepto del Dominio Público Hidráulico (Ley de Aguas de 1986 y Texto refundido del 2001) no solo como el agua que circula y el vaso que la envuelve, sino que lo extiende a las comunidades íntimamente vinculadas a las masas de agua, cuestión esta que por extensión puede valorarse de igual manera para los sistemas costeros.

El marcado deterioro de la vegetación, en buena parte de las márgenes de los ríos mediterráneos del sureste, y el requisito establecido por la DMA de conocer el estado ecológico, han impulsado el interés por el conocimiento de la realidad, e

inducido a elaborar métodos para su valoración. En España, Munné *et al.* (1998) han propuesto un método rápido para la obtención de la calidad de los ecosistemas de ribera (Índice QBR), centrado casi exclusivamente en la valoración del estado actual de la vegetación riparia. En la ponderación final de dicho índice tiene una gran importancia el grado de cobertura de la vegetación, su conectividad con ecosistemas forestales adyacentes y el número de especies de árboles autóctonos, dando siempre más valor a la presencia de árboles que a la de arbustos, masas con mayor número de especies arbóreas, a la presencia de helófitos (raíces sumergidas) en las orillas, etc, características que en muchos casos pueden corresponder a indicios claros de alteración antrópica.

En general, y siguiendo la definición legal de DPH, al hablar de "río" se asume como tal el cauce por el que fluye el agua, incorporando, en el mejor de los casos, la biota acuática y de ribera, aunque la reciente modificación del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (enero de 2008), introduce matices



Tramo alto del río Segura, con bosque de ribera bien desarrollado y conectividad con otros ecosistemas no asociados al río, 2004.

muy novedosos en el concepto y delimitación de los cauces públicos atendiendo a criterios geomorfológicos y de vegetación. No obstante y atendiendo a los conceptos de la Ley de Aguas que no se han

modificado estos cambios solo pueden alcanzar a los aspectos de matizar y aclarar el contenido legal.

Ese concepto tan limitado del río (curso de agua y riberas) es, además de incorrecta incompleta (Fernández Yuste, JA 2005). El río debe concebirse como

un sistema -en el que no siempre es fácil deslindar causa de efecto, y donde los procesos bióticos y abióticos interactúan continua y dinámicamente-, definido en un marco territorial amplio, y que requiere, para su correcta consideración, contemplar su dinámica completa.

A.- Criterios de delimitación en la normativa legal.

A-1. NORMATIVA INTERNACIONAL

La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental, que podría incluirse dentro del ámbito del “derecho internacional flexible”, aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, situada en la costa meridional del Mar Caspio. Por ello, si bien el nombre de la Convención suele escribirse "Convención sobre los Humedales", ha pasado a conocerse comúnmente como la "Convención de Ramsar". La Convención entró en vigor en 1975 y a primeros de septiembre del 2003 contaba con 138 Partes Contratantes. Más de 1.310 humedales, con una superficie de unos 111 millones de hectáreas, que han sido designados para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional.

El Convenio relativo a humedales, especialmente en lo que se refiere en su condición de hábitat de aves acuáticas, los considera como “las extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de agua sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de los seis metros” (Ramsar, 1971). Además podrán comprender zonas de bordes fluviales o de costa adyacentes al humedal, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentran dentro del humedal.

La Convención de Ramsar emplea un criterio amplio para determinar qué humedales quedan comprendidos en su alcance. Según se indica en el Documento Informativo Ramsar No. 1 “los humedales son zonas en las que el agua es el principal factor que controla el medio y la vida vegetal y animal

relacionada con él. Se dan en los lugares donde la capa freática se halla en o cerca de la superficie de la tierra o donde la tierra está cubierta de agua poco profunda”.

Otro documento de interés por su posterior influencia en los criterios mantenidos por diversos autores, no solo de EEUU, sino en numerosos trabajos de otros países, es el realizado por Cowardin L M, Carter V, y Golet Francis C, del Department of the Interior, Fish and Wildlife Service (Estados Unidos, 1979). Elaboraron una clasificación de los hábitats de humedales y lagunas de EEUU, donde se recoge la primera definición científica ampliamente aceptada de los humedales, y aplicada para definir y delimitar masas de agua por la administración, dando soporte a decisiones administrativas:

“Los humedales son territorios que forman la transición de los sistemas acuáticos a los terrestres, donde la capa freática está al mismo nivel o cerca de la superficie, o el terreno está cubierto por una lámina de agua poco profunda”. Los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos:

1. Al menos periódicamente, el terreno mantiene predominantemente, una vegetación higrófila.
2. El substrato está formado predominantemente, por suelos hídricos.
3. El substrato está saturado de agua o cubierto por aguas poco profundas alguna vez, durante la estación más productiva del año.

Estas características y definición de humedal se han seguido manteniendo, de forma general, en sucesivos trabajos, como el del Comité Nacional Research Council (NRC, EEUU 1995), que es un Comité multidisciplinar de expertos creado en Estados Unidos para revisar y mejorar la delimitación de humedales. Define humedal como “un ecosistema que depende de una constante o recurrente inundación con aguas poco profundas o en saturación en o cerca de la superficie del sustrato.

Las características esenciales mínimas de un humedal son la inundación o saturación recurrente en o cerca de la superficie del terreno y la presencia de

características físicas, químicas y biológicas reflejo de la inundación o saturación recurrente”. Las características comunes del diagnóstico son suelos hídricos y vegetación higrófila. Estas características estarán presentes excepto donde factores fisicoquímicos, bióticos o antrópicos específicos los han eliminado o impedido su desarrollo. Es decir, además de la presencia directa de agua se incorpora como elemento delimitador la presencia de un tipo de vegetación vinculada a la distancia del agua, que no necesariamente debe estar presente en el territorio para que este deba incluirse.

A-2. NORMATIVA DE CARÁCTER ESTATAL ESPAÑOLA: ZONAS HÚMEDAS Y RÍOS.

A-2-1. ZONAS HUMEDAS.

En relación con las masas de agua, también en la normativa española encontramos una delimitación del humedal como sistema al que pertenecen no solo el territorio ocupado por el agua, sino también zonas perimetrales íntimamente vinculadas y, definibles mediante parámetros, que no son sino variables bióticas y abióticas relacionadas entre sí.

En el Real Decreto 435/04, de 12 de marzo (BOE 25/03/04), por el que se regula el Inventario Nacional de las Zonas Húmedas, Anexo I, se definen las características que debe reunir un espacio para ser inscrito en el inventario nacional de zonas húmedas. Y para ello exige tener naturaleza de humedal, entendiendo por tal las unidades ecológicas funcionales que actúen como sistemas acuáticos o anfibios (al menos temporalmente), incluyendo:

A) Las marismas, turberas o aguas rasas, ya sean permanente o temporales, estén integradas por aguas remansadas o corrientes, y ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales. Las márgenes de dichas aguas y las tierras limítrofes en aquellos casos en que, previa la tramitación del expediente administrativo oportuno, fuera así declarado como tal, por ser necesario para evitar daños graves a la fauna, a la flora o a la propia dinámica del humedal.

B) Las áreas costeras situadas en la zona intermareal.

También muy reciente, el Plan Estratégico Español para el Uso Racional de los Humedales - PEEURH, Octubre 2004- aprobado por la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza de España, que preside la Excm. Sra. Ministra de Medio Ambiente e incluye a todos los gobiernos autonómicos, recoge aspectos interesantes para delimitar los humedales. Son objeto del Plan Estratégico las unidades ecológicas funcionales que actúen como sistemas acuáticos o anfibios (al menos temporalmente) incluyendo:

- ❖ Las marismas, turberas o aguas rasas, ya sean permanente o temporales, esté integradas por agua remansadas o corrientes y ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales. Las márgenes de dichas aguas y las tierras limítrofes en aquellos casos en que, previa la tramitación del expediente administrativo oportuno, fuera así declarado como tal, por ser necesario para evitar daños graves a la fauna y a la flora.

- ❖ Las áreas costeras situadas en la zona intermareal (PEEURH, Octubre 2004).

A-2-2. RÍOS: DOMINIO PUBLICO HIDRAULICO

El Real Decreto 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto Refundido de la Ley de Aguas, en su Capítulo III habla de los lagos, lagunas, embalses y terrenos inundable y limita, (Art. 4º de la Ley de Aguas), el Dominio Público Hidráulico a:

- ✓ Lecho o fondo de los lagos y lagunas es el terreno que ocupan sus aguas en las épocas en que alcanzan su mayor nivel ordinario.

- ✓ Lecho o fondo de un embalse superficial es el terreno cubierto por las aguas cuando éstas alcanzan su mayor nivel a consecuencia de las máximas crecidas ordinarias de los ríos que lo alimentan.

El Real Decreto 849/86, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos Preliminar,

I, IV, V, VI y VII de la Ley de Aguas, 29/ 85 de 2 de agosto define (Art 4º del Texto Refundido) :

✓ El caudal teórico de la máxima crecida ordinaria se define como el valor medio de los máximos caudales anuales en su régimen natural, observados en diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico.

✓ La estimación de la máxima crecida ordinaria se realiza a partir de los datos foronómicos, a partir de la serie de máximos caudales anuales o a partir del caudal de desbordamiento.

✓ El caudal de desbordamiento de un cauce como valor representativo del comportamiento de la corriente y su línea de agua marca los límites de definición del cauce. Este caudal de desbordamiento define la máxima crecida ordinaria y es indicativo del posicionamiento central de los mismos.

Es decir solo aparecen como instrumentos para delimitar los datos relacionados con los caudales de agua, y es ahora, en el preámbulo de la reciente modificación del Reglamento, cuando aparece una clara tendencia a considerar el río como algo más que el agua y su cauce. El Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, introduce nuevos criterios para la determinación de ese terreno se realizará atendiendo además a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.

Este Reglamento vigente que se ha modificado, del DPH de 11 de abril de 1986, cuando define el Dominio Público Hidráulico en ríos y lagos, lo hace de forma mucho más vinculada al ámbito estrictamente acuático o por su función hidráulica como hace la Ley, considerándolo constituido por:

✚ Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas con independencia del tiempo de renovación.

- ✚ Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
- ✚ Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
- ✚ Los acuíferos subterráneos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.

A-3. NORMATIVA DE CARÁCTER AUTONÓMICO. ZONAS HÚMEDAS Y RÍOS.

A-3-1. ZONAS HÚMEDAS

El Plan Andaluz De Humedales (Resolución de 4 de noviembre de 2002 del Director General De la Red de Espacios Protegidos y Servicios Ambientales), que hace una definición basada en la desarrollada por el NCR (EEUU, 1995) concreta como humedal: “Un humedal es un ecosistema o unidad funcional de carácter predominantemente acuático, que no siendo un río, ni un lago ni el medio marino, constituye, en el espacio y en el tiempo, una anomalía hídrica positiva respecto a un entorno más seco”.

La confluencia jerárquica de factores climáticos e hidrogeomorfológicos, hace que se generen condiciones recurrentes de inundación con aguas someras, permanentes, estacionales o erráticas y/o condiciones de saturación cerca o en la superficie del terreno por la presencia de aguas subterráneas, lo suficientemente importantes como para afectar a los procesos biogeofisicoquímicos del área en cuestión.

La característica esencial mínima para diagnosticar la existencia de un humedal es la inundación con aguas someras (formación palustre) o la saturación recurrente cerca o en la superficie del terreno (criptohumedal); lo que condiciona otras características fundamentales de apoyo al diagnóstico, que son la presencia de suelos hídricos y/o vegetación hidrófila. Generalmente estas propiedades se traducen también en la existencia de unas comunidades especiales de microorganismo y fauna, así como en aprovechamientos humanos diferentes y en un paisaje con un elevado grado de calidad visual respecto a su entorno.

Aunque menos extensa en su descripción de humedal, introduce también un importante elemento de indefinición en la determinación de su perímetro la Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas de la CC.AA. de Madrid: “Son humedales las zonas pantanosas o encharcadizas y, en particular, las turberas o aguas rasas, ya sean permanentes o temporales, estén integradas por aguas remansadas o corrientes y ya se trate de aguas dulces o salobres, naturales o artificiales, así como los márgenes de dichas aguas”.

En otro territorio español, y como aplicación de la Directiva Marco Europea del Agua (Directiva Europea 2000/60/EC), donde se establece el marco comunitario de actuación en política de aguas, se elaboran indicadores para delimitar estas superficies vinculadas a la existencia de agua. Como ya se ha comentado más atrás, en la Directiva se tipifican las masas de agua siguiendo criterios hidromorfológicos, físicos, químicos y biológicos, al tiempo que la calidad de las masas de agua continentales se evalúan siguiendo estos indicadores.

Más recientemente se ha elaborado por la Generalitat Catalana (Mayo 2004), el estudio sobre “Caracterización, regionalización y elaboración de herramientas de establecimiento del Estado ecológico de las zonas húmedas de Cataluña”, de la Agencia Catalana del Agua, incluida en el Departamento de Medio Ambiente y Territorio, que tiene de peculiar el que desarrolla fundamentalmente el uso de indicadores biológicos par medir la calidad de ecosistemas lacustres someros, en vez de indicadores físico-químicos, o relacionados con la vegetación.

Tipifican primero las masas de agua en función criterios fisicoquímicos, como la salinidad, contenido en nutrientes o permanencia de agua. A partir de aquí se trata de elaborar índices basados en la abundancia de taxones predeterminados de microcrustáceos, insectos, o crustáceos, aplicando análisis estadísticos de abundancia relativa, y empleando índices de correlación entre diversas variables. Estos índices ponderan de forma diferente la abundancia o ausencia de una comunidad o asociación, teniendo en cuenta además la sensibilidad de los taxones, a los que se otorga distinto valor.

Aunque el objetivo de la Agencia Catalana es evaluar las masas de agua, algunos de estos criterios pueden ser útiles, cuando se trata de analizar las zonas de borde, no permanentemente acuáticas, pero que se incorporan al sistema acuático. A modo de ejemplo, y aunque se asocia con otros indicadores, relacionado con los bordes externos, o zonas no permanentemente “acuáticas” la presencia de Culícidos, como *Aedes vexans*, se relaciona con variaciones de las condiciones de inundabilidad y ausencia de agua en superficie, aunque como se ha dicho antes, ni los taxones ni los valores están todavía bien definidos, limitándose fundamentalmente a insectos y crustáceos, y muchas veces a nivel de clasificación de familia, por las dificultades taxonómicas.

También el uso de indicadores biológicos para evaluar ecosistemas acuáticos ha sido propuesto y validado en los últimos años por numerosos investigadores (Margalef 1983, Davis & Simon 1995, Wright et al, 2000), y tienen la ventaja de una fácil aplicación, aunque exige un conocimiento previo muy amplio, no solo de las características climáticas, geológicas y biogeográficas generales, sino también de las particulares de cada masa de agua. Estos indicadores se usan desde años en la gestión diaria de evaluación del estado de ríos y lagos, pero no en humedales y sistemas lagunares someros, donde presenta mucha mayor dificultad y existe poca información (Burton et al 1999, Veraart 1999, Simon et al, 2000, Lillie et al, 2002, Pennings et al, 2002)

A-3-2. CURSOS DE AGUA

El Plan Territorial Sectorial de Ordenación de Márgenes de los Ríos y Arroyos de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Vertiente Mediterránea), tiene como objeto la Ordenación de Márgenes de Ríos y Arroyos de la CAPV. Desarrolla y pormenoriza los criterios de las Directrices de Ordenación Territorial relativos a Aguas Superficiales.

El ámbito de aplicación del P.T.S. del País Vasco, de junio del 1999 está constituido por el conjunto de las franjas de suelo de 100 metros de anchura situadas a cada lado de la totalidad de los cursos de agua de la cuenca hidrográfica mediterránea, desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Ebro, y la margen izquierda del río Ebro incluida dentro del Territorio Histórico, así

como las franjas de suelo de 200 metros de anchura situadas en el entorno de sus embalses, lagos y lagunas.

Concretamente el ámbito de aplicación del P.T.S. corresponde a las partes del Territorio Histórico de Araba de la cuenca de los ríos Purón, Omecillo, Ega, Araia y Ebro, a la totalidad de las cuencas del Zadorra, Inglares y Bayas. Se incluye por tanto en este P.T.S. los territorios de la cuenca del Bayas pertenecientes a municipios de Bizkaia y los de la cuenca del Zadorra pertenecientes a municipios de Bizkaia y Gipuzkoa.

Este Plan Territorial Sectorial no persigue ampliar el dominio público, sino protegerlo, delimitando con franjas servidumbres de protección de anchos diferentes, siguiendo distintos criterios según se tenga en cuenta:

1. Zonificación de las márgenes según su Componente Medioambiental.
2. Tramificación de los cursos de agua según sus Cuencas Hidráulicas.
3. Zonificación de las márgenes según su Componente Urbanística.

A modo de ejemplo, “en el suelo clasificado como urbanizable o apto para urbanizar colindante con los embalses de abastecimiento, lagos y lagunas, el planeamiento municipal establecerá una banda de protección mínima de 50 metros entre la línea de alineación máxima de los edificios en su límite con los embalses, lagos y lagunas y la línea de máximo nivel normal de las aguas”. O bien en “las márgenes consideradas como Márgenes con Vegetación Bien Conservada, según su componente medioambiental, y como Márgenes en Ámbito Rural, según su componente urbanística, se respetará, en todo caso un retiro mínimo de 10 metros respecto del borde exterior de la orla de vegetación de ribera.” Pero aquí también deja sin instrumentos para determinar cual debe ser esa línea que constituye el máximo nivel normal, y por tanto la situación del borde externo de las bandas de protección.

Son pues criterios basados en normas legales decididas arbitrariamente, antes que basadas en consideraciones científicas, que pretendan definir y delimitar un ecosistema considerando unas distancias subjetivas que dependen

solo de actitudes más o menos conservacionistas del legislador, antes que tomadas en base a características comunes del sistema, y ello a pesar de que también se consideren aspectos relacionados con la existencia de un tipo de vegetación de ribera, y se incorpore esta al sistema fluvial como parte no separable del curso de agua, para el caso de que su estado natural esté bien conservado.

Para el caso del Dominio Público Marítimo-Terrestre, las franjas continentales contiguas que no poseen esta naturaleza demanial, las delimita el Reglamento de Costas también de forma arbitraria en servidumbres, y se refieren a servidumbres de paso o de protección (seis o cien metros), de manera que estas franjas conservan su carácter inicial, privado o público, sin que el deslinde del ámbito demanial asigne un cambio de naturaleza a los terrenos incluidos en estas bandas protectoras, ni ello suponga su incorporación al dominio público (tampoco la Zona de Influencia de 500 m de ancha). Por las consecuencias ambientales y económicas que produce el deslinde marino, debe señalarse también una diferencia con las franjas de protección del Plan Territorial de Aguas Superficiales de la Comunidad vasca, el hecho de que el objetivo de este trabajo es precisar que debe definirse el límite exterior del “sistema costero”, mediante indicadores que definan líneas o al menos franjas de escasa amplitud con valores similares donde se comprenda el suelo cuya naturaleza corresponda con el Dominio Público costero según la definición legal. Esta franja terrestre de transición está conectada íntimamente con el medio marítimo, y de ello deriva su “naturaleza” demanial.

B.- Indicadores ambientales usados por investigadores en trabajos sobre humedales.

En los trabajos consultados de autores españoles, entre otros el de Casado de Otaola, Santos y Montes del Olmo, Carlos (Guía de los lagos y humedales de España, 1995), encontramos descripciones similares para los humedales, que pueden ser de utilidad, puesto que la misma definición de humedal de estos autores, “sistemas que constituyen una transición o interpenetración entre los ambientes terrestres y los acuáticos, ya sean estos últimos continentales (como

ríos y lagos) o marinos”, presenta cierta coincidencia con nuestro objetivo de definir un sistema delimitando los bordes en base al uso de indicadores ambientales, puesto que la propia “naturaleza del humedal” es la de franja o borde de transición.

La pertenencia a este sistema, en cuanto a la condición de franja entre uno acuático y otro terrestre, y ser de hecho un ecotono o sistema de bordes, no es exclusiva, puesto que los humedales pueden presentarse también como manchas difusas. Sí lo es en cuanto que deben tener una serie de características, a las que podemos considerar “indicadores:

Tres son los componentes fundamentales, cuya presencia, ya sea conjunta o al menos uno de ellos, sirve para caracterizarlos o delimitarlos. Primero, la presencia, de forma permanente o temporal, de una lámina de agua poco profunda o de una superficie freática, es decir, de agua subterránea próxima o al mismo nivel de la superficie del terreno. Segundo la presencia de suelos hidromorfos (suelos cuya formación y características están determinadas por unas condiciones de saturación de agua temporal o permanente). Finalmente, la presencia de una vegetación de hidrófilos (plantas que crecen en el agua o en terrenos inundados) o higrófitos (plantas que crecen en sustratos que, al menos periódicamente, están inundados) (Casado, 1995).

No obstante la característica esencial, que proporciona la “naturaleza de humedal” es en todos los casos la presencia o influencia del agua. La inundación o saturación de agua implica condiciones anaeróbicas, en el sustrato, lo cual es un factor determinante para que se den los tipos de suelos. No tienen la misma importancia los tres indicadores, y solo la presencia de agua es, en definitiva, el factor esencial de estos sistemas, entendidos como unidades funcionales (Casado, 1995).

En este sentido, los distintos autores consultados consideran que puede haber humedales sin vegetación, por aguas hipersalinas, o incluso sin suelos desarrollados, como las pozas en cavidades rocosas, pero el agua es un elemento esencial en el funcionamiento del sistema, considerado genéricamente. También hay diferencias respecto del uso que hacen de estos sistemas otros

seres vivos, desde las bacterias a las aves, pasando incluso por los seres humanos.

González Bernaldez (Departamento de Ecología de la U.A de Madrid, 1988), Casado y Montes (Departamento de Ecología Acuática de la UA de Madrid, 1995), Vidal-Abarca et al, (2003), o Vidal-Abarca et al (D.E.U.M, 2003), coinciden al considerar los humedales como anomalías hídricas positivas en el paisaje, de origen natural o artificial, que no es ni un río ni un lago, y que se caracteriza por presentar comunidades biológicas o usos característicos que le diferencian del entorno.

Esta definición tiene interés para nosotros por el hecho de que, a diferencia de que la definición del dominio público hidráulico en los ríos y lagos solo alcanza el lecho ocupado por el agua en las máximas crecidas, aun con las matizaciones introducidas en la reciente modificación del Reglamento de la Ley de Aguas en enero de 2008, sin embargo en este caso se parte de la consideración de que el agua ni siquiera sea visible, y aflore al exterior, y que la inclusión de un territorio en un humedal esté relacionada, además del agua visible o no, con las condiciones físico químicas, el tipo de suelo o las comunidades vegetales derivadas de la proximidad del agua a la superficie.

En el ámbito más localizado del sureste español, varios autores analizan aspectos concretos de los humedales, bien de carácter salino o salobre, bien de agua dulce o vinculados a cursos fluviales, así en la publicación Los recursos naturales de la región de Murcia, un análisis interdisciplinar (Esteve et al, 2003), aportan datos más específicos sobre humedales del sureste español, algunos de los cuales podrían integrarse en un cuerpo de indicadores genéricos, o bien en Los humedales de la Región de Murcia (Vidal-Abarca et al, 2003), que es un inventario de las ramblas y humedales murcianos, o Los humedales de la Región de Murcia, Claves para su interpretación (Vidal-Abarca et al, 2003), que trata no solo de definirlos con criterios fundamentalmente fisicoquímicos y de vegetación, sino también de hacer un diagnóstico y propuestas de gestión.

De la misma colección de humedales, la Recopilación de valores faunísticos asociados a humedales de zonas áridas (Esteve et al, 2003), es una

publicación que pretende servir de comienzo para crear una base de datos ampliable, sobre fauna de humedales murcianos.

Aunque ya citado al hacer referencia más atrás a normas legales, es reseñable también el aspecto científico, sin menoscabo de que la finalidad fuese su aplicación en normas administrativas, de la Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States (Cowardin et al, 1979), para resaltar simplemente la generalización de los criterios empleados por estos autores y su aplicación, que ha tenido enorme repercusión por su utilización en la definición y caracterización de los diversos tipos de lagos lagunas y humedales, por otros investigadores, además de asumirse muchas de sus normas y propuestas por las administraciones, en la planificación y gestión de estos ambientes, en su país y fuera de él.

Puesto que buena parte de los criterios generales y los indicadores usados son básicamente coincidentes, finalmente, y sin ánimo de realizar un análisis exhaustivo de las publicaciones existentes, y más como una cita fuera de los países de occidente, se cita un caso referido a trabajos en un área cultural y geográfica lejana (Centre for Biodiversity, Kenya, 2001 National Museums of Kenya), el estudio del Distrito de Kajiado, en Kenya (36°30.E, 2°10.S), una área semiárida al sur de Kenya, donde vuelve a ponerse de manifiesto la amplia coincidencia de criterios de los investigadores, respecto a la definición de humedales con los utilizados en occidente.

Los humedales, en Kenya, forman manchas relativamente pequeñas pero extensamente distribuidas. Cubren 2,5 % de la superficie total del territorio, en un área de unos 583 645 km², pero esta superficie se ha estado reduciendo aproximadamente 7 % por año, principalmente debido al drenaje para dedicar las tierras a la agricultura (Gichuki, 1995).

El trabajo realizado por Gichuki et al, entre los años 1996 y 1998, y publicado en el 2001, con el objetivo de ser utilizado para Supervisión y evaluación de humedales para su conservación y desarrollo, en territorios secos, se hace en el marco de cuestiones agrícolas y la desecación de humedales para incrementar superficies cultivadas. Presenta como destacable

este trabajo, en el sentido que estamos analizando, el hecho de mostrar la amplia coincidencia con la definición de humedales y criterios de delimitación.

Estos autores, siguiendo a Cowardin et al, (1979) y Roggeri (1995), consideran que los humedales son territorios de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos dónde el nivel freático normalmente está cerca de la superficie de la tierra, o se cubre por aguas poco profundas. Y referidos a este contexto de ambientes áridos y semiáridos citan a Mermet (1986), Dugan (1990), afirmando que los humedales son áreas de transición que están, permanentemente, estacionalmente, u ocasionalmente, inundados, y la fauna y flora característica anegada, criterios, por otra parte ya comentados, y ampliamente compartidas por diversos autores.

5.3.4. Selección de plantas psamófilas como indicadores: valoración del grado de exclusividad que muestran por el medio dunar y comparación de las especies utilizadas con otros trabajos del DEUA.

Aunque resulta de gran interés el uso de indicadores abióticos para el objetivo de definir y delimitar el ecosistema dunar de características mixtas continental- marino, en la franja que puede corresponder a lo que legalmente se denomina ribera del mar, estos factores tienen una segunda componente en tanto afectan a las comunidades de seres vivos. Así, algunos de los comentados, tales como la disponibilidad de agua o el efecto del spray ya sea por los aportes de nutrientes o destrucción de hojas de las plantas, tienen una traducción evidente tanto en las especies vegetales que existen como su densidad. No menos interesante será la relación con la topografía e incluso la presión antrópica.

Es por ello, que teniendo en cuenta además que las variaciones de las asociaciones y densidades de la vegetación de macrófitos se produce con cierta lentitud, a lo largo de años, parece conveniente que parte de estas decisiones debieran fundamentarse en los estudios de la vegetación psammófila, en tanto aporta una situación que se refiere a intervalos de tiempo largos, en contraposición a datos más comprimidos en el tiempo que aportan algunos indicadores fisicoquímicos. En los casos de grave alteración del arenal o incluso en caso de haber sido totalmente arrasado, o bien que esta destrucción afecte

solo a las comunidades vegetales, además de los indicadores abióticos podrían ser útiles las referencias a comunidades asentadas en zonas próximas de arenal, o colindantes con él.

Para este trabajo se han seleccionado 18 especies distintas, que figuran en la tabla adjunta, con un total de 10 inventarios y 730 cuadrículas. Como cada cuadrícula es un rectángulo de 5 metros de longitud por 2 de ancho, la muestra realizada es de 7300 metros cuadrados, con una longitud de 3650 metros a los que hay que añadir unos 200 de playas.

5.3.4.1. Particularidad de las plantas utilizadas en el estudio, y que las hacen adecuadas en este tramo de costa.

Las plantas psamófilas o psamófitos son las que tienen preferencia por los substratos de tipo arenoso. Ellas son las que llevan a cabo la colonización de las dunas y suelen mostrar preferencias por las diferentes franjas que van desde la misma playa hasta las áreas donde la arena pierde movilidad como consecuencia del desarrollo de la cubierta vegetal. A medida que se desarrolla una vegetación más compleja hay muchas especies que son capaces de vivir en los matorrales o bosques que pueden terminar ocupando los medios dunares, sin embargo en las fases iniciales de la colonización de las masas de arena solo los psamófitos tienen capacidad para habitar ese medio tan particular. Para este trabajo resulta de especial interés seleccionar preferentemente aquellas plantas que están ligadas de forma exclusiva al medio que constituyen las dunas litorales, y a las que se puede denominar psamófitos estrictos. La selección de este tipo de plantas se ha hecho con el mismo criterio que Bernabé (2004) que se basa, por una parte en los mapas de distribución de especies vegetales en los Países Catalanes [*referencias en la tabla 3-2 de la tesis, todas las de la última columna*] y por la otra en toda la bibliografía fitosociológica, en especial Rigual (1984), Bolos (1967), Bolos & Vigo (1984, 1990, 1995) y Costa & Mansanet (1981) en la que se destaca como especies características del ecosistema de dunas las que viven exclusivamente en ese medio.

La tabla 5.1 es una modificación de la de Bernabé (2004) que incluye la totalidad de las especies psamófitas existentes en el área de los Países

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA
MARÍTIMO TERRESTRE

	Tipo psamófito	Latitud	Nº localidades	Autor
Ammophila arenaria arundinacea	estricto	septentrional	C	Bolòs 1998
Aetheorhiza bulbosa bulbosa	no estricto	/	C	Bolòs 1998
Ambrosia maritima	estricto	/	A	Bolòs 1998
Atriplex rosea tarraconensis	estricto	/	A	Bolòs 1998
Blackstonia perfoliata imperfoliata	no estricto	/	A	Bolòs 1998
Cakile maritima maritima	estricto	/	C	Bolòs 1998
Calystegia soldanella	estricto	septentrional	C	Bolòs et al 2001
Carex extensa	no estricto	/	B	Bolòs 1998
Catapodium marinum	no estricto	/	B	Bolòs 1998
Centaurea seridis	no estricto	meridional	B	Bolòs 1998
Crucianella maritima	estricto	/	B	Bolòs 1998
Cutandia maritima	estricto	/	B	Bolòs 1998
Cutandia memphitica	estricto	meridional	A	Bolòs 1998
Cyperus capitatus	estricto	/	C	Bolòs 1998
Echinophora spinosa	estricto	septentrional	A	Bolòs 1998
Echium arenarium	estricto	meridional	B	Bolòs 1998
Echium sabulicola	estricto	meridional	C	Bolòs 1998
Elymus farctus farctus	estricto	/	B	Bolòs 1998
Erodium lacinatedum	no estricto	meridional	C	Bolòs et al 1998
Eryngium maritimum	estricto	/	C	Bolòs et al 1999
Euphorbia paralias	estricto	/	C	Bolòs et al 1999
Euphorbia peplis	estricto	/	B	Bolòs 1998
Euphorbia terracina	no estricto	/	D	Bolòs et al 1999
Halium halimifolium halimifolium	no estricto	septentrional	A	Bolòs 1998
Hedypnois arenaria	estricto	meridional	A	Bolòs 1998
Ipomoea imperati	estricto	meridional	A	Bolòs 1998
Juniperus oxycedrus macrocarpa	estricto	meridional	A	Bolòs 1998
Juniperus phoenicea lycia	no estricto	meridional	B	Bolòs 1998
Lagurus ovatus	no estricto	/	D	Bolòs 1998
Launaea fragilis fragilis	no estricto	/	C	Bolòs 1998
Lotus creticus creticus	estricto	meridional	C	Bolòs 1998
Malcolmia littorea	estricto	meridional	B	Bolòs 1998
Malcolmia ramosissima	estricto	septentrional	B	Bolòs 1998
Maresia nana	no estricto	/	B	Bolòs et al 1997
Matthiola sinuata sinuata	estricto	septentrional	B	Bolòs 1998
Medicago litoralis	no estricto	/	D	Bolòs 1998
Medicago marina	estricto	/	C	Bolòs 1998
Melilotus sicula	no estricto	/	B	Bolòs 1998
Ononis natrix ramosissima	no estricto	/	C	Bolòs 1998
Otanthus maritimus	estricto	meridional	B	Bolòs 1998
Pancratium maritimum	estricto	/	B	Bolòs 1998
Panicum repens	no estricto	/	B	Bolòs 1998
Paspalum vaginatum	no estricto	/	B	Bolòs 1998
Phleum arenarium	no estricto	/	A	Bolòs 1998
Plantago crassifolia	no estricto	/	C	Bolòs 1998
Polygonum maritimum	estricto	/	C	Bolòs et al 2000
Pseudorlaya pumila o maritima	no estricto	/	C	Bolòs et al 1999
Sporobolus pungens	estricto	/	C	Bolòs 1998
Salsola kali	no estricto	/	D	Bolòs et al 2001
Silene littorea littorea	estricto	meridional	A	Bolòs 1998
Silene littorea nana	estricto	meridional	A	Bolòs et al 1998
Silene nicaeensis	estricto	septentrional	B	Bolòs et al 2000
Silene ramosissima	estricto	meridional	B	Bolòs et al 2000
Teucrium polium dunense	no estricto	/	B	Bolòs 1998
Triplachne nitens	estricto	meridional	B	Bolòs 1998
Vulpia membranacea	no estricto	/	B	Bolòs 1998

Tabla 5.1. Especies psamófitas de los países catalanes, descritas por los autores que se indican. Se incluye tipo de psamófito, latitud, y número de localidades: A(<10 localidades), B(10-50), C(51-100), D(>100 localidades). De A. Bernabé, 2004. En negrita especies usadas en este trabajo.

Catalanes, con cuatro columnas, en la primera si se trata o no de un psamófito estricto, en la segunda su preferencia de latitud, si la hay, en la tercera el número

de localidades que aparecen en el mapa de distribución y en la cuarta la referencia de la obra donde aparece el mapa publicado.

Para decidir si una especie se puede o no considerar un psamófito estricto lo primero que se hace es ver si todas las localidades que aparecen en el mapa de distribución son de la línea costera o por el contrario hay un número variable de citas en puntos del interior, y una vez confirmado el carácter estrictamente

•	(nº citas)	Cakiletum	Agropyretum	Ammophiletum	Crucianelletum	Índice	Índice
1.	Ammophila	0	0.04	0.96	0	4.3	3.07
2.	Cakile (22)	0.68	0.23	0.09	0	1.82	4.54
3.	Calystegia	0.10	0.38	0.52	0	3.83	3.96
	Centaurea	0.72	0.14	0.14	0	1.86	4.71
4.	Crucianella	0	0	0.12	0.88	6.76	1.23
5.	Cyperus	0	0.27	0.33	0.40	5.26	2.74
6.	Elymus	0	0.65	0.25	0.10	3.90	4.10
7.	Eryngium	0	0.33	0.52	0.14	4.62	3.37
8.	Euphorbia	0	0.10	0.30	0.60	6.00	2.00
	Launaea	0	0.14	0	0.86	6.43	1.57
9.	Lotus (14)	0.14	0.14	0.43	0.29	4.71	2.99
	Medicago	0	0.23	0.58	0.19	4.92	3.08
	Ononis (9)	0	0	0.20	0.80	6.40	1.40
	Pancratium	0.09	0.57	2.38	1.67	4.71	3.08
	Polygonum	0.56	0.33	0.11	0	2.10	4.78
	Pseudorlay	0.18	0.09	0.27	0.45	5.00	2.63
	Silene (5)	0.20	0	0	0.80	5.80	1.80
	Sporobolus	0.19	0.31	0.37	0.12	3.87	3.74

Tabla 5.2. Porcentaje de citas bibliográficas que asocian cada especie a unidad fitosociológica, y valor de los índices calculados de cercanía al mar y movilidad de las dunas. (A. Bernabé, 2.004) En negrita las especies no usadas en este trabajo

costero se debe constatar su preferencia por el sustrato arenoso en la bibliografía botánica y fitosociológica anteriormente citada. En esta tabla figuran tan solo las especies que aparecen en alguno de los transectos realizados en esta investigación, tanto los que se pueden considerar estrictos como los que, a pesar de tener preferencia por el medio arenoso litoral, pueden vivir en otros sustratos.

En la tabla 5.2, tomada de Bernabé (2004) aparecen, para 18 especies psamófilas, estrictas y no estrictas, unos índices que pretenden expresar su menor a mayor alejamiento de la línea de costa, y el mayor o menor grado movilidad del sustrato que soporta cada especie. Antes de estos índices se da, en tanto por uno, la preferencia de cada uno de los psamófitos por las cuatro comunidades que se suelen distinguir en los sistemas de dunas del Mediterráneo: *Cakiletum*, *Agropyretum*, *Ammophiletum* y *Crucianelletum*. Estos índices son útiles para integrar dos características ecológicas de gran interés en este tipo de

plantas como son su situación zonal respecto a la influencia marina y la capacidad para soportar mayor o menor movimiento del substrato arenoso. Más información sobre las características estructurales, fenológicas y ecofisiológicas se puede encontrar en Seva et al, (1989) y en Bernabé (2004).

5.3.4.2. La especies utilizadas en otros trabajos del DEUA

En los diversos trabajos realizados en duna por los investigadores del Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, de forma reiterada se

Especies utilizadas en este trabajo	Estudios sobre el medio. Escarré, Martín Seva, et al.	Tesis de E. Seva	Restauración de ecosistemas dunares. Escarré, Lledó et al.					
	Plantas psammófilas Frecuencias %	Frecuencias en %	Recolección semillas	Germi nación	Usado planta ciones	Plantación municipio de Gavá	Plantación Guardamar 2000	Plantación playa del Altet, 2001
Ammophila arenaria	NC	25,9	X	X	X	X	X	
Cakile marítima	25	1,09	X	X	X			
Calystegia soldanella	NC		X	X	X	X	X	
Crucianella marítima	36	98,7	X	X	X	X	X	X
Cutandia marítima	NC	34,5						
Cyperus capitatus/mucronatus	NC	59,06	X	X	X	X	X	
Echium sabulícola								
Elymus farctus	NC	33,7	X	X	X	X	X	X
Eryngium maritimum	NC	2,6	X	X	X	X	X	
Euphorbia paralias	NC	4,06	X	X	X			
Lotus créticus	70,8	73,5	X	X	X	X	X	X
Medicago marina	NC	43,2	X	X	X	X	X	X
Ononis natrix-ramossísima	NC	30,4	X	X	X	X		X
Otanthus marítimus	NC		X	X	X			
Pancratium marítimum	NC			X	X	X	X	
Pseudorlaya pumila o marítima		1,8			X			
Silene ramossísima	NC	60,09			X			
Sporobolus pungens	43,8				X		X	

Tabla 5.3. Comparativa de especies utilizadas en este trabajo, y otros anteriores.
NC = no consta. X = sí utilizado

utilizan un grupo de psammófilas, que varía en función de la zona concreta estudiada, pero que suele contener un conjunto de especies comunes.

E. Seva (1982), compara la flora de las dunas del Saladar, con el sistema de Doñana y otros, y más en concreto 51 especies, para las que señala su frecuencia. Sin que ello suponga un análisis exhaustivo, además de los trabajos

citados más arriba, y otros trabajos publicados sobre el medio dunar realizados por personas del DEUA, se han consultado datos contenidos en el libro publicado por la Diputación de Alicante, Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante (Escarré, et al, 1989) que contiene una amplia recopilación de trabajos pluridisciplinarios sobre dunas de Alicante. Del ámbito de la Comunidad Valenciana se utilizan datos del trabajo sobre Restauración de ecosistemas dunares, del DEUA, y la Oficina técnica de la Devesa- Albufera de Valencia (2003).

De la comparación de las especies utilizadas, que se realiza en la tabla 2.3, solo *Echium sabulicola* no ha sido utilizado en los trabajos citados, pero sin embargo parece adecuado para el objetivo que se persigue en esta ocasión, puesto que resulta una especie relativamente abundante, y fácil de localizar, que se encuentra presente en 8 de los 10 inventarios y 142 cuadrículas, de las 730 estudiadas. Cuestión aparte merece comentar el uso de especies que si se utilizan en otros trabajos y que finalmente se descartan en los resultados, como *Euphorbia paralias* presente solo en un inventario, en 4 cuadrículas, u *Othantus marítimus*, solo presentes en 2 cuadrículas del nº 5, ambas en la misma zona, además con escasos ejemplares, y sometidos a una gran desmesurada presión antrópica, por el pisoteo, en la duna litoral, lo que supone una clara amenaza de desaparición de ambas especies en el litoral sur alicantino.

También presente en 3 ocasiones *Calystegia soldanella*, solo se cita en el transecto nº 10, sin que se hayan observado ejemplares en otros inventarios, aunque en la zona del Saladar se encuentran otras pequeñas manchas en la duna litoral, sometidas también a un proceso de desaparición, probablemente irreversible, como en los dos casos anteriores.

Aunque sí aparecen en los inventarios realizados, citar a *Calystegia*, *Othantus* y *Euphorbia* ha tenido más de preocupación por conocer el estado real de la población de las tres especies que de su utilidad, puesto que en los primeros recorridos en el campo ya pareció evidente que su papel en los porcentajes no dejaría de ser anecdótico, aunque en cada inventario los porcentajes aparecen en relación con las especies presentes en el transecto.

Especies utilizadas en este trabajo	Número de citas, Castellón	Situación geográfica, Litoral de Castellón
<i>Ammophila arenaria</i>	2	C
<i>Cakile marítima</i>	13	N, C, S
<i>Calystegia soldanella</i>	3	C, S
<i>Crucianella marítima</i>	1	S
<i>Cutandia marítima</i>	3	C, S
<i>Cyperus capitatus/mucronatus</i>	4	C, S
<i>Echium sabulicola</i>	3	S
<i>Elymus farctus</i>	13	N, C, S
<i>Eryngium maritimum</i>	9	C, S
<i>Euphorbia paralias</i>	6	N, C, S
<i>Lotus créticus</i>	3	S
<i>Medicago marina</i>	6	C, S
<i>Ononis natrix-ramossísima</i>	7	N, C, S
<i>Otanthus marítimus</i>	2	C, S
<i>Pancratium marítimum</i>	8	C, S
<i>Pseudorlaya pumila o marítima</i>	4	C, S
<i>Silene ramossísima</i>	5	C, S
<i>Sporobolus pungens</i>	9	N, C, S

Tabla 5.4. N = norte. C= centro, S= sur
Especies utilizadas en este trabajo, y *Vegetación litoral y cambios en el paisaje de la provincia de Castellón* (1998)

En relación con las dunas de la provincia de Castellón, el libro publicado por el ayuntamiento de la capital, *Vegetación litoral y cambios en el paisaje de la provincia de Castellón*, (Gómez et al, 1998), recoge un “Catálogo florístico del dominio marítimo de la provincia de Castellón”, donde se recoge el número de citas y las especies, y que en la tabla 2.4, se compara con las utilizadas en el trabajo. El número de especies citadas es de 51, incluidos las

psammófilas, pero aquí solo se comparan con las utilizadas en nuestro trabajo, y no las presentes en las dunas.

En este caso, las especies que para nosotros preocupan por el escaso número de individuos, *Otanthus marítimus*, *Euphorbia paralias* y *Calystegia soldanella*, aparecen citados en 2, 6 y 3 ocasiones respectivamente, por el contrario, otras como *Crucianella marítima* o *Ammóphila arenaria* son mucho más escasos.

5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.1. En relación con los indicadores posibles para definir la franja costera

De entre los factores abióticos analizados, además de la presencia del sustrato arenoso, parece conveniente que por su variación espacial sobre todo con la distancia al mar, y por la sencillez para tomar datos de campo de entre los componentes del spray debía centrarse el trabajo en el estudio de las

concentraciones de cloruros, transportados por el viento marino, y presentes en el aire, y también en el suelo.

En relación con los seres vivos se descartan los estudios de fauna por la movilidad de los animales, y sin embargo parece muy interesante estudiar la distribución de especies psammófilas en relación con la distancia al mar, además de comparar la vegetación en zonas repobladas y otras con la especies propias. Un efecto directo del spray, y fácilmente observable, es la destrucción de hojas en las especies arbóreas repobladas, donde están presentes, como consecuencia del spray marino. Para ello se estudiaran los daños sufridos siguiendo transectos perpendiculares al mar.

Aunque parece conveniente que cada indicador se estudie según sus propios resultados, y no condicionado por otros factores, también es verdad que conocer otros datos con aparente vinculación aporta una perspectiva que permite valorar con mayor rotundidad los resultados. En este sentido se relacionaran también los transectos con la topografía, de manera que se procurará interpretar el grado de influencia en esta distribución de las especies. Para ello se han adecuado, donde ha sido posible, los inventarios siguiendo las trazas disponibles de perfiles topográficos, relacionando así no solo la variación con la distancia, sino también con la ubicación en a barlovento, sotavento, depresiones o crestas de las cadenas dunares.

Por su sencillez para analizar las variaciones de presencia de las especies psammófilas, se utilizará usado el método de los transectos perpendiculares al mar, de dos metros de ancho, cortando cada cinco metros de largo, de manera que se definen cuadrículas sucesivas de 2 X 5, hasta distancias diferentes, dependiendo del ancho de las dunas, y a veces de la monotonía del contenido de las especies presentes en las cuadrículas. Los transectos usados para los pinos serán perpendiculares al mar y con cuadrículas contiguas de 10 X 10 metros. Las longitudes de recorridos no serán de todo el campo dunar, puesto que solo se pretende conocer posible la utilidad de estos indicadores, y no de la delimitación concreta de estos campos de dunas.

5.4.2. En relación con las especies que se van a utilizar.

	Especie	Tipo psammófito
1	Ammóphila arenaria	Estricto
2	Cakile marítima	Estricto
3	Crucianella marítima	Estricto
4	Cutandia marítima	Estricto
5	Cyperus capitatus/mucronatus	Estricto
6	Echium sabulícola	Estricto
7	Elymus farctus	Estricto
8	Eryngium maritimum	Estricto
9	Lotus créticus	Estricto
10	Medicago marina	Estricto
11	Ononis natrix-ramossísima	No estricto
12	Otanthus marítimus	Estricto
13	Pancratium marítimum	Estricto
14	Pseudorlaya pumila o marítima	No estricto
15	Silene ramossísima	Estricto
16	Sporobolus pungens	Estricto

Tabla 5.5.-Especies utilizadas para estudiar las variaciones en las asociaciones comunidades vegetales psammófilas.

Una vez contrastados los datos de las especies utilizadas en los arenales valencianos, se ha tenido en cuenta también la facilidad de identificación y persistencia de la planta aun después de seca, además de factores relacionados con la propia idoneidad y frecuencia, citas o no de las especies.

Para realizar el trabajo de campo de los transectos se ha tenido en cuenta la presencia o ausencia de *Othantus marítimus*, *Euphorbia paralias* y *Calystegia soldanella*, aunque el escaso número de ejemplares y de transectos en los que aparecen han conducido a desestimar estas especies como colaboradoras para poder definir franjas diferenciadas dentro de las propias dunas, quedando reducidas a las 16 especies que figuran en la tabla 5.5. Aunque el número total de especies que se utilicen para estos fines puede ser variable, lo que parece necesario es que el número no sea excesivo para facilitar el trabajo de campo, y suficiente para que el número de especies presentes por transectos sea superior a diez, en la mayor parte de ellos. Las diez y seis especies cumplen estas premisas, aunque para cada tramo de litoral debe realizarse una primera propuesta y valorar el resultado en el campo. Parece razonable proponer un número de ellas vinculado a la diversidad existente, además del resto de consideraciones expuestas.

5.4.3. En relación con el uso de indicadores para definir humedales y otras masas de agua continentales.

Las definiciones utilizadas, tanto en la formativa legal estudiada de ámbito autonómico, nacional o internacional, como en numerosas publicaciones

científicas, sirven a la finalidad que se pretende a modo de antecedentes a nuestra propuesta de usar indicadores ambientales para definir el territorio incluido en la franja costera, la zona marítimo terrestre de la Ley de costas, y que estos sirvan a su vez como soporte técnico en la delimitación del dominio público litoral.

Entre la normativa internacional, tiene especial relevancia La Convención sobre los Humedales, que es un tratado intergubernamental, que podría incluirse dentro del ámbito del derecho internacional flexible, aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar. En este acuerdo, ya en septiembre del 2003 se contaba con 138 Partes Contratantes y más de 1.310 humedales, con una superficie de unos 111 millones de hectáreas. En el convenio se definen los humedales como las extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de agua sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas además podrán comprender zonas de bordes fluviales o de costa adyacentes al humedal. Estas zonas de borde, incluidas en los humedales guardan también gran similitud con la zona litoral, aunque tampoco aquí se pretende identificar el borde, sino poner de manifiesto la pertenencia al humedal de estas franjas.

Para los firmantes del acuerdo, el agua es el principal factor que controla el medio y la vida vegetal y animal relacionada con él, aunque se dan algunas ideas respecto de hasta donde debe extenderse, cuando se afirma que la capa freática se halla en o cerca de la superficie de la tierra o donde la tierra está cubierta de agua poco profunda.

El Comité Nacional Research Council (NRC) – EEUU 1995-, añade a los criterios anteriores la presencia de características físicas, químicas y biológicas reflejo de la inundación o saturación recurrente, además de reiterar que las características comunes del diagnóstico son suelos hídricos y vegetación hidrófila. Factores estos, que siendo diferentes a los que proponemos como indicadores para delimitar y definir el sistema dunar litoral, coincidente con la ribera del mar de la que habla la Ley de Costas del 88, si coinciden con la idea de utilizar componentes característicos del ecosistema para delimitarlo.

Como se ha visto más atrás, similares propuestas se hacen en nuestro país, tanto en el Real Decreto 435/04, de 12 de marzo (BOE 25/03/04), por el que se regula el Inventario Nacional de las Zonas Húmedas, Anexo I, como en el Plan Estratégico Español para el Uso Racional de los Humedales - PEEURH, Octubre 2004- aprobado por la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza de España, donde se definen las características que debe reunir un espacio para ser inscrito en el inventario nacional de zonas húmedas. Además de referirse a los humedales y sus características que engloban a las aguas remansadas o corrientes, y ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales, también introducen elementos indicadores para delimitar los bordes, que coincidirían con las márgenes de dichas aguas y las tierras limítrofes en aquellos casos en que, previa la tramitación del expediente administrativo oportuno, fuera así declarado como tal, por ser necesario para evitar daños graves a la fauna, a la flora o a la propia dinámica del humedal.

Es decir, se añaden atributos que deben tener otros suelos limítrofes, que permiten considerar su pertenencia al sistema humedal, que afectará no solo a la superficie inundada, o que posee características de vegetación propia de humedal, sino que también aquellas superficies perimetrales necesarias para su conservación.

Menos interés tiene para nuestras pretensiones el Real Decreto 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, en su Capítulo III habla de los lagos, lagunas, embalses y terrenos inundable y delimita el Dominio Público Hidráulico a la superficie ocupada por el agua, aunque se refiera a la mayores crecidas, pero no entra a valorar las zonas de borde, aunque ya la reciente modificación del Reglamento, de enero de 2008 apunta también en la consideración de factores propios del ecosistema fluvial y ripario.

En la normativa autonómica aparecen algunos indicadores nuevos a tener en cuenta. Así el Plan Andaluz de Humedales (Resolución de 4 de noviembre de 2002 del Director General De la Red de Espacios Protegidos y Servicios Ambientales) cuando los describen como aguas someras, permanentes, estacionales o erráticas y/o en condiciones de saturación cerca o en la superficie

del terreno por la presencia de aguas subterráneas, lo suficientemente importantes como para afectar a los procesos biogeofisicoquímicos del área en cuestión.

Añaden además otros indicadores novedosos, como el paisajístico, los usos humanos, y los microorganismos, cuando afirman que estas propiedades se traducen también en la existencia de unas comunidades especiales de microorganismo y fauna, así como en aprovechamientos humanos diferentes y en un paisaje con un elevado grado de calidad visual respecto a su entorno (Plan Andaluz de Humedales, 2002). En este caso, la propia existencia de agua, como característica del humedal, permite una abundante presencia de microorganismos, además de macrófitos, que permite incluir estos seres vivos como indicadores muy interesantes para estas pretensiones delimitadoras de su borde externo.

Menos concretos son los criterios de la Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas de la CC.AA. de Madrid que los considera formados por aguas dulces o salobres, naturales o artificiales, así como los márgenes de dichas aguas. No caracteriza los bordes, aunque también aquí se trasciende al propio ámbito de la superficie afectada directamente por el agua.

El Plan Territorial Sectorial de Ordenación de Márgenes de los Ríos y Arroyos de la Comunidad Autónoma del País Vasco –1999- aporta elementos delimitadores que no pretenden definir un sistema al margen de la consideración de pertenencia al dominio público de la ley de Aguas de 1985, texto refundido del 2001, sino que establecen servidumbres (similares a la de tránsito de la ley de Aguas de 5 m, o las de protección de costas), de distinta amplitud según la zona a la que se refiera. Estas franjas deberán fijarse mediante el planeamiento municipal, que establecerá una banda de protección mínima de 50 m entre la línea de alineación máxima de los edificios en su límite con los embalses, lagos y lagunas y la línea de máximo nivel normal de las aguas. Se trata de distancias arbitrarias antes que en base a características comunes del sistema, y no buscan su delimitación sino la protección de lo existente, al margen de su naturaleza demanial o patrimonial.

Otra aportación considerable es la que realiza La Agencia Catalana del Agua – Mayo 2004-, en su estudio sobre Caracterización, regionalización y elaboración de herramientas de establecimiento del Estado ecológico de las zonas húmedas de Cataluña. En ella se elaboran índices basados en la abundancia de taxones predeterminados de microcrustáceos, insectos, o crustáceos, aplicando análisis estadísticos de abundancia relativa, y empleando índices de correlación entre diversas variables. Algunos de estos criterios pueden ser útiles, cuando se trata de analizar las zonas de borde, no permanentemente acuáticas, pero que se incorporan al sistema acuático, tales como la presencia de Culícidos o sus larvas, relacionada con los bordes externos, o zonas no permanentemente acuáticas.

En el ámbito científico, Cowardin et al, (1979), utilizan una definición similar, aunque puntualizan que deben tener uno o más de los siguientes atributos que a su vez pueden considerarse indicativos para delimitar al humedal:

- ✓ Al menos periódicamente, el terreno mantiene predominantemente, una vegetación higrófila.
- ✓ El substrato está formado predominantemente, por suelos hídricos.
- ✓ El substrato está saturado de agua o cubierto por aguas poco profundas, alguna vez, durante la estación más productiva del año.

Entre las publicaciones, es representativa la definición que Casado de Otaola, y Montes del Olmo, en la Guía de los lagos y humedales de España (1995), cuando describen los humedales como sistemas que constituyen una transición o interpenetración entre los ambientes terrestres y los acuáticos, ya sean estos últimos continentales (como ríos y lagos) o marinos. Esta consideración presenta mucha coincidencia con nuestro objetivo de definir un sistema de transición mar- continente, delimitando los bordes en base al uso de indicadores ambientales, puesto que como en ese caso la propia donde la naturaleza del humedal es la de franja o borde de transición, también el dominio público marítimo- terrestre tiene esta condición.

Además de Casado y Montes del Olmo, que entienden el humedal y las tierras colindantes influidas por el agua como unidades funcionales, otros autores ya citados como Cowardin Carter y Golet han prestado sus definiciones y criterios científicos para ser aplicados por la administración como bases legales, al igual que otros investigadores españoles han prestado los suyos para ser aplicados en normas legales estatales y autonómicas sobre humedales.

Finalmente, otros autores como González Bernaldez (1988), Casado y Montes (1995), Vidal-Abarca et al (2003), o Vidal-Abarca et al (2003) fijan la atención y asignan especial trascendencia a las biocenosis y también al uso a que se destina el territorio, anteponiendo incluso estas circunstancias a la propia existencia de agua. De esta manera, además de considerar los humedales como anomalías hídricas positivas en el paisaje, de origen natural o artificial, que no es ni un río ni un lago, consideran fundamental el hecho de aquello que consideran que lo caracteriza, el presentar comunidades biológicas o usos característicos que le diferencian del entorno.

Parece pues evidente que el uso de indicadores se encuentra en la actualidad ampliamente aceptado para definir y delimitar humedales y masas de agua continentales, tanto en las normas legales de diferente rango, como por los investigadores en sus publicaciones, aunque no aparezca en los antecedentes referidos a las costas, ni en la Ley de 1969 ni la actual vigente desde de 1988.

Con ello parece también razonable su aplicación como base pericial necesaria en la tramitación administrativa para aplicar el mandato legal para delimitar el dominio público marítimo terrestre, aunque los datos obtenidos puedan no resultar siempre concluyentes y exactos por si mismos. Es el juicio complementario del experto el que tras el análisis de los resultados podrá mejor interpretarlos, y probablemente sea necesario aplicar una combinación de varios indicadores cuya importancia no será igual.

La combinación de indicadores, y el cruce de datos obtenidos a partir de los distintos factores utilizados, tales como las concentraciones de spray en aire y suelo, las especies o asociaciones psammófilas presentes y su distribución a partir de la línea de playa, efectos del spray en copas de árboles, la vinculación de

estos con la disponibilidad de agua en el suelo o la topografía, parece que reúnen las características de representatividad del ecosistema marítimo- terrestre. A la idoneidad de los factores utilizados debe unirse la facilidad y fiabilidad de los datos, que puede proporcionar un buen conjunto para definir la ribera del mar.

No obstante, y aunque resulta trabajoso un estudio demasiado exhaustivo, para una franja extensa del litoral, parece que el norme valor económico y ambiental de la zona lo exige. Como ya indicamos más atrás, el deslinde realizado de la Zona Marítimo Terrestre determina no solo la pertenencia al sistema acuático-litoral o terrestre, o un mayor o menor grado de protección, sino que además tiene como consecuencia un cambio sustancial en su naturaleza, la pertenencia a suelos patrimoniales o demaniales, lo que bien puede justificar este esfuerzo, que además aporta una seguridad jurídica adicional al procedimiento de deslinde, que no es nada desdeñable, por lo que la complejidad que se añade parece compensada con creces.

CAPÍTULO SEXTO: CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA DE LAS DUNAS DEL SUR DE ALICANTE. CAMBIOS PRODUCIDOS COMO CONSECUENCIA DE LA REPOBLACIÓN FORESTAL

6. 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta tesis es, entre otros, proponer indicadores y extraer conclusiones que puedan ser aplicables a la realización del deslinde administrativo de diferentes costas. Es pues un ámbito de investigación aplicada, que pretende además que los criterios y factores estudiados para este tramo de costa puedan ser útiles, aunque no exclusivos, para el deslinde de la zona marítimo terrestre en cualquier zona marítima con playas y dunas asociadas. Costas arenosas que incluso puedan ser muy diferentes, en clima, extensión, o incluso composición del sustrato.

El ámbito de estudio de estos trabajos se realiza, a su vez, en tramos del litoral alicantino ocupadas por dunas con situaciones bien diferentes. En unos casos con superficies menores que hace unas décadas, pero poco alteradas desde el punto de vista topográfico, de su composición florística y faunística, y en otros tramos donde además de ver reducida la superficie han sufrido diferentes cambios tanto en el medio físico como biológico.

Posiblemente las mayores transformaciones en relación a la biocenosis, correspondan a las derivadas de haber sufrido repoblaciones forestales, además de añadirse la desaparición de amplias zonas como consecuencia de la acción urbanizadora, y los efectos antrópicos derivados de la presencia de las personas que habitan estas urbanizaciones sobre los restos dunares. Esta presión, muy elevada en la costa sur alicantina en la que se desarrolla este trabajo, provoca grandes cambios en la vegetación, y contribuye a hacerla más diversa a pesar de estar limitada a varias decenas de kilómetros.

A la presión antrópica diferenciada unimos las diferencias propias de cada campo dunar litoral, tanto por el origen de los sedimentos que forman el sustrato arenoso, los procesos de génesis y formación, la composición litológica y granulometría o el tamaño o ubicación del sistema dunar, así como la evolución historia reciente de las asociaciones vegetales derivadas de las competencias con las nuevas especies introducidas. Estas a su vez pueden haber producido cambios en la distribución espacial de las plantas, por lo que ajenos a la proximidad o no de la línea de costa, nos encontramos con un mosaico de unidades dunares bastante diversas.

Esta zona costera situada en un clima extremadamente árido, y con precios del suelo disparatados que multiplican la presión urbanística, ve acentuada la dificultad de supervivencia de los ecosistemas dunares, ya de hecho muy frágiles. Quizá por ello, en los últimos años se ha multiplicado el esfuerzo investigador sobre estas cuestiones en el DEUA, y se ha producido numerosas publicaciones que tratan cuestiones relacionadas con las dunas alicantinas, sobre todo del sur del litoral de la provincia donde todavía se conservan la mayor parte de las superficies litorales asociadas a dunas. En el resto de la provincia la situación es peor, y se ha producido incluso la desaparición por completo de pequeñas áreas de la provincia al norte de la ciudad de Alicante debido a la presión urbanística (Aldeguer & Seva, 1989). Estos trabajos ofrecen la posibilidad de comparar datos ya existentes, y discutir la fiabilidad de exportar los resultados para situaciones y dunas diferentes, cuyos antecedentes conocemos o al menos nos aproximamos.

Otra fuente de datos de la que disponemos son las publicaciones generales sobre vegetación de la provincia de Alicante (Rigual, 1972), textos sobre vegetación pero de mayor ámbito territorial (Bolós i Capdevilla, & Vigo; Flora dels Països Catalans Vol I, 1984; Idem Vol II y III, 1990; Bolós i Capdevilla et al, Volums I,II,III, 1993), y otras más genéricas sobre diversos aspectos de dunas alicantinas (Escarré et al 1989, Seva 1982, Aldeguer et al 1997, o la tesis reciente de García, en 2005).

También de gran interés para comparar cuestiones específicas sobre dunas, que se interesan en este trabajo, son numerosos artículos y trabajos del

DEUA, algunos inéditos, o bien artículos publicados en revistas científicas, tales como sobre efecto del spray marino en los pinos (Raventós & Martín, 2001, Oliveras et al , 2002). Entre los no publicados se han considerado interesantes algunos datos sobre los pinares de la bahía del Segura (Sánchez et al, 2004), y también otros contenidos en capítulos de textos sobre restauración de ecosistemas dunares (Escarré et al, 2003), o numerosos trabajos del DEUA sobre psammófitos (Gras et al 2000, Raventós et al 2001, Jiménez et al 2001, Gras et al 2001, De Luís 2002, o la tesis doctoral de Bernabé en 2004).



*Aspecto general de los arenales: al fondo el mar
Año 1901*
Dunas de Guardamar a principios del siglo XX,
antes de la repoblación forestal

El dilatado periodo en el que se ha desarrollado esta tesis permite a su vez comparar datos propios. Datos no publicados obtenidos en trabajos de hace varios años, con otros nuevos que se aportan en otros trabajos posteriores, lo que permite a su

vez obtener una perspectiva más amplia, desde el punto de vista temporal y de los procesos.

6.2. OBJETIVOS

6.2.1 Las nuevas asociaciones vegetales producidas.

En este capítulo se pretende describir y analizar la vegetación de los diferentes campos dunares estudiados, tanto los que conservan un ecosistema donde las asociaciones florísticas no parecen haber sufrido grandes cambios, como aquellos repoblados a principios del siglo XX donde se evidencia la evolución sufrida por las comunidades vegetales autóctonas como consecuencia de las introducidas, además del estado las nuevas asociaciones de psammófitos y de la masa forestal.

En esta costa sur se encuentran dunas que no están modificadas por la repoblación de pinos de principios del siglo XX al norte del cabo de Santa Pola, en

la playa del Saladar, y dunas de La Mata, y una pequeña superficie junto a cultivos en la playa del Moncayo, en Guardamar. En el primer caso las arenas están fijadas solo con vegetación herbácea psammofítica, estricta o no, y escasos arbustos, que a pesar de la presión humana y el hecho de que el 20 % de su antigua extensión, está ocupada en la actualidad por diferentes edificaciones y viales (Aldeguer & Seva, 1989). Aquí las asociaciones vegetales propias de las dunas litorales, se encuentran en un estado aceptable de conservación, por lo que, al menos parcialmente, pueden ser indicativas de la situación que existía antes de la repoblación forestal, en las dunas donde se produjo. El otro resto dunar, mucho más reducido pero con vegetación autóctona, lo encontramos en las dunas de La Mata, al sur de la bahía del río Segura, con un grado de conservación aceptable, aunque más alterado. Las vegetación de las dunas de playa del Moncayo en Guardamar presentan mayor alteración por la presencia de cañas (*Arundo donax*) y maticuchillo (*Mesembryanthemum crassifolium* o *Carpobrotus*)

En la parte central de este tramo litoral se encuentran cordones dunares repoblados con pino a principios del siglo XX, y palmeras y eucaliptos en menor porcentaje, que además de la introducción de estas nuevas especies arbóreas modifican profundamente la distribución de la escasa vegetación que existía con los trabajos propios de la repoblación, tales como movimientos de arenas, aporte de tierra, abonos, transplante de plantas, etc. Se produjeron además cambios sustanciales en la distribución y abundancia como consecuencia de que también se utilizaron para fijar las arenas, algunas psammófilas existentes entre las que se citan las especies principalmente empleadas en las siembras, que fueron el barrón y la mata melera, entre las herbáceas. Además se introdujeron otras arbustivas, entre las que aparecen citadas la plantación de semillas de enebro, sabina y retama (Mira, 1904), en pruebas sucesivas. Transcurrido un siglo estas especies de mayor porte no están presentes o están representadas solo por escasos ejemplares, como es el caso del enebro, (*J. oxicedrus*) o lentisco (*P. lentiscus*), del que pueden encontrarse algunas decenas de ejemplares en las dunas próximas al pueblo de Guardamar en caso del enebro, las otras de lentisco en La Marina. Se creó pues un sistema que cambió radicalmente la situación

existente, de una parte las arenas se fijan, de otra la introducción de especies arbustivas y arbóreas cuyo desarrollo a lo largo del tiempo profundizará el cambio iniciado.

6.2.2 Organización de la nueva biocenosis en relación con el mar.

Se pretende también conocer si con el paso de casi un siglo, la vegetación actual arbórea presenta indicios de afecciones diferentes en función con la distancia al mar que pudiera ser cuantificable, y por tanto usar como indicador. El hecho de que las repoblaciones forestales en las dunas fueran una actuación generalizada en las dunas costeras de nuestro país a principios del siglo XX, permite extender la utilidad de las conclusiones a otros lugares del litoral, donde puedan aplicarse. Para ello, además de evaluar el grado de adecuación de algunas especies arbóreas al sustrato dunar y el efecto de la proximidad al mar, se han realizado transectos perpendiculares a la línea de costa que permiten conocer y comparar la situación actual de las distintas especies forestales en función de la distancia a la orilla.

6. 3. MATERIAL Y MÉTODOS

Además del estudio de la vegetación existente en la actualidad mediante transectos verticales al mar, en los cuales solo se ha tenido en cuenta la ausencia o presencia de la especie en esa cuadrícula, para conocer la evolución de la vegetación dunar se han consultado numerosas publicaciones forestales de principios del siglo XX, fotografías, o incluso conferencias, cuyo autor es fundamentalmente el director de los trabajos, el ingeniero forestal, Francisco Mira Botella, aunque algunas notas son de Ricardo Codorniu, u otros ingenieros de montes, y corresponde a repoblaciones de otras Cuencas Hidrológico- Forestales.

Otros datos cotejados y no publicados son los obtenidos en la década de los años 1980- 90 mediante el estudio de masas forestales, en varias parcelas ubicadas a diferentes distancias y orientaciones respecto de los médanos dunares, en las arenas de Guardamar y La Marina (Elche), así como trabajos publicados más recientemente, y en especial los desarrollados por otros miembros del DEUA (Seva 1982, Escarré et al 2001, Lledó et al 1995 y 1997).

Como complemento de los datos obtenidos y en relación con la distancia a mar, se han realizado perfiles topográficos detallados y a escala, coincidentes con varios de los recorridos seguidos para efectuar los transectos de psammófilas, que permiten conocer una variable más en el análisis de indicadores, a la vez que completar el conocimiento del medio físico, en uno de los factores que aparentemente puede tener incidencia en los resultados. También coincidiendo con algunos de los transectos, donde solo se anota la ausencia o presencia, se han realizado otras secuencias de cuadrículas formados por una secuencia ininterrumpida de 10X10 metros, en las zonas repobladas con pinos, con el objetivo de que pueda analizarse la evolución de los daños en copa con la distancia al mar, a la vez que comparar la evolución de la masa forestal, tanto de la biomasa como del estado de conservación, y afección por el spray marino en varias zonas del campo dunar repoblado. Una dificultad añadida al comparar los daños es el hecho de que la repoblación se mantuvo hasta hace algunos años, primero reponiendo marras y luego pinos secos, con diferente intensidad en cada época, lo que conduce a alturas diferentes y exposición diferente al spray a pesar de no existir apenas autoregeneración del bosque.

6.3.1. Vegetación del ecosistema dunar a principios del siglo XX, antes de la repoblación forestal.

De la vegetación existente en las dunas del Segura, a principios del siglo XX, solo se han podido encontrar textos con descripciones muy someras del grado de cobertura y especies presentes, realizados por el ingeniero forestal redactor y director del proyecto de repoblación forestal, y que se refieren a estas dunas. En estos escritos se describen las dunas, que empiezan por el mar con pequeños montones de arena de uno a dos metros de altura, de formas muy irregulares y con algunas matas de barrón (Mira, julio de 1903), o en otro fragmento de la misma publicación donde se explica que la generalidad de los espacios comprendidos por los médanos ofrecen el aspecto de inmensas sábanas de arena salpicadas de matas de barrón. Estas afirmaciones se repiten en conferencias y escritos posteriores en términos similares.

MINERAL	PESO, EN %	VOLUMEN, EN %
Caliza	57,50	58,45
Cuarzo	31,50	32,35
Feldespató alterado y arcilla	2	3,45
Hierro	9	5,85
Total %	100	100

Composición media de las arenas de las dunas de Guardamar, Mira, 1906.

De los documentos consultados, donde aparece descrito con mayor extensión el estado y vegetación de estas dunas, es en las Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Mira Fco, 1906), donde a modo de memoria del proyecto de repoblación de las dunas refiere, entre otros muchos datos, comenta el sustrato arenoso, e indica que todas estas arenas son calizo-cuarzosas, algo feldespático-arcillosas y pueden aparecer coloreadas de rojo por él óxido férrico y con granillos de hierro magnético.

En relación a la vegetación narra que dejaban entre sí estos médanos espacios de 30 a 70 m. de anchura, por largos variables, formando vallejitos, en alguno de los cuales aparecían a los descubiertos pequeños manchones de tierra con alguna vegetación herbácea, y aunque de forma muy somera cita las especies existentes en el arenal. En relación con la vegetación de estos arenales dice que era muy escasa, y donde más se observaba era en los alrededores de la desembocadura del río Segura y en algunos de los vallejitos (Mira, 1906).

Según este mismo autor relata en varias publicaciones de principios del siglo XX, en las dunas del Segura crecen espontáneamente, entre otras especies, las siguientes:

Psamma arenaria R. Et Sch.-Barrón.

Ononis Natrix L.: var. *microphila* Boiss.- Melera, mata marina.

Ononis antiquorum L.

Euphorbia biumbellata Poir.-Lechera.

Pancratium maritimum L.-Azucena silvestre.

Helichryson Stoechas D. C.; var. *cespitosum* Willk.-Siempreviva.

Carduus bourgeanus Boiss.-Cardo.

Convolvulus altheoides L.-Correguela.

Cyperus schoenoides Gris.- Margalló.

Solanum miniatum L.- Jazmin de sierra.

Solanum sodomium L.- Solimán, tomatara del Diablo

Tamarix gallica L.- Taray.

Juncus communis L.- Junco.

Phragmites communis Trin.- Carrizo.

De todas estas, la más abundante era el barrón y luego la mata marina, que formaban pequeños rodales; de los demás, sólo se veían individuos aislados. Crecían bien en las arenas, aunque sin llegar a un gran desarrollo, la caña común, *Arundo donax* L, y la pita, *Ágave americana* L, puestas en algunos sitios del arenal por los propietarios confinantes, con el objeto de defender, en parte, los cultivos, retrasando el avance de la arena por el obstáculo que ofrecen estas plantas á su paso (Mira 1906, Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural).



Trozo del río Segura atravesando las dunas en su desembocadura.
Al fondo un cerro de arena. De izquierda a derecha
los Ingenieros E. Francisco Mira, E. Ricardo Codornú y E. José Sáiz.

son las numerosas fotografías, que ponen de manifiesto la escasa vegetación retratada en las dunas, probablemente a consecuencia de la movilidad de las arenas, además de las propias del sustrato y la climatología.

Pero el hecho de que gran parte de los esfuerzos previos a la repoblación, se dedicaron a fijar las arenas, como pone de manifiesto en numerosos escritos tanto Mira, como Ricardo Codornú, parece evidenciar como limitante del desarrollo de la vegetación dunar, la enorme gran dificultad que para el crecimiento de las plantas suponía la extrema movilidad de las arenas. De hecho explican en varios textos que el avance anual de las arenas variaba según los sitios y las comparan con las francesas de la región de Gascuña, donde el avance anual era de 20 m. En las de Guardamar era bastante menor este avance, calculándose como término medio, de 6 a 8 m, junto a la desembocadura del río, y 2 y 3 m en los sitios más lejanos a dicha desembocadura (Mira, mayo 1914).

No obstante, a pesar de esta movilidad de las arenas puede observarse como en la foto de la desembocadura próxima al río realizada posiblemente a finales del siglo XIX o principios del XX sí aparece una cobertura apreciable, que contrasta con fotos de las dunas alejadas del río Segura. Es probable que la proximidad de las aguas fluviales y su incidencia en el mantenimiento de un nivel freático más alto y de mayor calidad de agua, además de la fijación de las arenas por la vegetación de ribera, tengan alguna influencia local en un mayor desarrollo de las psammófilas de la desembocadura.

Otros aspectos que parecen deducirse de la descripción de las especies existentes es la existencia de malladas, o lugares que se encharcaban en el interior de las dunas, como pone de manifiesto Mira en sus escritos, al señalar que entre las plantas existentes en diferentes puntos se observa que en los alrededores de la desembocadura del río Segura y en algunos vallejitos se observan *Juncus communis* L, y *Fragmites communis* Trin. (Mira, 1906). Ambas especies ligadas a los suelos encharcados o de nivel freático muy superficial, y en la actualidad solo presentes en puntos muy delimitados, generalmente hoyos que fueron antiguos pozos de donde se extraían aguas usadas para diversas tareas de la repoblación. En este mismo documento también se cita la presencia de *Tamarix gállica*, vinculado a suelos húmedos, que en la actualidad forma pequeños grupos de individuos, escasos y dispersos en las dunas.

No se han encontrado referencias a más psammófilas estrictas que *Psamma arenaria* (denominación en la que debieron incluir *Ammóphila areanaria* y posiblemente *Elymus farctus*, a la luz de la numerosa población existente en la actualidad de esta segunda, y que sin embargo nunca aparece citada en los escritos antiguos), *Ononis natrix*, *Pancratium marítimum*, *Cyperus schoenoides* (que probablemente se corresponda con *Cyperus capitatus / mucronatus*) y probablemente *Eryngium marítimum* y *Echinophora spinosa* y *Centaurea seridis* a las que incluyeron como cardos, y más en concreto *Carduus bourgeanus* Boiss, puesto que de las tres anteriores al menos *Eryngium* y *Centaurea* son relativamente abundantes y no se describen como plantas introducidas en la repoblación. El resto de las propuestas más adelante como indicadores y no citadas por los autores de la repoblación forestal, *Cakile marítima*, *Calystegia*

soldanella, *Crucianella marítima*, *Cutandia marítima*, *Echium sabulícola*, *Euphorbia paralias*, *Lotus créticus*, *Medicago marina*, *Otanthus marítimus*, *Pseudorlaya marina*, *Silene ramossísima* y *Sporobolus pungens*, ya debieron ser relativamente abundantes aunque por su escaso porte u otras cuestiones no debieron parecer de gran interés y no se describen, o al menos no se han encontrado, en los documentos consultados que se refieren a la repoblación.

Esta ausencia en la literatura no debe ser consecuencia de que no poblasen las dunas, puesto que hoy son relativamente abundantes y no solo están ausentes en relación con la vegetación descrita preexistente a la repoblación forestal, tampoco son citadas como especies usadas para fijar las arenas por Mira, e introducidas en las tareas de sujeción de las arenas. Como ejemplo de herbáceas introducidas para dar la fijación de las arenas se emplearon las siembras de barrón (*A. arenaria* y probablemente *Elymus*), *Ononis* (*O. natrix*), tomatera del diablo (*S. sodomeum*), avena (*A. sativa*), y cebada, (*H. vulgare*), convenientemente defendidas contra el movimiento de la arena (Mira, 1906).

Tampoco cuando este ingeniero forestal describe los resultados obtenidos ofrece nuevos datos sobre especies herbáceas o de escaso porte, hoy presentes de forma generalizada aunque con frecuencias diferentes. Explica que de las plantas protectoras empleadas para la fijación, las que mejor resultado están dando son el barrón y la melera; ésta última alcanza en el primer año un desarrollo de medio metro de altura y ensancha mucho su vuelo, ejerciendo una defensa muy completa contra el viento; por sus profundas y abundantes raíces, pero remarca además que su buen crecimiento, esquilma y deseca el suelo (Mira, 1906).

En este mismo documento explica Mira (1906) otros procesos de fijación de las arenas con herbáceas, fáciles de manejar por los agricultores de la zona, como la cebada y avena, citadas más arriba, para las que en estas arenas precisa incluso de abonado, y que en la actualidad están ausentes en estas dunas. Comenta en sus escritos que la poca fertilidad de las arenas la corregían con el empleo de abonos orgánicos y químicos, y fomentando el desarrollo de la vegetación herbácea de todas clases; esta vegetación con sus despojos, al

secarse, va enmendando el suelo y mejorando cada año su fertilidad. Los trabajos comenzaron en el año 1900, y a pesar de la tremenda sequía que viene sufriendo toda aquella región, pudieron conseguir cubrir de vegetación herbácea las 846 hectáreas de arenales (Mira, 1914).

La ausencia de referencias a otras plantas psammófilas probablemente se deba al hecho de prestar poca atención a la vegetación existente, por su insignificante cobertura, desconocimiento de su ecología y aparente escaso interés como colaboradoras en la repoblación forestal para fijar las arenas. Además de la escasez de los campos dunares y su carencia de utilidad social hasta bien entrado el siglo XX, probablemente acarrea un escaso conocimiento de la vegetación psammófila y por tanto de la fitosociología de las comunidades de arenales costeros, por parte de los ingenieros forestales, así como el desconocimiento de estos ecosistemas, y de las exigencias de las plantas que forman parte de ellos.

6.3.2. Vegetación en las dunas sin repoblar de la Playa del Saladar, playas del Moncayo y dunas de La Mata.

En las dunas del Saladar se ha realizado un transecto (Aldeguer, 2002), en el que solo se han encontrado 11 de las 18 psammófilas manejadas en el trabajo.

	Especie	-1-	-2-	-3-	-4-
1.	<i>Ammóphila arenaria</i>	25,9	11,5	19,8	-
2.	<i>Cákile marítima</i>	1,09	2,5	-	-
3.	<i>Calistegia soldanella</i>	-	3,9	-	-
4.	<i>Crucianella marina</i>	98,7	78	-	85
5.	<i>Cutandia marítima</i>	34,5	-	-	-
6.	<i>Cyperus mucronatus</i>	59,06	80	-	-
7.	<i>Elymus farctus</i>	33,7	57,7	62,2	95
8.	<i>Eryngium maritimum</i>	2,6	-	26,4	-
9.	<i>Lotus créticus</i>	73,5	80	70,4	60
10.	<i>Medicago marina</i>	43,2	26,9	-	99
11.	<i>Ononis natrix</i>	30,4	16,6	-	71
12.	<i>Silene ramossísima</i>	60,9	85	-	-
13.	<i>Sporobolus pungens</i>	-	20,1	-	-

-1- Tesis Eduardo Seva, DEUA, 1982. Valores de frecuencia con que aparecen en sus unidades.
 -2- Transectos propios 2002. Indica porcentaje de cuadrículas en las que está presente.
 -3- Trabajo Dirección General de Costas y DEUA de diciembre de 1999. Supervivencia %, enero 2001.
 -4- Plantación 2001, DEUA. Supervivencia en %, después de un año. Sustrato lodos.

Aparece como la especie más abundante *Silene ramossísima*, que está en el 85 %, con igual presencia *Cyperus capitatus* y *Lotus créticus* que se observan en el

80 %, y le sigue *Crucianella marítima*, en más del 78 % de las 78 cuadrículas estudiadas. *Silene* y *Cyperus* que son muy frecuentes en el transecto son menos abundantes en la duna litoral. Por otra parte, una experiencia de restauración de ecosistema dunar con plantas psammófilas realizada por el DEUA con la Dirección General de Costas, del ministerio de Medio Ambiente, en la playa del Altet (Elche) en diciembre de 1999, que afecta tanto a dunas litorales como cordones interiores, con cuatro especies, dio como resultado que la mayor supervivencia la presentaba *Lotus créticus* L. (70,4 %), seguido por *Elymus farctus*, (62,2 %), (Viv.) Runemark ex Melderis, según el seguimiento realizado por los investigadores del DEUA en enero del 2001. Menor porcentaje de supervivencia presentaba *Eryngium maritimum* L. (26,4 %) y *Ammóphila arenaria* L. Link (19,8 %).

Estos porcentajes no se alejan de los de presencia en las cuadrículas observado por Aldeguer en 2002. Para el caso de *Lotus* la elevada supervivencia

	Especie	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	<i>Ammóphila arenaria</i>	25,9	11,5	5,2	4	8,6	-	¿ <i>Psamma arenaria</i> ?
2.	<i>Cákile marítima</i>	1,09	2,5	-	17,4	43,5	15	No
3.	<i>Calystegia soldanella</i>	0	3,9	-	-	-	-	No
4.	<i>Crucianella marina</i>	98,7	78	29	-	-	-	No
5.	<i>Cutandia marítima</i>	34,5	0	0	13	-	25	No
6.	<i>Cyperus capitatus</i> , Vandelli	59,06	80	55,3	34,8	21,7	-	<i>C. schoenoides</i> , Griseb
7.	<i>Echium sabulícola</i>	-	-	-	65,2	52,2	85	
8.	<i>Elymus farctus</i>	33,7	57,7	89,5	52,2	47,8	50	¿ <i>Psamma arenaria</i> ?
9.	<i>Eryngium maritimum</i>	2,6	0	68,4	21,7	-	35	¿ <i>Cardo</i> ?
10.	<i>Euphorbia paralias</i>	4,06	-	-	17,4	-	-	¿ <i>E. biumbellata</i> ?
11.	<i>Lotus créticus</i>	73,5	80	60,5	100	73,9	100	No
12.	<i>Medicago marina</i>	43,2	26,9	76,3	26	52,2	35	No
13.	<i>Ononis natríx</i>	30,4	16,6	89,5	60,8	69,5	-	Citada
14.	<i>Otanthus marítimus</i>	-	-	-	-	-	10	No
15.	<i>Pancratium maritimum</i>	-	-	-	60,8	34,8	20	Citada
16.	<i>Pseudorlaya marina</i>	1,8	-	-	69,5	60,8	70	No
17.	<i>Silene ramosísima</i>	60,9	85	86,8	60,8	47,8	80	No
18.	<i>Sporobolus pungens</i>	0	20,1	7,9	4,3	39,1	80	No

(1) Playa del Saladar- Arenales del Sol, sur de Alicante. Seva E, 1982.
 (2) Playa del Saladar, transecto 2002.
 (3) Playa de La Mata, sur de la bahía del río Segura, transecto 2002.
 (4), (5) y (6). Transectos 2002, dunas litorales frente hotel Campomar. Alto del Moncayo al sur de Guardamar: Campomar 1, 2 y 3.
 (7) Especies citadas en las dunas de Elche y Guardamar por Mira F, a principios del siglo XX.

de individuos coincide con la abundante presencia que en este trabajo se ha observado (78 %), y también una comparación similar puede hacerse para *Elymus farctus*, que sobreviven en un 62,2 %, frente a la presencia observada en

el 58,3 % de nuestras cuadrículas, y para *Ammóphila arenaria* cuya supervivencia disminuye hasta el 19,8 %, mientras la presencia de esta especie solo es detectada en el 11,5 % de las 78 cuadrículas del transecto. Para el caso de *Eryngium maritimum*, que sobrevive en una cuarta parte, no está presente en todo el transecto.

Valores entre especies y frecuencias encontrados por Seva (1982) y Aldeguer (2002) que aparecen en las columnas 1 y 2, se encuentran además en rangos similares a los resultados de supervivencia del trabajo de Costas- DEUA en 2001, que aparecen en las 3 y 4 para alguna de las especies. Es quizá más representativo y comparable el resultado obtenido en la columna -3-, porque el número total de individuos plantados fue mucho mayor (25.000) que en la columna -4- (3.500), por lo que además afectó a mayor superficie y por tanto condiciones ambientales más variadas, ya sean topográficas como de cercanía a la costa.

La presencia de especies arbustivas en el Saladar puede servir de ejemplo de un campo dunar activo con algunas especies de arbusto bajo (*Thymelaea hirsuta*, *Crucianella marítima*) y una cubierta de vegetación herbácea de psammófilas (Aldeguer et al 1997), es otro factor que puede afectar al porcentaje de la supervivencia y distribución de especies, además del sesgo que supone la desaparición de una parte de estas dunas, que pudieron tener otras peculiaridades.

De la comparación (tabla 6.1) entre las especies inventariadas en todos los transectos realizados en el tramo dunar sin repoblar, con las encontradas por Seva (1982) para las distintas cuadrículas estudiadas en dunas del Saladar, se desprende la presencia de 13 especies de las 18 estudiadas en los transectos del capítulo ocho. Aunque ni los trabajos anteriores ni en este trabajo se pretende un análisis exhaustivo de la vegetación, si es de utilidad a los objetivos de esta tesis la comparación de los datos disponibles

como confirmación de la idoneidad de las especies elegidas. De hecho estos datos no solo aportan el conveniente contraste con datos obtenidos por otros investigadores, sino además abarcan un mayor espacio de tiempo entre los trabajos de campo, (más de veinte años) y permiten decidir con menor margen de error si pueden ser las especies adecuadas.

La observación de los transectos dunares no repoblados evidencia que las 18 especies utilizadas en el estudio de la distribución de psammófilas con transectos están todas presentes, Además si tenemos en cuenta los datos obtenidos en los tres campos dunares no repoblados (tabla 5.2), parecen indicar lo acertado de la elección de las especies usadas en este trabajo para los tramos dunares menos alterados, y que presumiblemente ya estaban también presentes en las dunas que luego se repoblaron con especies forestales. En este proceso se utilizaron también especies autóctonas para fijar las arenas, que probablemente han producido la modificación de la presencia y agrupación espacial de las especies propias del arenal, además de la introducción de otras alóctonas, pero lo que parece evidente es que las especies que se utilizan como indicadoras ya enraizaban en las dunas repobladas.

Parece además razonable pensar que el crecimiento de los árboles creando condiciones muy diferentes del hábitat, tanto por la competencia por el agua y nutrientes, fijación de las arenas, protección de vientos y del spray marino, o simplemente zonas de sombra y sol, han modificado las posibilidades de desarrollo y supervivencia de todos los psammófitos, y de las diferentes especies forestales, y por tanto creando condiciones diferentes que han modificado la distribución espacial de las plantas.

6.3.3. Repoblación forestal: antecedentes, movilidad de las arenas, técnicas y especies utilizadas.

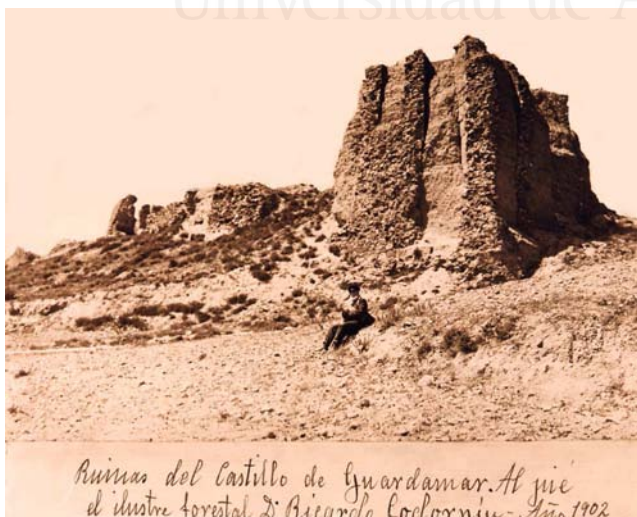
6.3.3.1. Antecedentes.

La presencia de yacimientos arqueológicos en el corazón de las dunas permite extraer algunas conclusiones sobre la evolución temporal de los campos dunares, como ya se ha hecho en el capítulo primero. Pero también, acontecimientos como el abandono precipitado y enterramiento de la Rábida

Califal y la zona residencial de su entorno, aportan datos que permiten mejorar el conocimiento de los procesos relacionados con la movilidad del sustrato, o la ausencia de vegetación que estabilizase la duna. Situada entre las dunas, en las proximidades de la margen derecha del Segura, el traslado de la residencia, a finales del siglo X o principios del siglo XI, posiblemente tuvo varias causas, y no debió ser ajena a ello la dificultad de enfrentarse al avance de las arenas puesto que tras su abandono se produce un rápido enterramiento, “la estratigrafía del yacimiento constata cómo los derrumbes (consecuencia de un terremoto en el año 1044, según el geógrafo árabe al-Udri) se hallan en los niveles superiores, separados del pavimento de los edificios por una regular y compacta capa de arena proveniente del relleno natural producido por el desplazamiento de la duna, que aterraría el yacimiento una vez abandonado” (Azuar, 2004).

El posterior establecimiento del pueblo de Guardamar sobre el cerro del castillo, donde continuó hasta el siglo XIX, supone un alejamiento de las dunas, y mayor seguridad para sus habitantes, además de otras consideraciones estratégicas, pero en todo caso se alejan del mar y del río, que en buena parte son las fuentes principales de alimentación. Esta permanencia fue interrumpida por la serie de terremotos del año 1829, que destruyeron totalmente la villa.

La elección de una ubicación con pocos desniveles para trazar un urbanismo más seguro ante los terremotos llevó de nuevo a enfrentar la población al avance de las arenas. Al reconstruir dicho pueblo por haber destruido los terremotos el anterior, se empezó en sitio más cercano al mar que el que ocupaba el destruido, sin temor de que, con el transcurso del tiempo, la



arena de la orilla del mar, distante entonces unos 500 metros del pueblo, pudiera ser un nuevo peligro de destrucción (Mira, 1906).

El lugar elegido, y que actualmente ocupa el pueblo de Guardamar, fue la pendiente suave situada al este del monte que ocupaba el antiguo castillo-fortaleza, donde se alzaba el pueblo destruido por el terremoto de 1929, y que se extendía hasta las dunas. Se construyó paralelo al frente dunar, que es más ancho por el norte, próximo al río Segura, distante unos 800 a 700 metros del mar y que fue la parte del pueblo que a finales del siglo XIX comenzaron a enterrar las arenas, y que probablemente cuando se trazaron las calles estaba alejado unos 200 a 300 m las dunas

6.3.3.2. La movilidad del sustrato

La deforestación y roturaciones que en los últimos siglos arrasaron buena parte de la masa forestal en todo el estado afectó de igual manera a la cuenca del Segura. Esta circunstancia unida a las roturaciones de tierras vírgenes para ser cultivadas, inicialmente como agricultura de secano, pudieron favorecer una intensa erosión y transporte de sedimentos desde las zonas montañosas, y más todavía desde las partes medias de la cuenca del Segura, lo que se tradujo en un gran aporte de arena al mar, que se a su vez se convertía en crecimiento de las



Dunas repobladas en la Bahía del río Segura, al sur de Alicante

dunas. Esta erosión de la cuenca debió ser tan evidente que Mira la describe diciendo que desde que la ignorancia de una parte, y la imprevisión y la codicia de

otra, talaron y roturaron grandes extensiones montuosas de su cuenca, dejando las vertientes sin la protección que presta el arbolado, y las tierras, por lo tanto, expuestas a los arrastres ocasionados por las lluvias de carácter torrencial (Mira, 1906).

En estilo más poético describe el Jefe de la División Hidrológico- Forestal del Segura (Codorniu, 1912) la causa de este rápido crecimiento dunar. Escribe que a causa de las talas efectuadas en montaña, muchas veces los ríos arrastran al mar, en sus avenidas, grandes cantidades de arena, que luego el oleaje deposita en la orilla, siendo otras veces debidos los arenales de las playas a la descomposición de las rocas submarinas. Como en las costas, los vientos que soplan del mar suelen ser los más impetuosos, desecada la arena de la playa marcha hacia el interior, formando esa especie de colinas llamadas médanos, que lo asemejan a un mar petrificado, de deslumbradora blancura (Codorníu, 1912).

A los datos objetivos de roturaciones en la cuenca que tuviese el ingeniero forestal, responsable de llevar a cabo la repoblación, debió sumarse la fuerte impresión que causaba cruzar por el pueblo en días de viento y sentir el impacto



Casas con los techos hundidos por el peso de las arenas. Año 1901.

de los granos de arena, porque en los días de fuertes vientos de Levante, se hacia casi imposible cruzar las calles del pueblo. Los vientos lo envolvían con una especie de niebla de arena finísima que cegaba los ojos, y obligaba a los vecinos a recluirse en las casas, y cerrar las puertas para librarse de estos

efectos hasta que cesara el viento (Mira, 1914). Sentimientos estos que probablemente contribuyeron a buena parte del ardor con que se empleó Francisco Mira, gran parte de su vida, a fijar las dunas.

Con los datos que manejaba el responsable del proyecto de la repoblación supone que desde principios de la década de 1930, en que se tomó la decisión de reconstruir el pueblo en su actual ubicación, tras el terremoto de 1829, las arenas avanzaron a un ritmo de entre 3 y 4 metros por año durante 60 o 70 años, hasta finales del siglo XIX (Mira, 1914).

Estas cifras pudo también deducirlas a partir de las que obtuvo para el avance de las arenas tras observar el recorrido producido durante tres años, y suponer además a partir de otra información aportada por lo lugareños, que no era aventurado calcular que este avance había sido de unos 6 a 8 m, como término medio, para los sitios donde la arena tiene su mayor anchura y 2 a 3 m. en los demás (Mira, 1906).

Frente a la parte NE. del pueblo de Guardamar, desde el uno de Enero de 1897 á principios de Junio de 1900, explica este ingeniero de Montes en la memoria del proyecto, que habían adelantado 12 m, ó sean 3 m y medio



Un métrano de las cercanías del pueblo. Año: 1906

Dunas de Guardamar a principios del siglo XX

próximamente por año, (Mira, 1906) y también que eran menores a las que se producen en otros lugares. Cita para ello las dunas de Gascuña, donde al avance anual era de 20 m

En las de Guardamar, comentaba, ha sido

bastante menor este avance, calculándose como termino medio, de 6 a 8 m, junto

a la desembocadura del río, y 2 y 3 metros en los sitios mas lejanos a dicha desembocadura. Por efecto del avance de estas arenas se inutilizaban anualmente para el cultivo agrícola 6 hectáreas de buena tierra, plantada de árboles y viña, parte de regadío, y de las más fértiles del termino de Guardamar. Esto en cuanto a los cultivos; respecto a los edificios no era menor el daño (Mira, 1914).

6.3.3.3. Técnicas y especies utilizadas en la repoblación.

El litoral sur de Alicante, y particularmente la bahía del Segura tiene un régimen de precipitaciones que le sitúa al borde del desierto, lo que provoca una aridez que, además de la escasez de agua para la vegetación, permite una mayor movilidad de este sustrato peculiar que es la arena, cuyo grano, del entorno de 0,125 mm de diámetro aunque sin apenas finos, se encuentra bastante seleccionado por el transporte eólico.

En esta movilidad del sustrato fue precisamente donde mayores dificultades encontró la repoblación forestal, por lo que en el la memoria del proyecto, redactado a finales del siglo XIX, se explica que el proyecto de defensa y repoblación de estas dunas, que hizo en 1897 y fue aprobado por Real Orden de 2 de Diciembre del mismo año, tuvieron que determinarse dos objetivos, primero fijar la duna y luego revegetar. Ambas tareas se desarrollaron simultáneamente, y comenzaron a principios del siglo XX. Según el autor del proyecto, el ingeniero Forestal Francisco Mira, dieron principio los trabajos en julio de 1900, comenzando por la porción situada a la derecha del río Segura (Mira, 1903). De la misma manera esta movilidad debió ser un grave problema para el desarrollo de la flora psammofítica.

Técnicas de fijación de las arenas

Los trabajos comenzaron desde la margen derecha del río Segura, y desde el mar hacia tierra. Primero se realizó la construcción de la duna litoral, llamando así á la faja de arena comprendida entre el mar un malecón formado de arena, convenientemente sujeto con vegetación, paralelo á a la orilla y situado á cierta distancia de la misma. Y se ejecutó así porque este era el medio generalmente

adoptado, tanto en España como en las demás naciones, para precaverse contra la invasión de las arenas que constantemente arroja el mar en la playa (Mira, 1906).

Para fijar y recrecer la duna, que debía frenar las arenas que aportaba el mar, además de proteger la vegetación que se plantase en las dunas interiores se utilizaron diferentes técnicas, según la experiencia obligaba a modificar las decisiones anteriores, bien por mayor eficacia, bien por mayor economía. Inicialmente se utilizaron empalizadas de madera, Se explica por el director de la repoblación que ha sido colocada una valla de tablestacas paralela á la orilla del mar, y á 70 m. de distancia del límite ordinario de las aguas. Las tablestacas empleadas de pino y tienen 1,50 m. de largo, 14cm. de ancho y 3 cm. de grueso, terminadas por un extremo en punta para clavarlas en el terreno (Mira, 1906). Estas vallas de madera iban siendo enterradas, por la acumulación de las arenas. Posteriormente se iban elevando cada una de las tablestacas, recreciendo así la duna litoral sucesivas veces, hasta alcanzar unos 4 a 6 metros de altura, aunque inicialmente la altura deseada era mayor.

Aunque inicialmente se colocaban juntas posteriormente se cambió la



*Colocacion del tablestacado para formar la duna litoral o
contraduna y detener en la playa la arena que continuamente
avanza el mar en ella. Año 1901.*

técnica, y las tablas que se clavaban estaban separadas entre sí, para que se acumulasen las arenas a sotavento, evitando así el tumbado de las estacas, clavadas solo de manera somera, y se hacía abriendo uno la zanja, de 40 cm. de profundidad, y clavándolas los otros

dos, á golpe de mazo, 20 cm.; quedan enterradas en la arena de 60 cm, y se deja entre ellas un espacio de 2 a 3 cm. para dar paso á la arena que ha de formar un talud interior a la duna litoral (Mira, 1906).

El elevado gasto de las vallas de madera, unido al esfuerzo que suponía tener que ir elevando madera a madera, antes de que se enterrasen demasiado, les llevó a cambiar la técnica y sustituir las empalizadas de madera por vallas de caña, que lógicamente quedaban enterradas, abaratando costes y agilizando los trabajos. Los cañizos se forman de unos 80 cm. de ancho, por unos 3 m. de largo, que es aproximadamente la longitud de las cañas que se usan, y colocándolos horizontalmente, sujetos a piquetes de madera de 1'50 m. de largo y otro de 5x 3 cm. de grueso, distanciados entre si 3 m. queda constituida la valla, la cual, una vez cubierta de arena, se recrecía con otros nuevos cañizos, por la dificultad de elevar los enterrados, utilizándose con ellos los mismos piquetes de madera; para lo que se eleven en igual forma que las tablestacas. El coste del metro corriente de valla de tablestacas era de 4'27 pesetas, y el cañizo de 0'40 pesetas (Mira, 1906).

Estas técnicas, utilizadas para recrecer las dunas, se utilizaron solo en la duna litoral, a excepción de las proximidades del pueblo, para evitar que las casas siguieran enterrándose. Con el fin de evitar la invasión de las arenas en el pueblo,



*Brigada sembrando piñones y teniendo ramaje de pino para defender las siembras contra los vientos.
Año 1902.*

hasta que se llegase a él con los trabajos de fijación, se colocó en el límite de las arenas un tablestacado análogo al colocado en la playa; pero a causa de la mucha soltura que allí tenían las arenas, y efecto del choque de retroceso del viento

sobre las tablas, quedaban estas descalzadas y caían siendo enterradas por las arenas.

Entonces, escribe Mira, ideamos la colocación de esta clase de cañizos, con buen resultado, porque siendo el choque del viento sobre la caña, por ser redonda, más suave que el de la tabla, se evitó el retroceso de las arenas. Estos

cañizos iban atirantados con fuertes alambres y defendieron contra el avance de las arenas, toda la zona de 60 metros de anchura comprendida entre dichos cañizos y el pueblo; es decir, defendieron una zona veinte veces mayor que la altura del cañizo (Mira, 1914).

Una vez elevada la duna litoral se utilizaron técnicas de fijación similares en todas ellas, y consistieron en tres tipos de actuaciones con numerosas variantes: fijación mediante ramas, uso de plantas psammófilas, y extendido de tierras. Se describe detalladamente en sus escritos explicando que usaron distintos sistemas de defensa, consistentes en el empleo de ramaje tendido; ramaje hincado, matas de barrón á tresbolillo, separadas las matas medio metro; plantaciones de barrón en líneas paralelas y en líneas cruzadas en ángulo recto, y por último, con vallas de cañizos de 1 m. de altura (Mira, 1916).



*Fijación de la duna litoral con plantaciones
de barrón - Año 1906.*

De los sistemas de fijación utilizados inicialmente, fueron quedando solo dos. Uno de ellos el método de Bremonnier, usado en Francia en la repoblación de las Landas de Gascuña, consiste en cubrir el terreno con ramaje, teniéndolo de forma que

los troncos de las ramas miren hacia el viento dominante. Las ramas que se emplearon eran de pino carrasco, tenían metro y medio de largo y se dispusieron por hectárea de 400 a 800 haces de 20 Kg. de peso, según los sitios; “se emplean 800 haces en aquellos en que la mucha pendiente de los médanos y estar más expuestos a la acción de los vientos, exigen una defensa más completa; en los demás sitios se gasta menos ramaje”. (Mira, 1906).

No obstante, y a pesar de la bondad del método porque fijaba la arena durante más de un año, además de producir abono y sombra a las plántulas, y sobre todo combinado con mata melera (*Ononis natrix*), el transporte de los ramajes había que hacerlo desde lejos, y resultaba caro, por lo que cada vez se fue usando más vegetación autóctona, por lo que cabe pensar que en las vaguadas debieron desarrollarse al menos arbustos y carrizos, además de *Ammóphila*.

El segundo de ellos, y a su vez el método que más se utilizó, fue a base de barrón a vida que se tomaba de las mismas dunas, y que según describe Mira aludiendo al también ingeniero de Montes Javier de Ferrer (1894), puede llamarse sistema ampurdanés, porque desde ignorada fecha lo emplearon los naturales de Ampurdán para impedir en las viñas el movimiento de las arenas procedentes de las dunas del Golfo de Rosas. Consiste este procedimiento en servirse de líneas de barrón paralelas a las de las cepas y perpendiculares a la dirección de los vientos dominantes.

Escribe Mira que ellos emplearon estas líneas paralelas de barrón distantes entre sí 2 m, y perpendiculares á la dirección NE. que es el viento dominante, cruzándolas en ángulo recto con otras, separadas entre sí 3 m; queda de este modo dividido el terreno en rectángulos de 2 X 3 de lado, y defendido de una manera más completa de la acción de los vientos, cualquiera que sea la dirección en que soplen. La cantidad de barrón invertida por hectárea en esta forma, es de unos 500 haces de 20 Kg. de peso. El barrón se coge en las mismas dunas. (Mira, 1906)

Complementando estas barreras vegetales vivas, realizadas con plantas de arenal, se usaron cañas, que los agricultores ya utilizaban para proteger del viento los cultivos, y crecían bien con un poco de humedad. En los terrenos sembrados se plantaban líneas de caña común, aisladas entre sí 50 metros y perpendiculares al viento NE. Se hacían estas plantaciones con dobles líneas de trozos de rizomas separados 40 cm, y también enterrando cañas enteras recién cortadas á lo largo de zanjas de 15 cm. de profundidad; el objeto de estas líneas es poner

obstáculos al viento para debilitar su acción sobre la superficie móvil de la arena (Mira, 1906)

Las tierras que utilizaron para inmovilizar las arenas eran un limo continental rojizo, que subyace a los sedimentos arenosos en la mayor parte del territorio que estas ocupan, y que procuraban tomar de las zonas descubiertas o las proximidades, para evitar gastos de transporte. Esta tierra combinada, con los otros sistemas, fue de gran utilidad, sobre todo en los lugares donde la duna tenía mayor tamaño y pendiente, y singularmente a sotavento de los grandes médanos, donde el uso de la vegetación era insuficiente. Emplearon la tierra, esparciéndola en pequeñas cantidades en las líneas que deja el ramaje y en los cuadros que forman las líneas de barrón; esta tierra se adhería a la superficie de la arena contribuyendo mucho a su fijación; su empleo estuvo dando un resultado muy satisfactorio, y tuvo además como beneficio el hecho de que con ella pudieron disminuirse las cantidades de ramaje y barrón empleados en las plantaciones, reduciéndose con ello el coste de la unidad de obra. La cantidad de tierra esparcida por hectárea variaba de 20 á 30 m cúbicos; se tomaba de los vallejos de las dunas y de las tierras cultivadas inmediatas (Mira, 1906).

Especies y técnicas de plantación



Brigada de obreros plantando líneas de matas de Barrón para defensa del suelo contra los vientos.

Replantación forestal en Guardamar, a principios del siglo XX

Las especies utilizadas en la fijación variaron según los métodos. En el caso del llamado “ampurdanés” la especie más utilizada fue el barrón, que probablemente englobaba en esta denominación *A. arenaria* y *E. farctus*, que se combinaba con *O. Matrix*. “El barrón no esquilma ni deseca tanto

el terreno, por lo cual se tiende á fomentar su desarrollo á medida que se disminuyen las matas de melera” (Mira, 1906).

Además de las plantas vivas se realizaron siembras de diferentes especies herbáceas, unas autóctonas como *O. natrix*, ya citada, pero otras absolutamente ajenas a estos ecosistemas, y de las cuales o no queda ningún ejemplar o son muy escasos. Estas siembras se hacían abriendo la arena con rastrillo de madera, que llevaba seis púas de hierro de forma triangular, de 10 cm de largo por 5 de ancho en la base, separadas una de otra 20 cm, seis surcos en los cuales se echaba semilla de las tres clases de pino ya citadas, alternando con la de barrón, cebada y avena; después se esparcía á voleo la semilla de *Ononis* y tomatara del diablo y se pasaba el rastrillo vuelto del revés para enterrar la semilla, procediendo enseguida á fijar la superficie de la arena para defender la siembra contra la acción del viento que, sin esta operación, movería las arenas, enterrando demasiado las semillas en unos sitios desenterrándolas y arrastrándolas en otros (Mira, 1906). La cebada y avena se sembraban como auxiliares del barrón y la melera para fijar la arena durante los primeros meses de la siembra, puesto que ambas psammófilas tienen un crecimiento más lento.

Mira, Francisco, 1906	
Peso de semillas por Ha empleadas en la repoblación de las dunas de la bahía del Segura.	
Especie	Peso de semillas en kg /Ha
Pino piñonero	10
Pino carrasco	4
Pino rodeno	5
Barrón	4
Melera (Ononis)	4
Avena	8
Cebada	8
Tomatera del diablo	0.25
Mira, Francisco, 1909	
Especie	Peso de semillas en kg /Ha
Pino piñonero	10
Pino carrasco	4
Pino rodeno	5
Barrón	4
Melera (Ononis)	2
Avena	8
Cebada	8
Tomatera del diablo	0.25

Otra planta, de porte más arbustivo, y de la que apenas quedan ejemplares fue la tomatara del diablo, entre otras que se citan. Además de las referidas especies se ensayaron, si bien con poco éxito hasta la fecha, la esparceta, *Hedisarum humile* L, la retama, *Retama sphaerocarpa* B.; la aliaga, *Ulex europaeus* L.; el enebro *Juniperus oxycedrus* L, la sabina, *Juniperus sabina* L. (Mira, 1906). Probablemente la tomatara del diablo (*Solanum sodomium*), se refiere al tomatillo del diablo (*Solanum nigrum*), al menos por los escasos ejemplares que restan en la actualidad de esta última

especie. La pitera, *Ágave americana*, usada en los márgenes de caminos y duna litoral, han llegado hasta hoy, aunque han desaparecido de las crestas dunares, posiblemente consecuencia de la acción del viento que deja desnudas las raíces, y también de las dificultades de auto regeneración.

En publicaciones de años posteriores a 1906, en la Revista de Montes, se pueden encontrar nuevas referencias a las especies usadas para fijar y su éxito. Así, se cita que de las especies protectoras las que mejor resultado dieron fueron: *Ononis natrix*, L, o mata marina que prosperaban muy bien todas las plantas nacidas, alcanzando el primer año una altura de 15 a 30 cm; el barrón nacía bien, pero en el verano se perdían muchísimas matas; lo propio ocurrió y aun en mayor grado que con el barrón, con la esparceta y la tomatera del diablo, siendo muy pocos los ejemplares que de estas matas han quedado (Mira, 1909).

En cuanto a las especies forestales utilizadas fueron numerosas, varias de pino, eucaliptos, palmera, acacias, ciprés, no obstante, fueron el *P. halepensis* y *P. pinea*, las más abundantes. Los resultados obtenidos con *P. pinaster*, pino rodeno o marítimo, fueron muy negativos. Para la repoblación se emplearon en siembra y plantaciones el pino piñonero y el carrasco; el piñonero daba mejor resultado que el carrasco, crece con más lozanía y resiste mejor los efectos del viento del mar. Hicieron algunas siembras de pino rodeno, pero desistieron ante el



Vivero en el centro de las arenas: a 200 metros de la playa
Año 1904

mal resultado que dieron; suelen nacer muy bien los piñones, pero durante el verano mueren casi todos los pinos, y lo atribuyeron principalmente a lo muy calizas que son estas arenas y a los fuertes

calores de la región; son muy pocos los ejemplares que quedan de esta especie.

En la zona de 100 m contigua a la duna litoral, se emplearon la palmera común y el taray en plantaciones; de la primera de estas especies también se hicieron siembras (Mira, 1907).

Otro aspecto interesante a considerar son las técnicas de plantación en relación con la supervivencia, porque ofrece la posibilidad de comparar con la supervivencia actual. En relación con este factor escribe el responsable de la repoblación que “los piñoneros nacen todos muy bien, pero durante el primero y segundo año mueren la mayor parte de los pinos; en la campaña última hemos abonado los hoyos de siembra, observando que con esta operación son menos las bajas” (Mira, 1907).

Las plantaciones se hacían con plantas cultivadas en macetas y en tablar; las primeras, generalmente de un año, y las segundas, de uno y dos años. Las de dos años tenían la ventaja de que pueden ponerse más hondas y defenderse así mejor de la sequía; pero con el inconveniente de que cultivados en arena pura, donde se desarrollan extraordinariamente las raíces, se estropean mucho éstas en el arranque.

Con una y otra clase de plantas se obtenían casi los mismos resultados, por depender éstos, principalmente, de las lluvias y clases de vientos que soplaban después de la plantación (Mira, 1907). Otras especies con las que se ensayó fueron diferentes especies de *Eucalyptus*, cipreses y casuarinas; la morena, algarrobo, chopo, plátano, ailanto, acacias común y real, siempreverde, almez y *Nicotina longiflora*. Todas estas especies crecían bien en los sitios húmedos y al abrigo de los vientos de Levante. Las que mejor resultado dieron fueron los *Eucalyptus rostrata*, *occidentalis*, *robustia*, *globulus* y *colossea*; ciprés macrocarpa, moreras, chopos y siempreverdes. Esta última especie resiste muy bien el viento del mar, pero exige terreno con bastante humedad. Con mal resultado se han ensayado los *Pinus insignis*, *canariensis*, *banksiana*, *contorta*, *palustris*, *flumbergui* y *aristata* (Mira, 1907). De estas especies plantadas solo algunas de *Eucalyptus*, y escasos ejemplares de ciprés y acacia han llegado hasta hoy.

Para las plantaciones iniciales con semillas, Mira 1906, relaciona incluso las cantidades empleadas, como se ha escrito más atrás, lo que puede ser útil para comparar con los porcentajes de supervivencia encontrados en las parcelas estudiadas en este trabajo, en relación con la adaptación de aquellas especies al medio dunar árido. Otros datos aportados para cantidades de semillas utilizadas en la plantación, en la Revista de Montes de 1909 por el mismo autor, para trabajos posteriores son similares.



La sequía la combatieron regando en los sitios donde resultaba económico el riego; plantando hondo y abonando los hoyos con 2 ó 4 k de estiércol. La técnica utilizada evolucionó en el sentido de ir produciendo siembras en vivero y repoblar en maceta,

porque las siembras produjeron resultados poco alentadores. En relación con esta cuestión se explica que “las plantaciones, hasta la fecha, han sido mejor resultado que las siembras. Las marras dependen, principalmente, de la falta de lluvia, y varían según los años, desde el 30 al 70 por 100 en las plantaciones que no se riegan del primer año; en los hoyos que se riegan o tienen más de un año hay pocas bajas. En la siembras las marras son de un 50 por 100 en el primer año y 40 por 100 en el segundo y siguientes” (Mira, 1907)

Los viveros fueron proliferando cerca de los lugares donde se necesitaba para plantar, no obstante, desde el principio se instalaron varios, alguno de los cuales, o su toponimia, ha llegado hasta hoy. Para las plantaciones “se obtienen las plantas de viveros hechos en las mismas dunas; hay dos de riego en la arena pura, y dos de seco situados en pequeños rodales de tierra, de la que queda al descubierto en algunos vallejos” (Mira, 1906).

6.3.4. Estado de la repoblación forestal en las dunas de Guardamar. Primavera de 1988. Porcentaje de árboles para cada intervalo de alturas.

Superficie actual de las dunas de Guardamar

La superficie medida por los técnicos responsables de la repoblación forestal, a finales del siglo XIX, fue de 846 Has, según reitera en sucesivos documentos en ingeniero director de las obras y redactor de proyecto, Francisco Mira Botella. Según sus mediciones las dunas de Guardamar y Elche comprenden una faja continua, a lo largo de la costa, de 15.600 m de longitud con una cabida de 846 hectáreas, de las cuales corresponden 673,50 a Guardamar y 172,50 al término de Elche. El ancho de esta faja varía entre 200 y 1.300 m, (Mira, 1907).

Puesto que no se describen los métodos, desconocemos la minuciosidad con la que se midió esta superficie, ni si esta incluye las playas, por lo que tampoco puede darse un dato preciso de pérdida de superficie dunar, aunque si

ESTADO DE LA SUPERFICIE DUNAS DE ELCHE-GUARDAMAR, AÑO 2004

UBICACIÓN	SUPERFICIE ANTERIOR, MEDIDA EN Has	HAS, SUPERFICIE ACTUAL, INCUIDA PLAYA
NORTE CAMINO REBOLLO	172 Has	166,0
SUR REBOLLO HASTA EL SEGURA	174 Has	168,0
RÍO SEGURA HASTA POBLACIÓN DE LA MATA (ACEQUIÓN)	500 Has	387,4
DUNAS DE LA MATA		No se computan
	No se computan	
TOTAL MEDIDO POR FRANCISCO MIRA A PRINCIPIOS DE 1900	846 Has	
TOTAL MEDIDA ACTUAL		721,4 Ha
DIFERENCIA	846 Ha – 721,4 Ha	124,6 Ha
SUPERFICIE PERDIDA SEGÚN MEDIDA ACTUAL <i>(Río y puerto 30Has+ Urbanizaciones junto suelo urbano 63Has+ cultivos y urbanización al sur del Moncayo 23Has)</i>		Superficie perdida identificada: 116 Has

puede hacerse con bastante aproximación.

Para calcular la superficie actual se han utilizado los vuelos del Ayuntamiento de Guardamar que han servido de base para elaborar los planos

del Plan General Municipal de Ordenación Urbana, aprobado por el Ayuntamiento en el año 2005. Se ha utilizado un programa, el Autocad, muy habitual para dibujo y cálculo técnico, y en general en todos los trabajos de planeamiento urbanístico o que afecten al territorio. Se ha dibujado una línea bordeando las superficies dunares repobladas que existen en la bahía del Segura, cuya suma facilita la superficie actual con bastante precisión, aunque en ellos no se reflejan las zonas forestales invadidas por las arenas o próximas al mar, como consecuencia de la desaparición de algunos tramos de duna litoral.

La extensión encerrada en la polilínea contiene una superficie de 163 Has, desde el río Segura hasta el camino del Rebollo, límite norte del término municipal de Guardamar, e incluyendo playas, como en el resto de las mediciones. No se han medido unas 5 Has que corresponden al municipio de San Fulgencio, pero que Mira incluyó en las dunas de Guardamar. Hacia el sur de río Segura, y desde el río hasta el término municipal de Torrevieja, en la población de La Mata, se han medido 387,4 has.

Comenzando desde el norte, y hasta el camino del Rebollo, frente a la población de La Marina, las dunas se han conservado en su mayor parte, salvo los metros correspondientes al retroceso de línea de costa y poco menos, por lo que todavía permanecen unas 166 has, de las 172 que describe Mira, es decir más del 95 %. Además las dunas situadas al norte del río Segura, tanto en Guardamar como Elche, están mejor conservadas, tanto por su morfología como la vegetación.

Para el término de Guardamar, sumadas las superficies obtienen 555,45 has de las 674 iniciales, de las que se han quitado tanto el suelo ocupado por cultivos en las proximidades del pinar, el urbanizado privado, las concesiones administrativas sobre dunas sobre las que se construyeron miles de casas, como el retroceso de la costa. Estas 119 has perdidas se aproximan a las 116 que se han medido en terrenos que hoy no son dunas pero que entonces sí debieron ser y por tanto pudieron incluir los técnicos en los datos de sus proyectos de repoblación.

Aunque no se han encontrado en publicaciones y otros descripciones escritas y detalladas de las superficies, parece deducirse de los planos de la repoblación que en estas 674 has no se incluyen las del sur de La Mata, que hasta 1950 formaban parte del término municipal de Guardamar, y de las que restan unas 35 has. Otra dificultad para determinar de forma más concreta la superficie perdida es la precisión de los límites y de la planimetría que se utilizó. Midiendo sobre planimetría actual la superficie que pudo computarse parece excederse en algunas Has. En términos porcentuales podemos establecer que restan aproximadamente el 82 % de las dunas de Guardamar, y de las iniciales al sur de La Mata alrededor del 50 %.

Evolución de la repoblación dunar en la bahía del río Segura desde la repoblación hasta finales de los 80.

La modificación del sistema dunar, producida como consecuencia de los trabajos de repoblación forestal y fijación de las dunas, además de derivada de las especies introducidas, a conducido con el tiempo a un ecosistema con una dinámica concreta derivada de las especiales condiciones creadas artificialmente, además de las condiciones ambientales propias del clima, el sustrato y la ubicación geográfica.

La supervivencia de los individuos plantados, o la capacidad de autoregeneración de las distintas especies forestales introducidas en la repoblación, tiene especial importancia para prever la continuidad de las especies forestales, más allá del periodo vital de los individuos que se han ido plantando en sucesivas etapas, intensificándose tras la plaga de *Blastofagus destruens* en el año 1984 y 1985, hasta mediada la década de los 90. Estos proyectos de repoblaciones se realizaban prácticamente todos los años desde 1986 hasta 1993 con actuaciones en superficies de tamaño variable pero siempre varias hectáreas, y en las zonas más claras, básicamente con *P. pinea* y *halepensis*, además de *Tetraclinis* (Consellería de MA, Alicante 1996)

Ya en los principios de estas plantaciones esta supervivencia es observada con preocupación por el mismo técnico que dirigió la repoblación, por lo que se

anotaban de manera detallada los acontecimientos. El piñonero se desarrollaba con más lozanía que el carrasco en la arena pura; en cambio, el carrasco crecía con mayor rapidez, sobre todo en los terrenos donde, por ser poco el espesor de la capa de arena, alcanzan pronto sus raíces la tierra vegetal. “El pino rodeno vive muy bien durante los tres primeros meses; pero mueren la mayor parte en los dos primeros años” (Mira, 1906)

Finalmente, y relación con la obtención de indicadores, el estudio del bosque actual y la evolución sufrida, pueden a su vez aportar datos que alcancen

a servir como indicadores o al menos orientar sobre los mismos, del efecto que puede tener la proximidad al mar, y también en relación con la ubicación de las parcelas a mayor o menor latitud. Hay que tener en cuenta, a estos efectos, la mayor protección frente a los levantes de las parcelas situadas más al norte de la bahía del Segura, como consecuencia del abrigo que supone el cabo de Santa Pola y la isla de Tabarca, que modifica el oleaje.

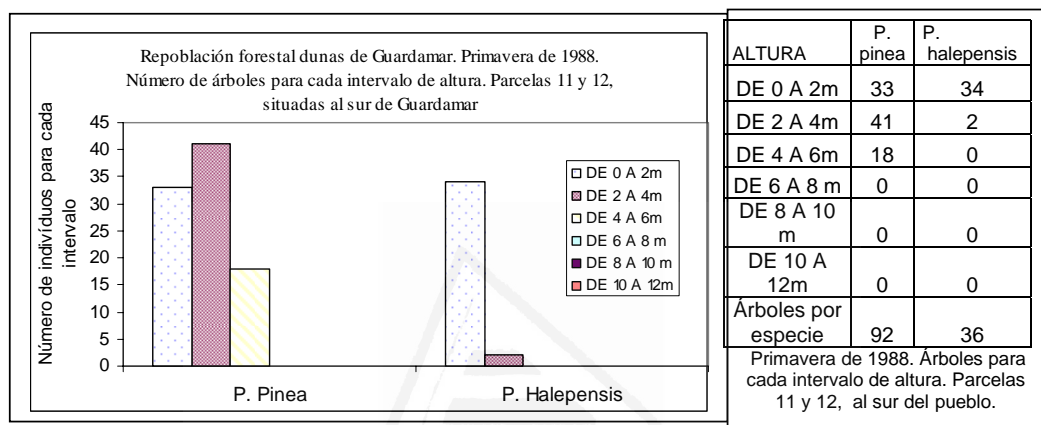
Además de otras consideraciones, relacionadas con el efecto del Spray marino, estos datos van a ser útiles para completar con los obtenidos de comparar los del verano del año 2003, a partir de 11 parcelas cuadradas de 25 m de lado (situadas de forma aleatoria, 3 en las dunas al sur de la población, 5 frente a la población de Guardamar, al sur de la desembocadura del río Segura, y 3 al norte de la desembocadura del río), con los que obtuvimos a finales de los 80, a partir de 12 parcelas de iguales dimensiones (situadas 2 en la zona del Salidero o Campament, al sur de la población, 8 frente a la población y sur de la desembocadura del río, y 2 un k y medio al norte de Segura).

En ambos casos se estudia el perímetro del árbol a 1,30 m, la especie y su altura, además de otros datos como la existencia de plántulas no procedentes de cualquiera de los sucesivos trabajos de plantación realizados por la administración forestal, o el porcentaje de cobertura. El tratamiento aleatorio de las parcelas tiene no obstante el inconveniente de que la ubicación, en relación con la topografía de la duna, puede distorsionar parcialmente los datos. En cambio, el tamaño de las parcelas y el elevado número de árboles medidos hace más fiable el resultado medio en relación con la superficie total, que indica unas

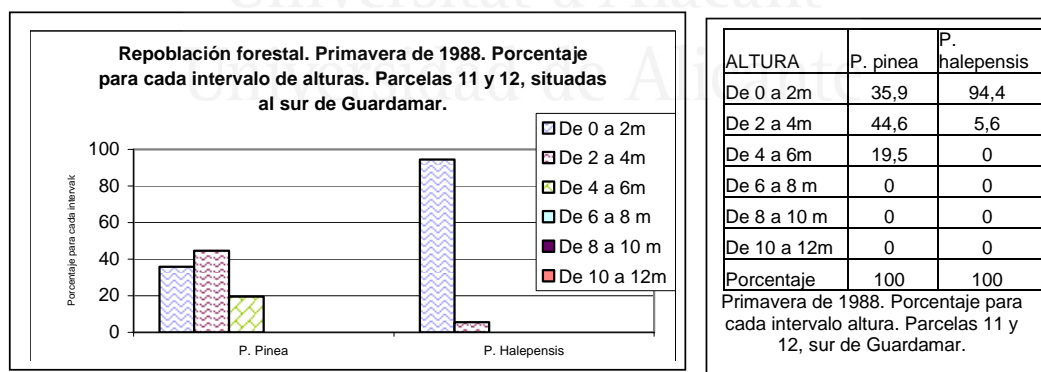
tendencias claramente coincidentes con lo observado en las visitas de campo a lo largo de ambos trabajos.

6.3.4.1. Parcelas situadas al sur de la población de Guardamar del Segura, año 1988.

A principios del siglo XX se iniciaron frente a Guardamar los trabajos de repoblación, mientras en las zonas más alejadas a de la población, a norte y sur



del campo de dunas, se desarrollaron a lo largo de la primera década y segunda, aunque las numerosas marras obligó al cuidado y restitución de plántones durante más de otra década. Pero todavía en los años

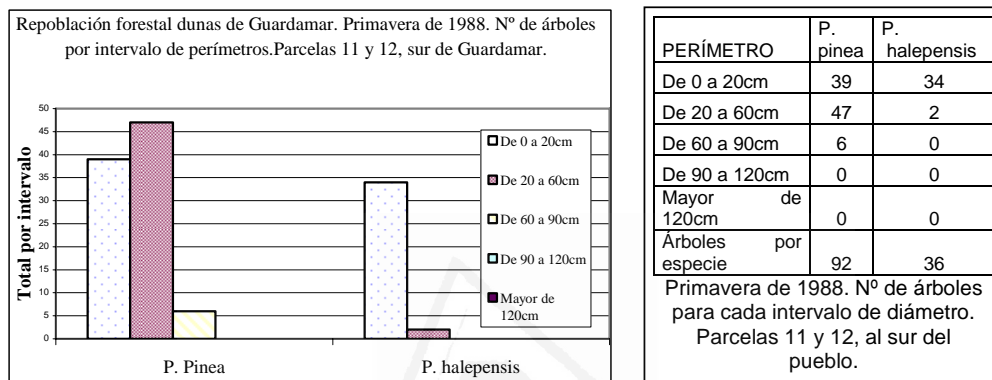


cuarenta se seguía repoblando en los montes públicos, dentro y fuera de las dunas, según el testimonio de personas que participaron en los trabajos. Estas tareas, en el ámbito de las dunas se han mantenido hasta principios de los años 1990.

El comienzo más tardío en la repoblación, unido a menores disponibilidades del agua del subsuelo porque cada vez se plantaba en crestas de

dunas, y en general en zonas con menores aportes de agua freática del pequeño acuífero del promontorio del Moncayo, lejos de La Vega, y además limitadas tierra adentro por la laguna hipersalina de La Mata, pueden ser una combinación de factores que expliquen menores dimensiones en el arbolado, en relación con otras zonas de edades similares.

El gráfico se ha realizado concentrando datos de las alturas en grupos de



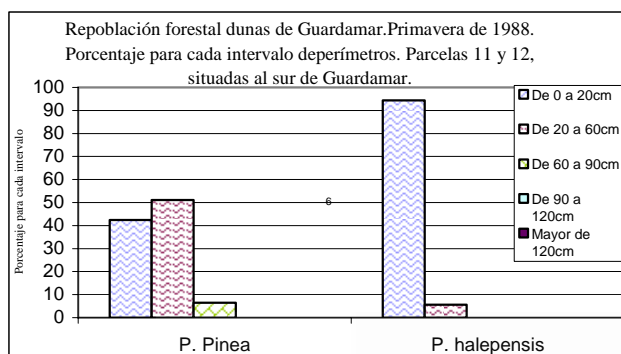
individuos dentro de intervalos de dos metros, con el objeto de visualizar mejor los datos obtenidos y facilitar su interpretación. En el caso de esta gráfica parece ponerse en evidencia que las primeras repoblaciones se hicieron solo con *P. Pinea*, y solo más recientemente se introdujo *P. halepensis*, puesto que sus ejemplares son casi todos de un mismo rango de alturas, y de menor tamaño.

La cifra similar para los ejemplares de menor talla comparados piñoneros y carrascos, parece también avalar la idea de que solo en fases posteriores se introdujo este último al sur de la bahía, acompañando al piñonero. Otro dato a tener en cuenta es la ausencia de otras especies forestales en la zona, salvo alguna palmera o eucaliptos en zonas alejadas del mar, y que no se encuentran en las parcelas estudiadas.

En relación con los perímetros a 1,30 m se reproduce una situación similar a la que se obtiene con los grupos de alturas, que en este caso son de 0 a 20 cm para los más finos, aunque de circunferencia, no se tienen en cuenta los de repoblaciones recientes, del intervalo de hasta los cinco centímetros, años anteriores. En general corresponden a un tipo de árbol del entorno de un metro a

metro cincuenta, de repoblaciones posteriores a la de Mira. Los que son de menor tamaño, plantados con posterioridad a estos, no se tienen en cuenta, y además son escasos.

El resto de grupos de diámetros se eligió en función de la apariencia de



Perímetro	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	42,4	94,4
De 20 a 60cm	51,1	5,6
De 60 a 90cm	6,5	0
De 90 a 120cm	0	0
Mayor de 120cm	0	0
Porcentaje en %	100	100

Primavera de 1988. Porcentaje para cada intervalo de perímetro. Parcelas 11 y 12. Sur de Guardamar.

árboles tipo, en relación con el aspecto general, y las coincidencias estadísticas altura -diámetros que parece responder a estos prototipos. Este agrupamiento en intervalo de alturas de dos metros y para intervalos de perímetros en grupos de 0 a 20 cm, y luego hasta 60 cm, de 60 a 90 cm, y de 90 a 120 cm, parece responder bien para el carrasco, que reproduce números similares para perímetros que para alturas, y se aleja un poco para el piñonero que quizá responda mejor a otra correlación alturas y diámetros, porque aparece como un árbol más esbelto, por lo que el porcentaje del grupo más alto es mayor que el de mayor diámetro. No obstante parece más adecuado utilizar un mismo intervalo para las dos especies con la finalidad de poder comparar también entre ellas.

Traducidos a porcentajes, solo un 6,5 % son árboles de mayor perímetro, del grupo existente (60 a 90cm), que es de un tamaño intermedio en relación con otras parcelas del pinar más al norte, y en ningún caso llegan a los 70 cm. Tampoco llega a este perímetro ningún *halepensis*, cuya relación de perímetros/ altura son iguales para ambas especies.

No obstante, al dividir las alturas en seis grupos, frente a los diámetros que solo son cinco, la equivalencia de porcentajes es menor a mayor altura, aunque las preferencias indican un alto porcentaje de árboles de porte bajo o mediano,

menores de 4 m, con menos del 20 % que los pies que lo supera. No encontramos ninguna plántula dentro ni fuera de la parcela, procedente de regeneración natural, aunque sí algunas de reciente repoblación entre los piñoneros.

ESPECIE	PINERO		CARRASCO
REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR. TOTALES SUR, PARCELAS 11 Y 12. PRIMAVERA DE 1988.			
ALTURA MEDIA	2,53	ALTURA MEDIA	1,125
DE 0 A 2m	33	DE 0 A 2m	34
DE 2 A 4m	41	DE 2 A 4m	2
DE 4 A 6m	18	DE 4 A 6m	0
DE 6 A 8 m	0	DE 6 A 8 m	0
DE 8 A 10 m	0	DE 8 A 10 m	0
DE 10 A 12m	0	DE 10 A 12m	0
PERÍMETRO MEDIO	27,78	PERÍMETRO	10,55
DE 0 A 20cm	39	DE 0 A 20cm	34
DE 20 A 60cm	47	DE 20 A 60cm	2
DE 60 A 90cm	6	DE 60 A 90cm	0
DE 90 A 120cm	0	DE 90 A 120cm	0
MAYOR de 120cm	0	MAYOR de 120cm	0
Árboles por especie	92	Árboles por especie	36
TOTAL ÁRBOLES	128		
Porcentaje de árboles por especie: P. <i>pine</i> a =71,87 %, y P. <i>halepensis</i> =28,13 %			

El bosque tipo en esta zona no presenta individuos de *Tetraclinis articulata*, y tampoco ciprés, palmera o eucaliptus, salvo algunos ejemplares muy esporádicos. El bosque es por otra parte bastante monótono en cuanto al porte arbóreo, y también desde el punto de vista de la topografía, que solo tiene algunas depresiones poco

importantes, salvo en el extremo más meridional, y elevaciones destacables en la zona del Moncayo, donde las dunas se desarrollan sobre los materiales infrayacentes que se disponen en cuesta.

Sumadas todas las medidas de los 92 *P. pinea* y los 36 *P. halepensis*, tanto de alturas como perímetros obtenemos el árbol medio correspondiente a este campo dunar situado entre La Mata y Guardamar, y que para el pino piñonero es un árbol de 2,53 m de alto y 27,78 cm de perímetro. El carrasco es un árbol de menor porte y perímetro, solo 1,125 m de alto y 10,55 cm de contorno.

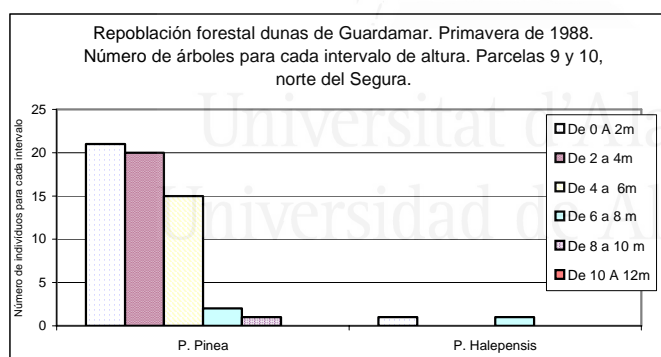
El número similar de árboles menores de 2 m de altura y 20 cm de perímetro, para *pine*a y *halepensis*, en ambas parcelas parece responder a una segunda y reciente sustitución de marras de la repoblación en las que se utilizaron porcentajes similares de plantas de cada especie, frente a una primera

plantación en que se utilizaron casi en exclusiva las de *P. pinea*, puesto que todavía hoy puede comprobarse una disposición en hileras paralelas al mar. Los porcentajes correspondientes a cada especie son aquí algo mayores para el pinea que en otros tramos del pinar, y alcanza casi un 72 % de piñonero frente al 28 % de carrasco.

6.3.4.2. Parcelas situadas al norte del río Segura, año 1988.

Aunque la plantación al norte del río Segura comenzó después de que se protegiese el pueblo de Guardamar, situado al sur del río, aquí encontramos algunos ejemplares bien desarrollados de *P. pinea*, y el tramo de 4 m a 6 m de altura está conveniente representado, con algunos ejemplares de gran porte, aunque no hay ejemplares mayores de 10 m de altura y solo 1 de 8 m. Si aparecen dos ejemplares del mayor grosor del tronco.

La repoblación reciente es aquí escasa, y tampoco aparecen diseminados ejemplares de otras especies por la zona, ni hay plántulas de especies arbóreas



ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 2m	21	1
De 2 a 4m	20	0
De 4 a 6m	15	0
De 6 a 8 m	2	1
De 8 a 10 m	1	0
De 10 A 12m	0	0
Total árboles por especie	59	2

Primavera de 1988. Dunas de Guardamar. Parcelas 9 y 10. Nº de árboles por grupo de altura.

que crezcan

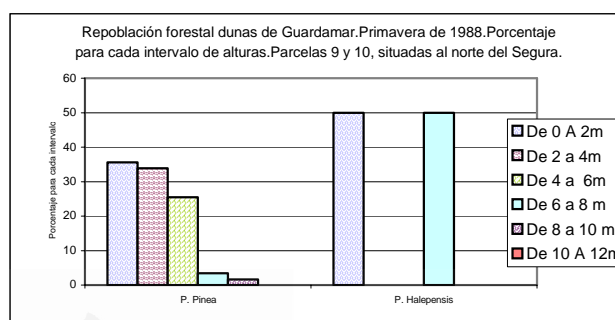
espontáneamente. Las que encontramos en alguna ocasión suelen morir en verano porque no se observan en esta época del año, o al menos no se han observado mayores de algún mes.

Están presentes algunos individuos aislados de *Tamarix* en el interior de las parcelas, en concreto 4 en la parcela 10, y fuera de ella, cerca del mar pueden verse excelentes ejemplares de *Pistacia lentiscus*, así como palmeras eucaliptos dispersos pero agrupados en algunos puntos concretos.

El número de *P halepensis* es aquí todavía más reducido que en el tramo sur de la población (reducido a solo dos pies) tanto pertenecientes a repoblaciones más recientes como a las iniciales. Parece que las sucesivas repoblaciones, y presumiblemente marras, en las últimas décadas han sido similares en cuanto al uso de ambas especies, puesto que el número de

ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 2m	35,63	50
De 2 a 4m	33,90	0
De 4 a 6m	25,45	0
De 6 a 8 m	3,42	50
De 8 a 10 m	1,60	0
De 10 A 12m	0	0
%	100	100

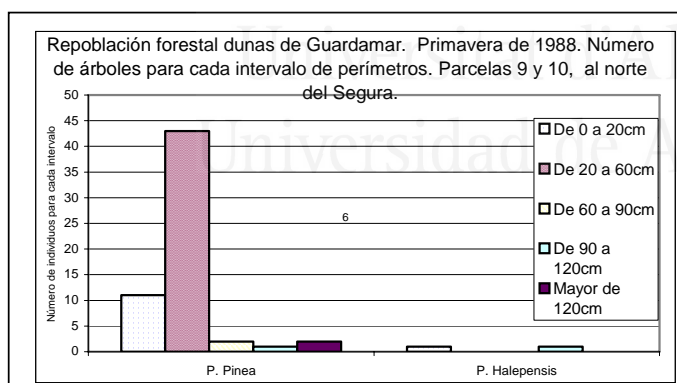
Primavera de 1988. Porcentaje para cada intervalo de altura. Parcelas 9 v 10. norte Segura



ejemplares de ambos pies

entre 1 m y 2 m, o con el perímetro menor de 20 cm se encuentran en un porcentaje superior al 35 %, cifra muy similar a la que encontramos para las parcelas situadas al sur, en las parcelas 11 y 12.

En este caso los árboles ya con cierto porte, mayores 2 m y menores de 6,



PERÍMETRO	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	11	1
De 20 a 60cm	43	0
De 60 a 90cm	2	0
De 90 a 120cm	1	1
Mayor de 120cm	2	0
Total árboles por especie	59	2

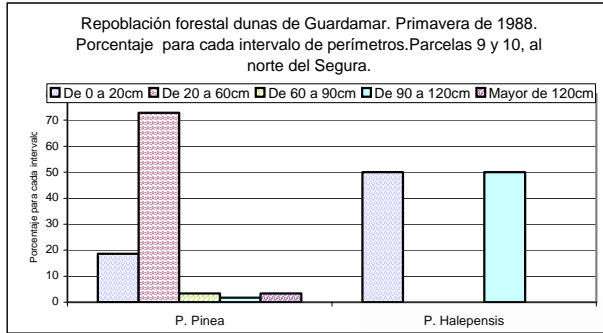
Primavera de 1988. Número de árboles para cada intervalo de perímetros. Parcelas 9 y 10, norte del río.

entre 20 cm y 60 cm de diámetro, representan las tallas dominantes, aunque en este caso los ejemplares superiores a los 4 m representan más del 30 %, frente a solo el 19 % en las situadas en las dunas más meridionales (parcelas 11 y 12).

Otra cuestión destacable es que en estas parcelas del norte el nº total de árboles de ambas especies es de 61, frente a más del doble en las dos parcelas del sur. Esta menor abundancia no está reflejada en tocones de árboles secos, y

es probable que se deba a marras de la repoblación primera, que apenas se han intentado cubrir posteriormente.

En relación con los perímetros aparece aquí claramente agrupado el mayor número de árboles alrededor del contorno entre 20 cm a 60 cm, casi un 73 %,



PERÍMETRO	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	18,64	50
De 20 a 60cm	72,88	0
De 60 a 90cm	3,39	0
De 90 a 120cm	1,7	50
Mayor de 120cm	3,39	0
%	100	100

Primavera de 1988. Porcentaje para cada intervalo de perímetros. Parcelas 9 y 10, norte del río.

mientras en el sur llega solo al 51,1 % y en cambio hay un considerable 42,4 % de individuos con menos de 20 cm. También, aunque en menor porcentaje, encontramos un 5 % con perímetro superior a los 90 cm, dimensiones que no encontramos en el sur.

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO
Reproducción forestal dunas de Guardamar. Primavera de 1988. Totales parcelas 9 y 10, al norte del río Segura.			
ALTURA MEDIA	3,06	ALTURA MEDIA	3,8
De 0 a 2m	21	DE 0 A 2m	1
De 2 a 4m	20	DE 2 A 4m	0
De 4 a 6m	15	DE 4 A 6m	0
De 6 a 8 m	2	DE 6 A 8 m	1
De 8 a 10 m	1	DE 8 A 10 m	0
De 10 a 12m	0	DE 10 A 12m	0
PERÍMETRO MEDIO	41,47	PERÍMETRO MEDIO	55
De 0 a 20cm	11	DE 0 A 20cm	1
De 20 a 60cm	43	DE 20 A 60cm	0
De 60 a 90cm	2	DE 60 A 90cm	0
De 90 a 120cm	1	DE 90 A 120cm	1
Mayor de 120cm	2	MAYOR de 120cm	0
TOTAL ESPECIE	59	TOTAL ESPECIE	2
TOTAL ÁRBOLES	61		
Porcentaje de árboles por especie: P. pinea =96,7 %, y P. halepensis=3,30 %			

además se usaron escasos ejemplares de pino carrasco.

La altura media de los *P. pinea* es aquí de 3,06 m frente a los 2,53 m de la zona sur, y de 41,47 cm frente a 27,78 del diámetro. La envergadura de los *P. halepensis* no es un dato representativo, porque los ejemplares presentes

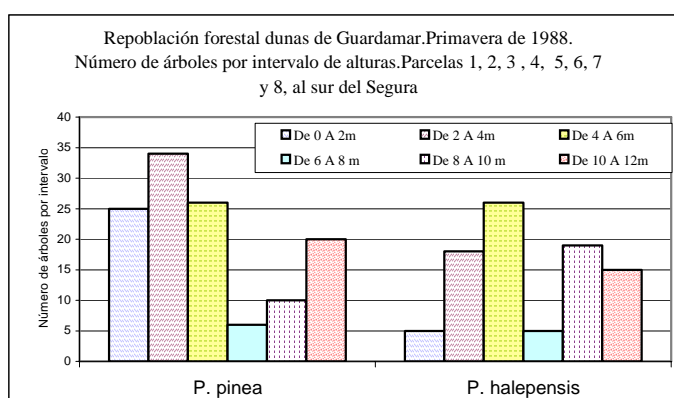
Los dos ejemplares presentes de *P. halepensis* son de tallas bien diferentes, uno con 6,60 m, y el otro con solo 1m, lo que indica posteriores repoblaciones al parecer poco abundantes, donde

representan solo el 3,3 % frente a más del 28 % en el sur. Es en esta zona donde el bosque, con cerca del 90 cm de *P. pinea* se presenta casi como monoespecífico, y además presenta un aceptable estado de conservación. Una cuestión a tener en cuenta es que con mucha probabilidad la disponibilidad de agua es aquí mayor que en el sur, sobre todo en las proximidades del río y del acuífero de la vega. Pero no solo puede ser este el origen de mayor disponibilidad, también la pendiente de arenisca en la que buza el promontorio de La Marina y sobre la que evoluciona el sistema dunar, es un buen almacén de agua. Tampoco la mayor protección del cabo de Sta. Pola debe olvidarse como un factor que explique un estado saludable del bosque.

6.3.4.3. Parcelas situadas frente a la población, al sur del río Segura, año 1988.

Ocho décadas después de comenzados los trabajos de fijar y repoblar las dunas para evitar su avance frente al pueblo de Guardamar el bosque cubre las dunas, pero muestra signos de vejez en este tramo inicial.

El proyecto de defensa y repoblación de estas dunas, que hizo en 1897 por el Ministerio de Agricultura, y fue aprobado por Real Orden de 2 de Diciembre del mismo año se tramitó con rapidez para aquellos tiempos, y dieron principio los trabajos en julio de 1900, dirigidos por ingenieros de montes de la División

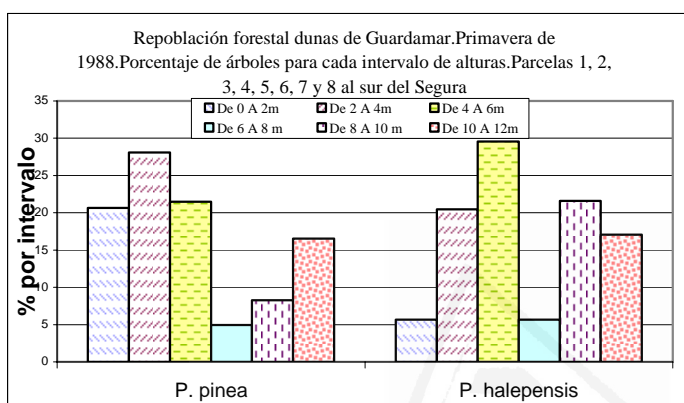


ALTURA	<i>P. pinea</i>	<i>P. halepensis</i>
De 0 A 2m	25	5
De 2 A 4m	34	18
De 4 A 6m	26	26
De 6 A 8 m	6	5
De 8 A 10 m	10	19
De 10 A 12m	20	15
Árboles por especie	121	88

Primavera de 1988. Nº de árboles por intervalo de alturas. Parcelas 1 a 8, al sur del Segura.

Hidrológico Forestal del Segura, y comenzando por la porción situada a la derecha del río Segura (Mira, 1903). En la actualidad puede estudiarse el estado de la asociación vegetal creada con suficiente perspectiva.

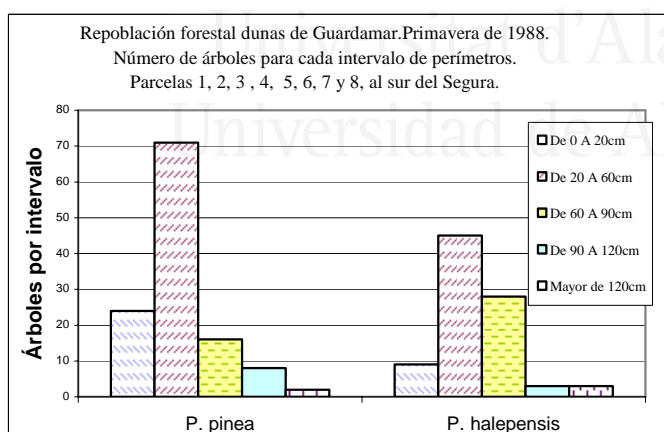
Este análisis de la evolución del bosque puede ser de utilidad, por lo que se pretende encontrar algún factor evaluable con facilidad y concreción suficiente, que pueda ser válido como indicador, tales como el estado de la masa forestal o de alguna de las especies, en relación con su distancia al mar, y en todo caso resulta conveniente conocer la evolución y situación de las especies dominantes de este arenal. Otra fuente de datos puede obtenerse al comparar con los



ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 2m	20,66	5,68
De 2 A 4m	28,1	20,45
De 4 A 6m	21,49	29,55
De 6 A 8 m	4,96	5,68
De 8 A 10 m	8,26	21,59
De 10 A 12m	16,53	17,05
%	100	100

Primavera de 1988. Porcentaje de árboles para cada intervalo de alturas. Parcelas 1 al 8, sur del río.

obtenidos de las repoblaciones realizadas en parcelas por el DEUA, tanto de psammófilas como especies arbóreas, en los arenales costeros del sur de la provincia de Alicante, y



Perímetro	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 20cm	24	9
De 20 A 60cm	71	45
De 60 A 90cm	16	28
De 90 A 120cm	8	3
Mayor de 120cm	2	3
Árboles por especie	121	88

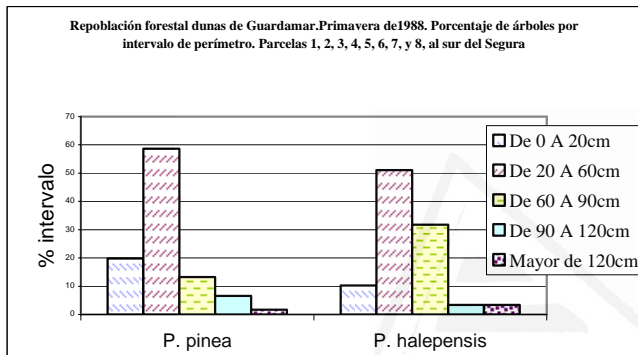
Primavera de 1988. Número de árboles para cada intervalo de perímetros. Parcelas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, al sur del Segura.

a su vez con los obtenidos por otros investigadores en dunas repobladas de otros lugares de la costa peninsular.

A pesar de que esta franja situada frente a la población de Guardamar no es mayor que la del sur, y de superficie similar a la del norte, la mezcla de otras

especies, y la mayor variedad de tamaños, llevó a decidir realizar mucho mayor número de parcelas, en diferentes ubicaciones en relación con la duna, levante, poniente o cresta, puesto que también aquí es muy variable la topografía, e intensa la presión antrópica, y eran necesarios más datos si se pretendía obtener un resultado que fuera representativo de la situación real.

En relación con las alturas *P. pinea* tiene una distribución mucho más uniforme por grupos de alturas que en las otras zonas. De una parte porque ninguna de las columnas llega al 30 %, y de otra porque la menos representada,



Perímetro	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 20cm	19,84	10,27
De 20 A 60cm	58,68	51,13
De 60 A 90cm	13,22	31,8
De 90 A 120cm	6,61	3,4
Mayor de 120cm	1,65	3,4
Porcentaje en %	100	100

Primavera de 1988. Porcentaje de árboles por intervalo de perímetro. Parcelas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8, sur del río

que supera el 51 %, y de entre ellos los árboles mayores de 10 m que superan el 16 %.

En esta ocasión, y dado que el número de pies de pino carrasco es elevado, 88 ejemplares, su distribución en clases de altura es también representativa y con una homogeneidad similar a la del *P. pinea*, aunque en este caso el grupo más numeroso es el de 4 m a 6 m, que apenas alcanza el 30 %. Más reducido es el grupo de repoblaciones recientes, de 1 m a 2 m, que se queda en el 5 %, frente al 20 % del piñonero. Probablemente porque la masa forestal estaba bastante desarrollada y con pocas marras, salvo en las crestas de las dunas.

Esta distribución aparece menos homogénea si tenemos en cuenta el perímetro, tanto para *P. pinea* como *halepensis*, aunque es más acentuado para la primera especie, puesto que cerca del 59 % tienen un diámetro entre 20 y 40 cm, y solo un escaso 20 % menores de 20 cm, porcentaje similar al que encontramos

al norte del Segura, y muy inferior el 42 % de los que aparecen al sur de Guardamar

Esta distribución tan diferente entre los grupos de diámetros probablemente se deba al hecho de que las alturas tienen estrecha relación con la ubicación en los valles, laderas o crestas, que además determina una mayor o menor densidad, de manera que los árboles más altos, que se ubican en el fondo de los vallejos, no son necesariamente más gruesos. De hecho tan solo 2 ejemplares de los 121 de piñonero son mayores de 120 cm de contorno, y 3 de los 88 de *halepensis*.

En esta zona son más abundantes los cipreses y palmeras, que como al norte del Segura suelen ubicarse en una franja de 100 m, tras la duna litoral, en la zona que contenía malladas y por tanto un nivel freático muy alto, a veces incluso inundable con las avenidas del Segura, y que oscila con los temporales. También en ambos casos, al oeste, y en las proximidades del río, aparecen *eucaliptos* como barrera de separación entre los terrenos colindantes y dentro del borde

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO		TETRA CLINIS
REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR. PARCELAS CENTRO. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. PRIMAVERA DE 1988.					
ALTURA MEDIA	5,07 m	ALTURA MEDIA	6,31 m	ALTURA MEDIA	5,99 m
De 0 A 2m	25	DE 0 A 2m	5	DE 0 A 2m	0
De 2 A 4m	34	DE 2 A 4m	18	DE 2 A 4m	0
De 4 A 6m	26	DE 4 A 6m	26	DE 4 A 6m	5
De 6 A 8 m	6	DE 6 A 8 m	5	DE 6 A 8 m	5
De 8 A 10 m	10	DE 8 A 10 m	19	DE 8 A 10 m	0
De 10 A 12m	20	DE 10 A 12m	15	DE 10 A 12m	0
PERÍMETRO MEDIO	43,23 cm	PERÍMETRO MEDIO	52,27 cm	PERÍMETRO MEDIO	84,7 cm
De 0 A 20cm	24	DE 0 A 20cm	9	DE 0 A 20cm	0
De 20 A 60cm	71	DE 20 A 60cm	45	DE 20 A 60cm	1
De 60 A 90cm	16	DE 60 A 90cm	28	DE 60 A 90cm	5
De 90 A 120cm	8	DE 90 A 120cm	3	DE 90 A 120cm	3
Mayor de 120cm	2	MAYOR de 120cm	3	MAYOR de 120cm	1
TOTAL ESPECIE	121	TOTAL ESPECIE	88	TOTAL ESPECIE	10
TOTAL ÁRBOLES	209				
Porcentaje de árboles por especie: P. pinea = 57,9 %, y P. halepensis=42,21 %.					

dunar.

Otra circunstancia a resaltar, es la existencia de individuos de la especie Tetraclinis articulata, de porte bastante uniforme, y con aspecto muy saludable a pesar de la proximidad

al mar, y de estar situados en una zona que presenta la mayor presión antrópica. A pesar de no poder comparar con otras parcelas, por estar muy localizados, pero

pareció en su momento que era interesante analizar su adaptación al clima, sustrato y la influencia marina hacia de esta especie una excelente candidata para futuras repoblaciones.

Además de su buen desarrollo y aparente buena estado fisiológico, otras características observadas es que tras exposiciones violentas al spray marino, o situaciones agudas de sequía, en las que pierden las hojas, estas vuelven a brotar. Además de producir numerosos retoños e incluso regeneración natural, aunque muy escasa, puesto que además se encuentran los escasos ejemplares adultos existentes en zonas de elevado pisoteo.

La altura media para *P pinea*, de 5,07 m supera ampliamente los 3,06 m del norte y mucho más los 2,53 m de media de los medidos al sur de la población. En cuanto a los perímetros medios, los 43,23 cm de los encontrados en las 8 parcelas del centro superan en menos de 2 cm a los del norte, que alcanzan los 41,67 cm, y esto a pesar de las diferencias en su altura tan acusadas, y que contrastan con los 27,78 cm del sur de la población, diferencia que parece más acorde con la que presentan las alturas.

Para *P halepensis* la escasa altura media de los árboles del sur de la población, que alcanza solo 1,125 m, contrasta vivamente con los 6,31 m de esta zona. Lo mismo ocurre si consideramos los perímetros medios, que en aquella alcanzan solo 10,55 cm, frente a los 52,27 cm de aquí. Para el *Tetraclinis*, la media de su altura de 5,99 m y de su perímetro de 84,7 cm, indican una gran biomasa, que unido a su aspecto saludable resalta la impresión de una buena adaptación de esta especie.

6.3.5. Evolución de la repoblación dunar en la bahía del río Segura hasta el año 2003.

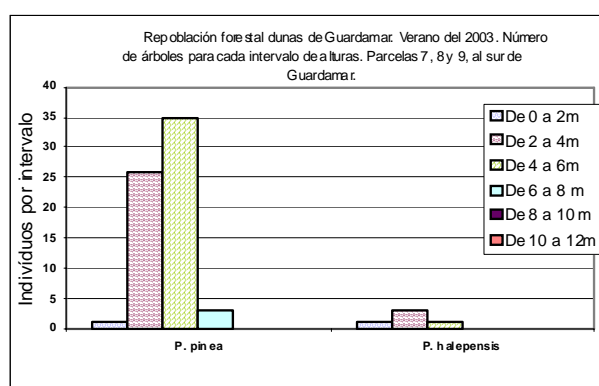
Se ha utilizado un criterio de muestreo de campo similar al aplicado a finales de la década de los 80, varias parcelas ubicadas en zonas aleatorias en el lado norte y sur de la desembocadura, y otras situadas al sur de la población, unos 2 a 3 km antes de llegar a la población de La Mata. Suman entre todas once y tienen una superficie de 25 x 25. Del total de las 11 parcelas muestreadas, al

norte del Segura han sido 3, frente a la población en la parte central y sur de la desembocadura 5, y al sur de la población y hasta La Mata otras 3.

En este caso no hay incluidos *Tetraclinis* adultos en ninguna parcela, aunque en las dunas si pueden verse numerosos arbolillos repoblados de esta especie que no deben alcanzar los diez años, mucho más numerosos que los de pino, aunque no se tienen en cuenta para las mediciones que se realizan. Sigue sin observarse regeneración natural salvo algunas plántulas de poca duración en la primavera. Diversas investigaciones anteriores confirman que el pinar no tiene capacidad de autoregeneración y que, además de la escasez de agua, el principal problema del arbolado es la defoliación que provoca el aerosol marino (Calleja et al, 2004). Una observación que debe hacerse es que a finales de la década de los 80 se realizó una tala bastante importante de árboles secos afectados por la plaga de *Blastofagus destruens*, que algunos técnicos de la Consellería de MA cifran en más 25.000. Se produjeron además numerosas aplicaciones con troncos trampa para cortar la expansión de los insectos y la plaga, aunque esto modificó bruscamente la morfología del pinar, porque gran número de árboles afectados eran de gran tamaño.

6.3.5.1. Parcelas situadas al sur de la población de Guardamar del Segura, año 2003.

A diferencia de que en las parcelas medidas a finales de los ochenta los



ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 2m	1	1
De 2 a 4m	26	3
De 4 a 6m	35	1
De 6 a 8 m	3	0
De 8 a 10 m	0	0
De 10 a 12m	0	0
Árboles por especie	65	5

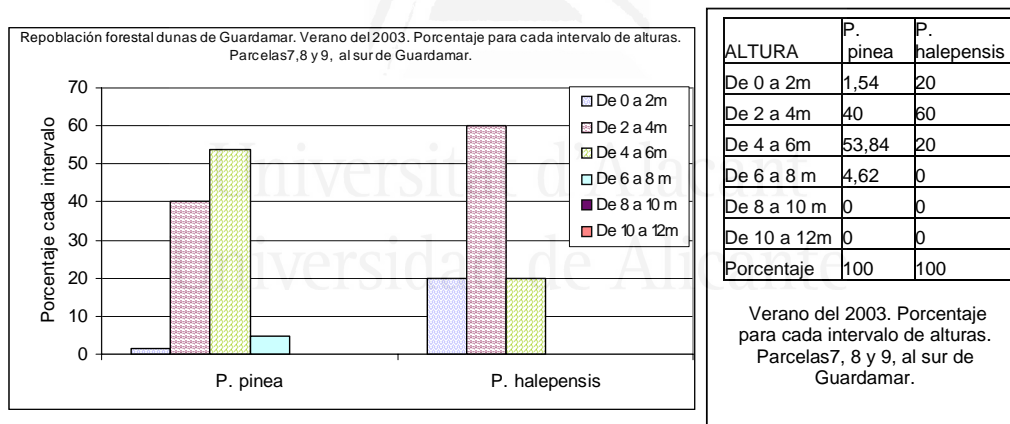
Verano del 2003. Número de árboles para cada intervalo de alturas. Parcelas 7, 8 y 9, al sur de Guardamar.

grupos de alturas más numerosos de esta zona eran los menores de 4 m de altura para *P. pinea*, en este caso son los de 4 a 6 m los

más numerosos, aunque en menor escala lo es también el de 2 a 4 m, pero resulta insignificante el número de árboles menores de 2 m. También aparece un grupo de árboles con alturas mayores de 6 m, que antes no aparecían en los pies medidos dentro de las parcelas de 1988.

El número de ejemplares de *P halepensis* es muy reducido, y esto para todas las clases de altura, aunque es más numeroso el de 2 a 4 m, a diferencia de las anteriores mediciones donde el más numeroso era el de menos de 2 m. Tampoco en los halepensis aparece ningún ejemplar con altura superior a los 6 m.

Otra cuestión significativa es el escaso número de pies totales, a pesar de que aquí son tres parcelas, y antes fueron 2. Frente a 128 árboles que se contabilizaron a finales de los 80, aquí solo hay 70, un número muy reducido para las 3 parcelas, aunque también es cierto que el tamaño medio del árbol es mayor.

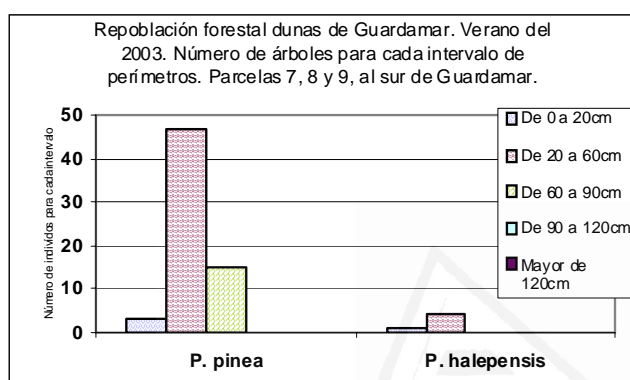


La distribución porcentual de alturas para *P pinea* varía sobre todo para los menores de 2 m que pasan de más del 35 % a solo 1,5 %, manteniendo el porcentaje de 2 a 4 m, pero aquí es casi un 54 % el porcentaje de 4 a 6 m, mientras allí no alcanzaba el 20 %. Para los *halepensis* en cambio el grupo más numeroso es el de 2 a 4 m, que alcanza el 60 %, y a partes iguales se reparte el 40 % restante, para los menores de 2 m y entre 4 y 6 m.

En relación con los perímetros, el mayor número de árboles se sitúa en el tramo de 20 a 60 cm, para los piñoneros, y solo un tercio de estos entre 60 y 90

cm, y muy pocos menores de 20 cm de contorno. El escaso número de *halepensis* se concentra entre 20 a 60 cm.

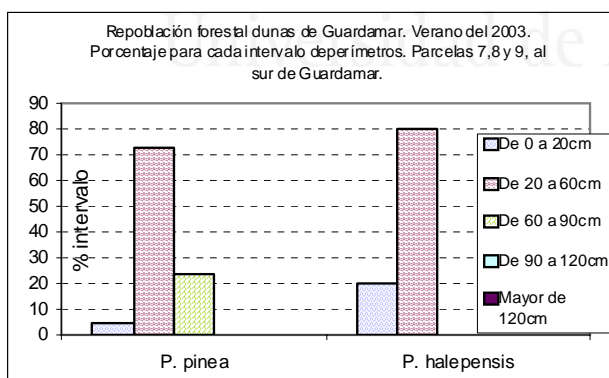
Porcentualmente para ambas especies se supera el 70 % en los comprendidos entre 20 a 60 cm, y frente a un 23 % entre 60 a 90 cm para *Pinus pinea*, y no hay ningún ejemplar de *halepensis* mayor de 60 cm de circunferencia.



PERÍMETRO	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	3	1
De 20 a 60cm	47	4
De 60 a 90cm	15	0
De 90 a 120cm	0	0
Mayor de 120cm	0	0
Árboles por especie	65	5

Verano del 2003. Número de árboles para cada intervalo de perímetros. Parcelas 7, 8 y 9, al sur de Guardamar.

Para esta zona, el escaso número de ejemplares de *P. halepensis* presentes hace que los datos respecto al modelo de árbol de la zona resulte poco fiable. Además de que son parcelas diferentes de las del 1988, para explicar el menor número de ejemplares, no debe obviarse el hecho de que la plaga de *Blastofagus* fue



PERÍMETRO	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	4,62	20
De 20 a 60cm	72,31	80
De 60 a 90cm	23,07	0
De 90 a 120cm	0	0
Mayor de 120cm	0	0
%	100	100

Verano del 2003. Porcentaje para cada intervalo de perímetros. Parcelas 7,8 y 9, al sur de Guardamar.

especialmente nociva para los árboles de esta zona, y al menos no nos consta que la Consellería de Medio Ambiente contase ni el número de árboles que ha talado, ni por descontado discriminase por especies. La presencia de numerosos tocones indica en todo caso una corta muy abundante de ejemplares afectados, además de la presencia

significativa de árboles secos todavía en pie. De hecho 6 de los piñoneros medidos y contabilizados estaban totalmente secos, lo que significa el 9,2 % de esta especie, y el 8,5 % del total de los árboles erguidos.

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO
REPOBLACION DUNAS DE GUARDAMAR. PARCELAS SUR, 7, 8 y 9. VERANO DE 2003			
ALTURA MEDIA	4,192m	ALTURA MEDIA	2,844m
DE 0 A 2m	1	DE 0 A 2m	1
DE 2 A 4m	26	DE 2 A 4m	3
DE 4 A 6m	35	DE 4 A 6m	1
DE 6 A 8 m	3	DE 6 A 8 m	
DE 8 A 10 m		DE 8 A 10 m	
DE 10 A 12m		DE 10 A 12m	
PERÍMETRO MEDIO	45,92cm	PERÍMETRO	36,2cm
DE 0 A 20cm	3	DE 0 A 20cm	1
DE 20 A 60cm	47	DE 20 A 60cm	4
DE 60 A 90cm	15	DE 60 A 90cm	0
DE 90 A 120cm		DE 90 A 120cm	
MAYOR de 120cm		MAYOR de 120cm	
Árboles por especie	65	Árboles por especie	5
Árboles total:	70		
Porcentaje de árboles por especie: P. pinea = 92,85 %, y P. halepensis= 7,15 %			

El árbol tipo de *P. pinea* que encontramos en esta zona tiene 4,192 m de alto y 45,92 cm de perímetro, mientras el *P. halepensis* alcanza solo 2,84 m de altura y 36,2 cm de contorno. No hay ningún *Tetraclinis*.

Comparativamente, a finales de los 80 el *P. pinea* alcanzaba solo 2,53 m de alto y 27,28 cm de perímetro, frente a los 4,192 m actuales de altura por 45,92 cm. Es decir, un incremento

medio de 1,668 m de altura y 18,64 cm de perímetro.

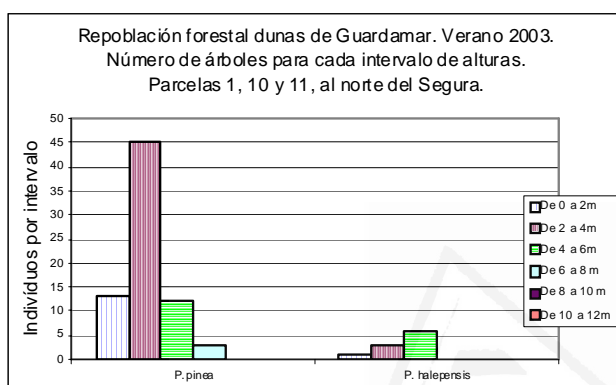
Para *P. halepensis* cuyas dimensiones eran solo 1,125 m de alto y su contorno 10,55 cm, el incremento es de 1,72 m de alto y 21,65 m de perímetro, respectivamente. La disminución del porcentaje del pino carrasco, que antes era del 28,13 %, frente al 7,15 % del 2003, lleva a pensar que las condiciones ambientales negativas, y probablemente en mayor grado *Blastofagus*, se han cebado es esta especie En *P. pinea*, el 71,87 % de los ochenta pasa a ser ahora del 92,85 %.

6.3.5.2. Parcelas situadas al norte del río Segura, año 2003.

En relación con el número de ejemplares hay que recordar que en este caso partimos de 3 parcelas, frente a las 2 del 1988, y que la afección de *Blastofagus* a esta zona fue menor, probablemente porque las condiciones de salud de los árboles eran mejores, y el desarrollo de la plaga se contuvo en

intensidad más reducida. El número de *pineta* y *halepensis* eran de 59 y 2, respectivamente, y ahora 73 y 10.

En relación con las alturas la mayor parte de los árboles tiene entre 2 y 4 m de alto, aunque también hay un grupo representativo de 4 a 6 m y en menor número de 6 a 8 m, sin que ninguno alcance los 8 m. Aunque también en el 88 los tres grupos más numerosos eran los 3 menores de 6 metros, en aquél caso eran

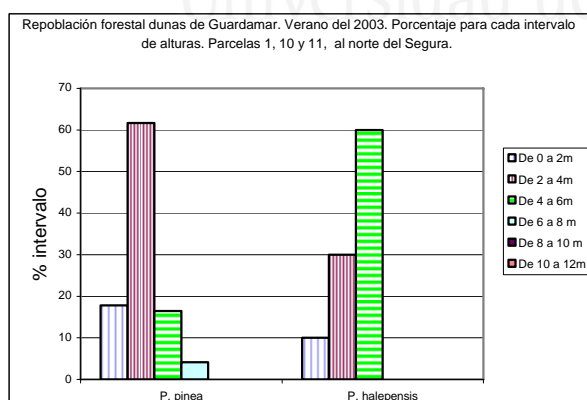


ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 2m	13	1
De 2 a 4m	45	3
De 4 a 6m	12	6
De 6 a 8 m	3	0
De 8 a 10 m	0	0
De 10 a 12m	0	0
Arboles por especie	73	10

Verano 2003. Número de árboles para cada intervalo de alturas. Parcelas 1, 10 y 11, norte del Segura.

muy similares los bloques, mientras aquí el de 2 a 4 m es mucho más numeroso.

Porcentualmente más del 60 % son árboles de entre 2 y 4 m de altura, algo menos del 20 % de entre 4 a 6 m y un porcentaje similar menores de 2 m. Solo un



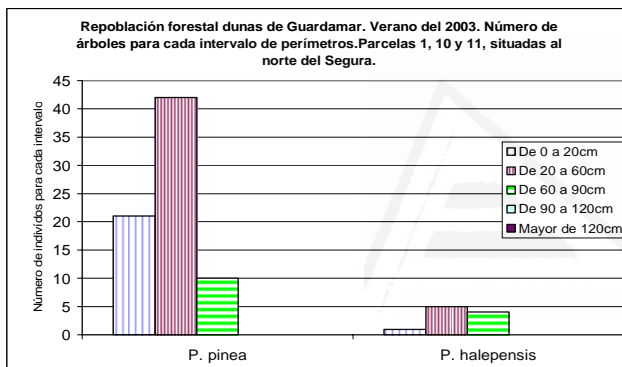
ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 2m	17,8	10
De 2 a 4m	61,64	30
De 4 a 6m	16,45	60
De 6 a 8 m	4,11	0
De 8 a 10 m	0	0
De 10 a 12m	0	0
%	100	100

Verano del 2003. Porcentaje para cada intervalo de alturas. Parcelas 1, 10 y 11, al norte del Segura.

escaso porcentaje supera los 6 m de altura. Este incremento de la altura es concordante con el hecho de que el grupo más numeroso de 1988 era el de árboles menores de 2 m, que ahora se encuadran en el grupo siguiente de mayor altura.

En cuanto a *P halepensis*, frente a los 2 ejemplares de la medición anterior, en el año 1988 ahora tenemos 10 entre las tres parcelas, con lo que los resultados son más representativos, y en este caso el grupo más numeroso, que alcanza el 60 %, es el de 4 a 6 m de alto, sin ejemplares mayores de 6 m para esta especie.

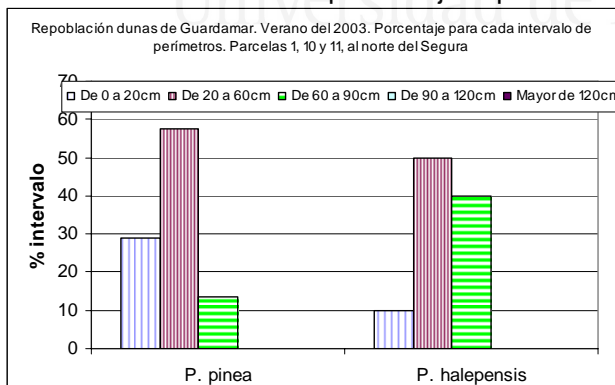
En relación con los perímetros, y para *P pinea*, también se agrupan de forma similar a las alturas, el más numeroso es el segundo, que en estas parcelas corresponde a los árboles de entre 20 y 60 cm. Los árboles menores de 20 cm alcanzan la mitad de estos, y los comprendidos entre 60 y 90 cm llegan solo a 10.



PERÍMETRO	<i>P. pinea</i>	<i>P. halepensis</i>
De 0 a 20cm	21	1
De 20 a 60cm	42	5
De 60 a 90cm	10	4
De 90 a 120cm	0	0
Mayor de 120cm	0	0
Árboles por especie	73	10

Verano de 2003. Número de árboles para cada intervalo de perímetros. Parcelas 1, 10 y 11, norte del Segura.

Los *halepensis* están casi todos en los dos grupos de 20 a 60 y 60 a 90 cm, tan solo 1 ejemplar es menor de 20 cm. Los porcentajes que se obtienen para los perímetros dan



PERÍMETRO	<i>P. pinea</i>	<i>P. halepensis</i>
De 0 a 20cm	28,77	10
De 20 a 60cm	57,53	50
De 60 a 90cm	13,7	40
De 90 a 120cm	0	0
Mayor de 120cm	0	0
En %	100	100

Reproducción dunas de Guardamar. Verano del 2003. Porcentaje para cada intervalo de perímetros. Parcelas 1, 10 y 11, al norte del río Segura

como resultado un diagrama de barras similar al numérico tanto para *pinea* como *halepensis*, pero donde se visualiza con más énfasis un desplazamiento hacia los mayores diámetros en el pino carrasco.

El número de pinos medidos en las tres parcelas es de 83, de los cuales 73 son *pinea*, y 10 *halepensis*. El árbol modelo de esta repoblación, al norte de la desembocadura del río Segura tiene en *P pinea* una altura de 3,166 m, y un perímetro de 33,767 cm, mientras *P halepensis* supera al primero y llega a los 4,065 m de alto, y un perímetro de 46,7 cm.

Si comparamos estas cifras con las del año 1988, encontramos que la

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO
Repoblación forestal dunas de Guardamar. Totales parcelas 1, 10 y 11, al norte del río Segura. Verano de 2003			
ALTURA MEDIA	3,166m	ALTURA MEDIA	4,065m
DE 0 A 2m	13	DE 0 A 2m	1
DE 2 A 4m	45	DE 2 A 4m	3
DE 4 A 6m	12	DE 4 A 6m	6
DE 6 A 8 m	3	DE 6 A 8 m	
DE 8 A 10 m		DE 8 A 10 m	
DE 10 A 12m		DE 10 A 12m	
PERÍMETRO MEDIO	33,767cm	PERÍMETRO MEDIO	46,7cm
DE 0 A 20cm	21	DE 0 A 20cm	1
DE 20 A 60cm	42	DE 20 A 60cm	5
DE 60 A 90cm	10	DE 60 A 90cm	4
DE 90 A 120cm		DE 90 A 120cm	
MAYOR de 120cm		MAYOR de 120cm	
Total especie	73	Total especie	10
TOTAL ÁRBOLES : 83			
Porcentaje de árboles por especie: P. pinea = 87,9 %, y P. halepensis= 12,1 %			

especie *P pinea*, que alcanzaba los 3,06 solo se incrementa 10 centímetros de alto, mientras el perímetro que antes llegaba a los 41,47 cm disminuye 7,7 cm. En cambio *P halepensis* cuya altura era de 3,8 m incrementa en 20 cm su altura, y el contorno que era de 55 cm disminuye también 8,3 cm hasta los 46,7 de ahora.

Se modifican también los porcentajes globales de presencia para cada especie, de manera que si antes *P pinea* llegaba al 96,7 %

ahora disminuye hasta el 87,9 %, pasando a su vez *P halepensis* desde el 3,30 % al 12,1 %.

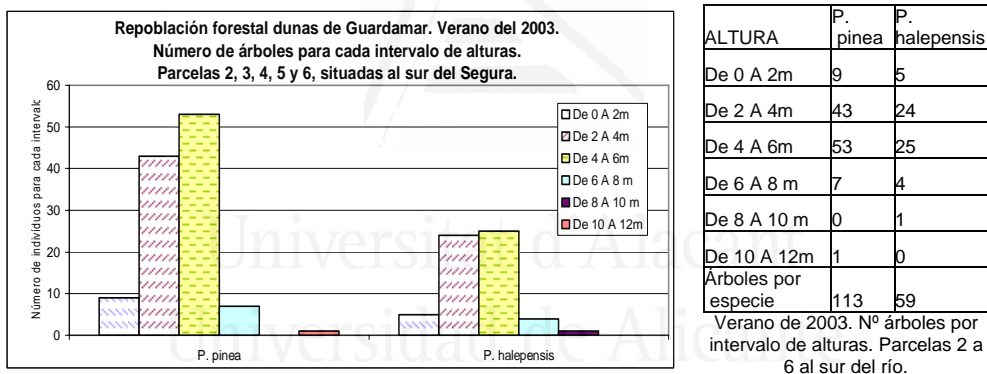
Esta situación, diferente de la esperada, quizá puede explicarse por la diferente ubicación de las parcelas y el hecho de que la diversidad del bosque es importante en esta amplia zona. Pero como en las parcelas del centro, donde comenzó la repoblación y por tanto los árboles son más viejos, la avanzada edad, cercana a los 100 años, unida a la presión ambiental, (fundamentalmente aridez y spray además de las plagas de insectos), probablemente la muerte por edad juega un papel importante.

Para *P halepensis* antes solo había dos árboles y por tanto los datos eran poco representativos, pero tanto como para estos como los piñoneros

probablemente las causas sean similares. Porque la mayor debilidad de los árboles, por cualquiera de las causas anteriores, era también un factor que hacía posible que *Blastofagus* actuase en mayor grado y como en el resto del pinar, acentuó su ataque sobre árboles adultos. En esta zona la edad es también muy avanzada, en las zonas más próximas al Segura, y además el porcentaje de piñoneros es muy elevado, por lo que la tala masiva de árboles adultos, producida a finales de los 80 debe afectar en mayor grado a *P. pinea*, todo ello modificando la evolución previsible de las estadísticas de incrementos de altura y diámetros por el transcurso de los años.

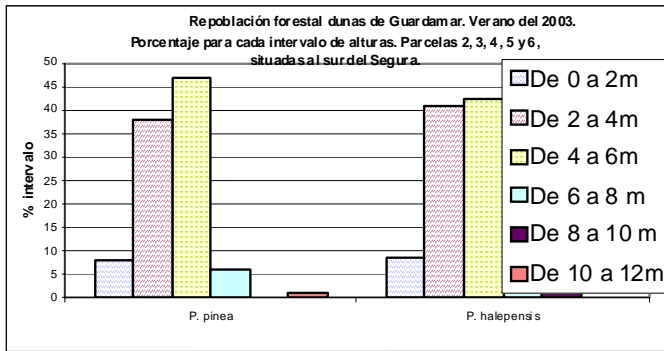
6.3.5.3. Parcelas situadas frente a la población, al sur del río Segura, año 2003.

En esta ocasión se han medido los árboles de 5 parcelas, con situación



elegida de forma aleatoria, con un total de 172 unidades, de las que 113 son *P. pinea* y 59 *P. halepensis*. En este caso también se midió *Tetraclinis*, aunque solo un ejemplar adulto de 4,36 m de altura y 48,33 cm de perímetro, además de 12 ejemplares de las plantaciones más recientes, con alturas menores de 1 m. En el 1988 el número de parcelas fue de 8, y el de árboles de 209, de los cuales 121 eran *pinea* y 88 *halepensis*.

Como puede verse en el diagrama de barras, para *P. pinea*, la mayor concentración de alturas se produce alrededor de la clase 4 a 6 m, y en menor escala de 2 a 4 m, y con escasos ejemplares menores de 2 m y mayores de 6 m

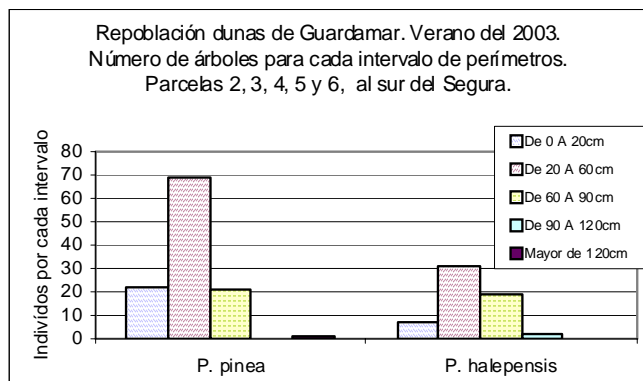


ALTURA	<i>P. pinea</i>	<i>P. halepensis</i>
De 0 a 2m	7,9	8,48
De 2 a 4m	38,05	40,68
De 4 a 6m	47	42,37
De 6 a 8 m	6,19	6,78
De 8 a 10 m	0	1,69
De 10 a 12m	0,86	0
En %	100	100

Dunas de Guardamar. Verano del 2003. Porcentaje para cada intervalo de alturas. Parcelas 2, 3, 4, 5 y 6, al sur del Segura.

La presencia además, de solo un ejemplar de 10 a 12 m, contrasta con la distribución de 1988, en la que había una gran uniformidad para todos los grupos de alturas, tanto para los menores de 2 m como los de 8 a 10 m y 10 a 12 m, aunque algo más numerosos los de 2 a 4 m.

Parece esperable que los grupos de alturas menores fueran incrementando hasta alcanzar los del intervalo de mayor envergadura, y puesto que en el 88 estos eran numerosos, aquí los mayores de 6m deberían ser muy abundantes. Si entonces estos grupos de altura de *P. pinea* entre los tres eran más del 30 %, ahora su porcentaje debería ser mucho mayor, y esto aunque las parcelas se



PERÍMETRO	<i>P. pinea</i>	<i>P. halepensis</i>
De 0 A 20cm	22	7
De 20 A 60cm	69	31
De 60 A 90cm	21	19
De 90 A 120cm	0	2
Mayor de 120cm	1	0
Arboles por especie	113	59

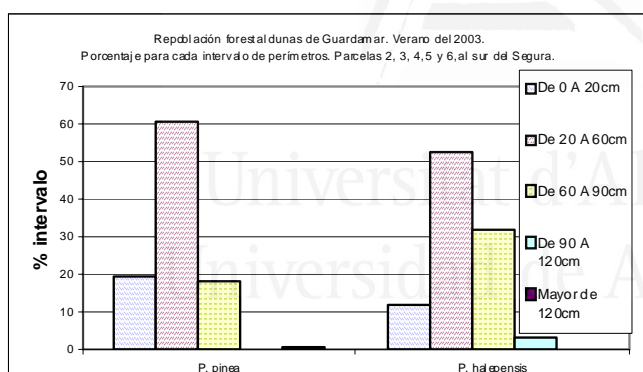
Verano del 2003. N° de árboles para cada intervalo de perímetros. Parcelas 2 a 6. Sur del río Segura.

ubiquen en lugares diferentes, puesto que el número de pies erguidos

es elevado. Por el contrario, apenas llegan al 7 % los pinos piñoneros cuya altura supera los 6 m.

La diferencia entre los resultados obtenidos y lo que parecía previsible pone de manifiesto, que el vivo contraste con los datos del 1988 no se explican sin el episodio de la plaga de *Blastofagus*, y probablemente por alcanzar una edad elevada en los ejemplares más adultos, que habrían llegado a los 100 años. En todo caso, la suma de los dos factores anteriores, unidos a la presión ambiental, sequía y spray marino, parecen evidenciar que buena parte de los árboles de la primera plantación, a principios del siglo XX no superan el siglo de edad y mueren, con lo que el porcentaje no solo no se incrementa sino que disminuye.

Para *P halepensis* la situación es parecida, en el 1988 un 30 % de los árboles superaba los 6 m de altura, frente a poco más del 8 % que medimos



ahora. Parece evidente que las causas son similares a las que afectan a *P pinea*, y que tampoco esta especie, y en este medio supera los 100 años.

En relación con

los perímetros, y para *P pinea*, el mayor número de árboles pertenece a la clase 20 a 60 cm, y se distribuyen en dos grupos similares, los menores de 20 cm y mayores de 60 cm, y están ausentes los que poseen diámetros mayores de 90 cm (salvo 1 ejemplar), a diferencia del 1988 donde sí los había, tanto entre 90 y 120 cm como mayores de 120 cm.

PERÍMETRO	<i>P. pinea</i>	<i>P. halepensis</i>
De 0 A 20cm	19,47	11,86
De 20 A 60cm	61,06	52,55
De 60 A 90cm	18,59	32,2
De 90 A 120cm	0	3,39
Mayor de 120cm	0,88	0
Porcentaje	100	100

Repoblación dunas de Guardamar. Verano del 2003. Porcentaje para cada intervalo de perímetros. Parcelas 2 a 6, al sur del río Segura

El número de árboles de las tres primeras clases está más equilibrado en halepensis, donde los que poseen entre 20 y 60 cm de contorno son los más numerosos (31), pero también están presentes los de 60 a 90 cm en cantidad significativa (19). Solo dos ejemplares tienen un perímetro mayor de 90 cm.

En relación con el 1988, los árboles de la zona centro, al sur de la desembocadura del Segura, tenían en un 71 % de perímetros comprendidos entre 20 y 60 cm, frente al 61 % actual, y con porcentajes similares, aunque inferiores, para los menores de 20 y mayores de 60 cm. En cambio en la medición de 2003 ahora hay menos del 1 %, frente al 10 % mayores de 60 cm del año 88.

Para *P halepensis* la comparación de datos trae lecturas más parecidas entre los dos trabajos, concentrando también el mayor porcentaje alrededor de los de 20 a 60 cm, antes en un 45 %, frente al 52 % de ahora, y 9 % de antes frente a 11 % del 2003 para los menores de 20 cm Para el intervalo de 60 a 90 cm de perímetro había 28 % frente a los 32 % actuales. Para los mayores de 90 y hasta

120 cm los valores son similares, y alrededor del 3 %.

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO		TETRA CLINIS
REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR. VERANO DEL 2003. PARCELAS CENTRO, 2,3,4, 5 Y 6.					
ALTURA MEDIA	4,05	ALTURA MEDIA	4,46	ALTURA MEDIA	4,36
De 0 a 2m	9	De 0 a 2m	5	De 0 a 2m	5+
De 2 a 4m	43	De 2 a 4m	24	De 2 a 4m	
De 4 a 6m	53	De 4 a 6m	25	De 4 a 6m	
De 6 a 8 m	7	De 6 a 8 m	4	De 6 a 8 m	
De 8 a 10 m	0	De 8 a 10 m	1	De 8 a 10 m	
De 10 a 12m	1	De 10 a 12m		De 10 a 12m	
PERIMETRO MEDIO A 1,30	39,78	PERIMETRO MEDIO A 1,30	46,64	PERIMETRO MEDIO A 1,30	50
De 0 a 20cm	22	De 0 a 20cm	7	De 0 a 20cm	5+
De 20ª 60cm	69	De 20ª 60cm	31	De 20ª 60cm	
De 60 a 90cm	21	De 60 a 90cm	19	De 60 a 90cm	
De 90 a 120cm	0	De 90 a 120cm	2	De 90 a 120cm	
Mayor de 120cm	1	Mayor de 120cm		Mayor de 120cm	
Árboles por especie	113	Árboles por especie	59	Árboles por especie	1+10 REP
Total árboles	173				
Porcentaje de árboles por especie: <i>P. pinea</i> = 65,70 %, y <i>P. halepensis</i> =34,30 % No contabilizamos <i>Tetraclinis</i> .					

En ambos casos, parece que la explicación para el hecho de que las clases de mayor circunferencia no sean mucho más numerosas en detrimento de las más esbeltas es similar a la que apuntamos más arriba para las alturas.

De los árboles medidos 7 están secos, 2 menores de 2 m de altura y 5 adultos, frente a ninguno antes, y la altura media de los adultos es de 4,1 m.

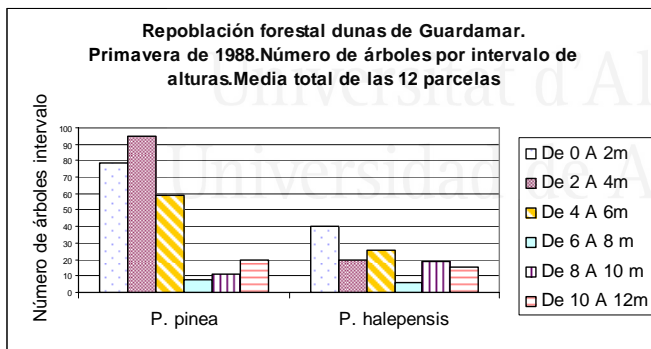
El árbol tipo de esta zona, para las parcelas medidas en el 2003 es de 4,05 de alto y 39,78 cm de contorno para *P. pinea*, frente a 5,07 m de alto y 42,23 cm de 1988. Para *P. halepensis* tiene 4,36 de alto, frente a 50 cm de perímetro, mientras en el 1988 tenía 6,31 m y 52,27 cm.

Otra distribución que cambia es el porcentaje de cada especie, que antes era del 57,9 % para *P. pinea* mientras ahora asciende al 65,7 %, disminuyendo el de *halepensis* que pasa del 42,2 % al 34,30 % (en el año 1988 se tuvieron en cuenta otras especies, que apenas alteran el porcentaje).

6.3.6. Evolución de la repoblación dunar en la bahía del río Segura y situación en el 2003.

Resumen de las 12 parcelas muestreadas el año 1988.

Aunque puede resultar artificioso agrupar todos los datos de las parcelas,



Intervalo de alturas	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 2m	79	40
De 2 A 4m	95	20
De 4 A 6m	59	26
De 6 A 8 m	8	6
De 8 A 10 m	11	19
De 10 A 12m	20	15
Total árboles por especie	272	126

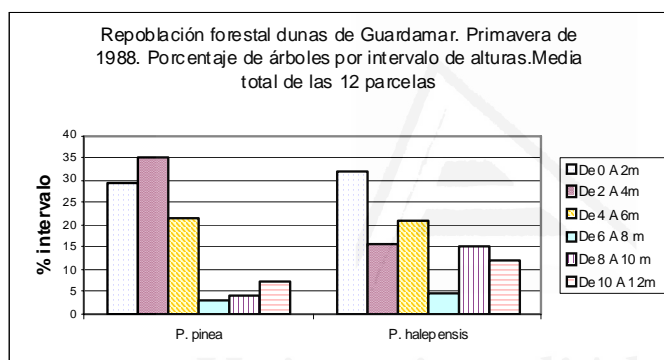
Primavera de 1988. Número de árboles por intervalo de alturas. Media total de las 12 parcelas

situadas a lo largo de unos 10 km de costa, y además teniendo en cuenta que la mayor parte de la repoblación forestal se produjo a lo largo de más de una década, en los primeros 14 años del siglo veinte (Consellería de MA, Alicante 1996), el resultado ofrece la ventaja de poder compararlo con las cifras obtenidas en el 2003, y poder hacerlo con pocos datos. El número total de árboles medidos, considerando solo los ejemplares de pino, fue de 398, de los que 272 son *P. pinea*, frente a 126 de *P. halepensis*. En relación con el número de pies de *P*

pinea para cada grupo de alturas se puede observar dos bloques, el que representan los más jóvenes, menores de 6 m de altura, cuyas 3 columnas presentan cierta homogeneidad, frente al segundo grupo de 3 columnas de 6 a 12 m, también con cierto equilibrio, pero con mucho menor número de ejemplares.

En el primer caso de piñoneros de menos de 6 m de altos suman 243 individuos, frente a solo 39, por cuyas alturas están incluidos en los tres grupos de mayor altura, presumiblemente supervivientes de las primeras repoblaciones.

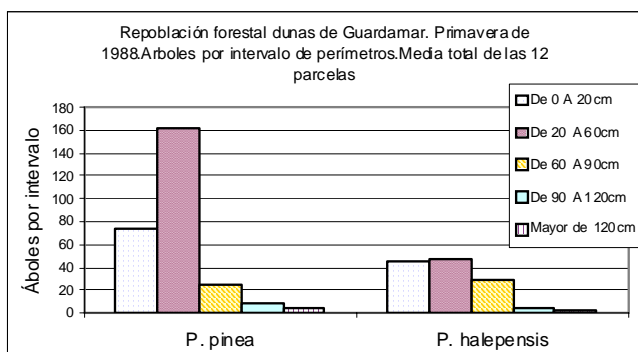
Para *P halepensis* la distribución no es igual, puesto que de los 126 árboles solo los 40 de la primera columna destacan como grupo, pero en ningún caso



Altura %	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 2m	29,04	31,74
De 2 A 4m	34,94	15,87
De 4 A 6m	21,69	20,64
De 6 A 8 m	2,94	4,76
De 8 A 10 m	4,04	15,08
De 10 A 12m	7,35	11,91
Porcentaje	100	100

Primavera de 1988. Porcentaje de árboles por intervalo de alturas. Media de las 12 parcelas

aparece tanta diferencia con las otras clases como ocurre en *pinea*. Tampoco la diferencia entre el grupo de menores de 6 m, que suman 86 ejemplares frente a 40, presenta esa tanta entre jóvenes y adultos como en los piñoneros. Para los pinos de alturas entre 2 m y 12 m la similitud para cada grupo de alturas es la tónica destacable, el menor



Perímetro	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 20cm	74	44
De 20 A 60cm	161	47
De 60 A 90cm	24	28
De 90 A 120cm	9	4
Mayor de 120cm	4	3
Total árboles por especie	272	126

Primavera de 1988. Nº de árboles totales en las 12 parcelas, por intervalo de perímetros.

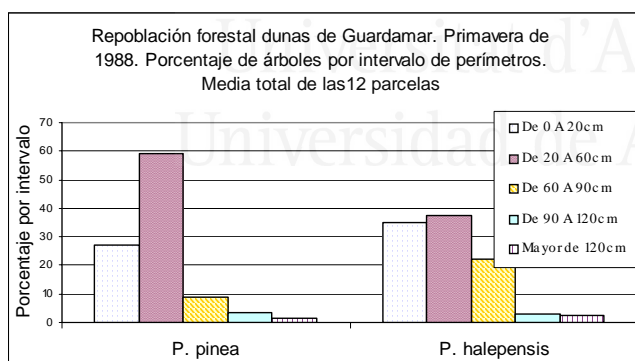
grupo de 6 a 8 m (4,76 %).

Sin embargo en el caso de *P. pinea* los porcentajes se distribuyen en dos grupos muy desiguales, el primero menor de 6 m que representa el 85 % del total, y el segundo solo el 15 %, estando en ambos casos representados con alturas similares en cada bloque de columnas, menores de 6 m y mayores hasta 12 m.

Sí existe coincidencia para ambos en relación con los árboles procedentes de las últimas repoblaciones, puesto que tanto para *pinea* como *halepensis* el 30 % son árboles jóvenes, menores de 2 m de altura.

No aparece esta distribución tan clara para el caso de los perímetros. En primer lugar el número de árboles para cada grupo de edad se distribuye de manera mucho más irregular para el caso del pino piñonero. De los 272 ejemplares, 161 tienen entre 20 y 60 cm de contorno, menos de la mitad lo tienen inferior a 20 cm, y el resto son cantidades pequeñas, que decrecen de menor a mayor diámetro.

En cambio para los pinos carrascos aparece una distribución numérica similar para los tres grupos de contornos menores de 90 cm, y en otro bloque, mucho menos numeroso encontramos los de 90 a 120 cm, con cantidades tan



Perímetro	P. pinea	P. halepensis
De 0 A 20cm	27,21	34,92
De 20 A 60cm	59,19	37,31
De 60 A 90cm	8,82	22,22
De 90 A 120cm	3,31	3,17
Mayor de 120cm	1,47	2,38
Porcentaje, %	100	100

Primavera de 1988.
Nº de árboles por intervalo de perímetros de las 12 parcelas.

poco significativas como

3 y 4 ejemplares, respectivamente.

La escasez de árboles de ambas especies de perímetros superiores a los 90 cm puede ser indicativa de un pinar con dificultades para generar biomasa, y la ausencia de plántulas y la gran mortandad de las recién repobladas que encontramos en el campo, ponen el acento en las dificultades de supervivencia de este bosque.

En consonancia con los grupos numéricos, un panorama similar puede describirse con la comparación de los porcentajes de clases de diámetros, *P. pinea* con un 60 % de árboles entre 20 y 60 cm, menos de un 30 % para los menores de 20 cm, y los mayores de 60 cm no acumulan apenas más que un 14 %. Para los carrascos los tres grupos menores de 60 cm presentan porcentajes más proporcionados cerca del 35 %, pero aquí el grupo de más de 60 cm de perímetro alcanza casi el 28 %.

Siguiendo el mismo método de agrupar resultados por zonas, en relación con el río y la población de Guardamar, que por otra parte representan episodios diferentes en el tiempo, se ha sumado la totalidad de los datos obtenidos para cada uno de los ejemplares de las 12 parcelas estudiadas y dividido por 272 para *P. pinea* y por 126 para *P. halepensis*. Tanto para los datos de altura como

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO		TETRACLINIS
REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR. PRIMAVERA DE 1988. TOTAL 12 PARCELAS.					
ALTURA MEDIA	3,77 m	ALTURA MEDIA	4,791 m	ALTURA MEDIA	5,99 m
De 0 A 2m	79	DE 0 A 2m	40	DE 0 A 2m	0
De 2 A 4m	95	DE 2 A 4m	20	DE 2 A 4m	0
De 4 A 6m	59	DE 4 A 6m	26	DE 4 A 6m	5
De 6 A 8 m	8	DE 6 A 8 m	6	DE 6 A 8 m	5
De 8 A 10 m	11	DE 8 A 10 m	19	DE 8 A 10 m	0
De 10 A 12m	20	DE 10 A 12m	15	DE 10 A 12m	0
PERÍMETRO MEDIO	36,62 cm	PERÍMETRO MEDIO	40,397 cm	PERÍMETRO MEDIO	84,7 cm
De 0 A 20cm	74	DE 0 A 20cm	44	DE 0 A 20cm	0
De 20 A 60cm	161	DE 20 A 60cm	47	DE 20 A 60cm	1
De 60 A 90cm	24	DE 60 A 90cm	28	DE 60 A 90cm	5
De 90 A 120cm	9	DE 90 A 120cm	4	DE 90 A 120cm	3
Mayor de 120cm	4	Mayor de 120cm	3	Mayor de 120cm	1
TOTAL ESPECIE	272	TOTAL ESPECIE	126	TOTAL ESPECIE	10
TOTAL ÁRBOLES	398				
Árboles por especie en el total de las 12 parcelas: P. pinea =68,34 %, y P. halepensis=31, 66 %. No se contabilizan los Tetraclinis.					

diámetro. De esta manera se obtiene un modelo de árbol que alcanza los 3,77 m de alto y un perímetro de 36, 62 cm para los pinos piñoneros, y 4,791 m

de alto por un contorno de 40,397 cm para los carrascos. Como se ve la diferencia de alturas es de 1 m, un 26,5 % más altos los *P. halepensis* que los *P. pinea*, frente a solo el 11,5 % más de perímetro a 1,30 m de altura. El porcentaje de piñoneros llega al 68,34 %, mientras los carrascos solo constituyen el 31,66 %

de los pinos que integran la masa forestal. No se tienen en cuenta los 10 pies de *Tetraclinis*.

El caso de *Tetraclinis articulata* presenta la particularidad de que su altura media es superior en más de 2 m a la de *P. pinea* y más de 1 m mayor que *P. halepensis*, pero el perímetro es casi dos veces y medio mayor que el de los primeros y más del doble de los segundos.

No obstante el número de ejemplares plantados adultos es escaso y las cifras que se dan tienen también aquí un valor anecdótico desde el punto de vista estadístico, no así de cara a futuras repoblaciones y datos de la evolución del bosque, puesto que a partir de mediados de los ochenta, se comenzaron a introducir en porcentajes cada vez mayores los arbolitos de *Tetraclinis* para la repoblación forestal, al menos en la provincia de Alicante.

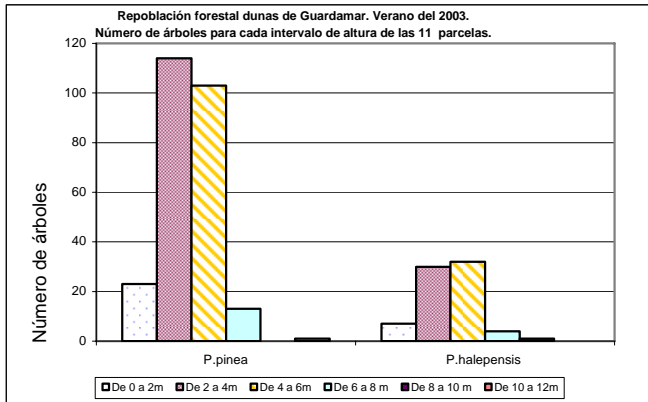
Esta relación entre pinos presentes es muy similar a los porcentajes de semillas usados en la repoblación forestal (Mira 1906 y 1909), donde por cada 14 kilos de semillas 10 eran de piñonero, frente a cuatro de *halepensis*, es decir 71 % frente a 29 %. Posiblemente en los viveros se utilizó un porcentaje similar de semillas. De esto puede deducirse que transcurridas ocho décadas en que comenzó la repoblación apenas había variado el porcentaje entre la semilla que se plantó y las plantas presentes para ambas especies, ya que la sujeción de las arenas se comenzó a finales del siglo pasado, terminando la mayor parte de la repoblación en 1914 (Consellería de MA, Alicante 1996).

6.3.7. Resumen de las 12 parcelas muestreadas el verano del 2003.

También aquí, para obtener una imagen más simplificada en el 2003, de la repoblación dunar realizada a principios del siglo XX, se han reunido todos los datos de cada uno de los ejemplares medidos en las 11 parcelas, y agrupado en las mismas clases de alturas y perímetros que para cada zona, de esta manera podemos también obtener el

ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 2m	23	7
De 2 a 4m	114	30
De 4 a 6m	103	32
De 6 a 8 m	13	4
De 8 a 10 m	0	1
De 10 a 12m	1	0
Porcentaje, en %	254	74

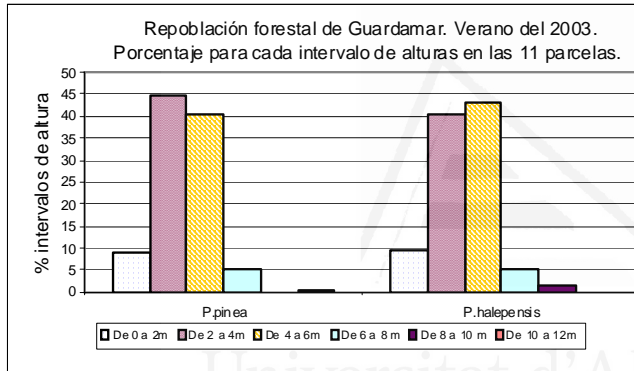
Verano de 2003. Nº de árboles por cada intervalo de altura de las 11 parcelas.



árbol tipo de cada especie, comparar con el de finales de los años 1980 a 1990 y ver la evolución sufrida.

El número total de ejemplares medidos ha sido de 318, de los cuales 254 son *P. pinea* y 74 *P.*

halepensis. Por el escaso número de adultos incluidos en las parcelas no se han considerado



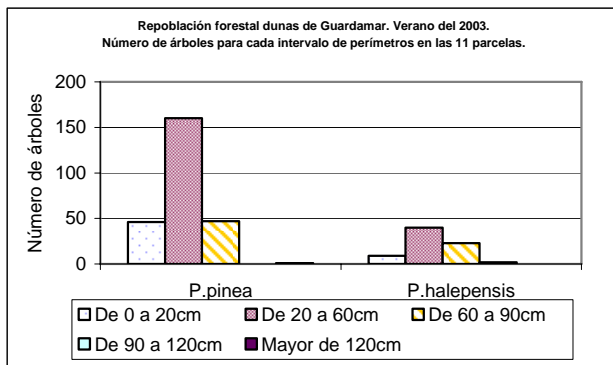
representativos los

ALTURA	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 2m	9	9,5
De 2 a 4m	44,9	40,5
De 4 a 6m	40,6	43,2
De 6 a 8 m	5,1	5,4
De 8 a 10 m	0	1,4
De 10 a 12m	0,4	0
Porcentaje	100	100

Dunas de Guardamar. Verano del 2003. Porcentaje por intervalo de alturas en las 11 parcelas.

Tetraclinis, ni tampoco las palmeras. Tampoco aparece regeneración natural de los pinos ni otros.

Comparando con el trabajo de 1988, entonces se midieron 272 ejemplares de *Pinus pinea* y 126 *P.*



Perímetro a	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	46	9
De 20 a 60cm	160	40
De 60 a 90cm	47	23
De 90 a 120cm	0	2
Mayor de 120cm	1	0
Total árboles	254	74

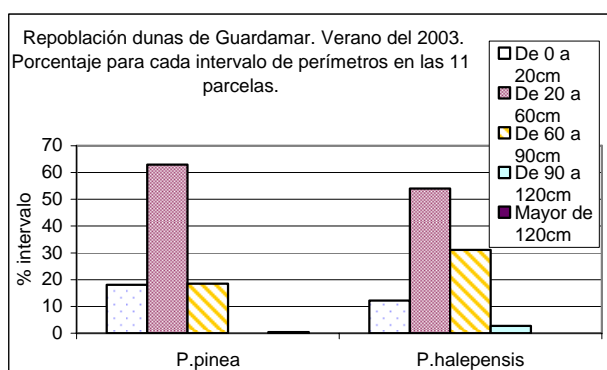
Dunas de Guardamar. Verano del 2003. Número de árboles para cada intervalo de perímetros en las 11 parcelas.

halepensis, es decir un total de 398 pinos, frente los 318 de este apartado.

En relación con la altura de los piñoneros, la gran mayoría de árboles se agrupan en los de 2 a 4 m, y 4 a 6 m, que alcanza un porcentaje para ambos superior al 85 %, mientras en el año 1988 apenas llegaba al 60 %, y en el 40 % restante se encontraban todas las categorías, aunque en mayor porcentaje los menores de 2 m. Para los carrascos la situación es similar para las medidas actuales, aunque en los datos obtenidos en el año 1988 la distribución es mucho más homogénea en todas las alturas, un poco más elevado para los menores de 2 m, que alcanzan más del 30 % frente al 9,5 % de ahora, y el resto entre 10 y 20 %, excepto los de 6 a 8 m, que no llegan al 5 %.

Resulta previsible el hecho de que los grupos de edad se trasladen desde los menores de 2 m de altura, que entonces eran más del 30 % hasta los dos grupos de 2 a 6 m, pero estos, que eran el 60 % no se trasladan a los tres grupos siguientes de 6 a 8, 8 a 10 y 10 a 12 m, que como en los *P. pinea* desaparecen o apenas están presentes.

En relación con los perímetros, y para *P. pinea*, el grupo más numeroso es el segundo, entre 20 y 60 cm, mucho más reducido el primero, menores de 20 cm, y en número similar los de 60 a 90 cm. De los que tienen entre 90 y 120 cm y más de 120 solo hay un ejemplar. En la medición de finales de los años 80 el grupo más numeroso era también el segundo, aunque los pertenecientes al grupo primero eran más numerosos que los encontrados en 2003, y mucho más que los del grupo tercero. Allí sí había árboles en todos los grupos de perímetro, aunque



Perímetro a	P. pinea	P. halepensis
De 0 a 20cm	18,1	12,16
De 20 a 60cm	63	54,05
De 60 a 90cm	18,5	31,09
De 90 a 120cm	0	2,7
Mayor de 120cm	0,4	0
Porcentaje en %	100	100

Dunas de Guardamar.
Verano de 2003- Porcentaje por intervalo de perímetros de las 11 parcelas.

el número total de los dos (90 a 120 y mayores de 120 cm de contorno) solo alcanzaba los 13 ejemplares.

Para los *P halepensis* el grupo primero y segundo eran en la década de los ochenta casi igual de numerosos (44 frente a 47 ejemplares), y menor, aunque importante (28) el de 60 a 90 cm de contorno. Los otros dos grupos estaban también representados, aunque solo con 7 ejemplares entre ambos. En esta última medición los halepensis son poco numerosos en el primer grupo (9) y mucho más en el segundo (40). En la tercera clase, de 60 a 90 cm sigue habiendo un número importante (23), pero desaparecen casi totalmente en las otras dos clases de mayor contorno, donde solo incluimos dos ejemplares.

Como en las alturas, las consideraciones respecto del perímetro son similares, lo que podría ser esperable es que, como así ocurre, el grupo primero, con menos de 20cm de diámetro, disminuya porque con los años transcurridos su desarrollo les haya llevado a tamaños superiores, pero también que los grupos de mayor tamaño se incrementen notablemente con el transcurso de los años, cosa

que no ocurre.

ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO		TETRA CLINIS
REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR. VERANO DEL 2003. TOTAL 11 PARCELAS.					
ALTURA MEDIA	3,836m	ALTURA MEDIA	3,932	ALTURA MEDIA	(1 árbol) 4,36
De 0 a 2m	23	De 0 a 2m	7	De 0 a 2m	5+
De 2 a 4m	114	De 2 a 4m	30	De 2 a 4m	
De 4 a 6m	103	De 4 a 6m	32	De 4 a 6m	
De 6 a 8 m	13	De 6 a 8 m	4	De 6 a 8 m	
De 8 a 10 m	0	De 8 a 10 m	1	De 8 a 10 m	
De 10 a 12m	1	De 10 a 12m		De 10 a 12m	
PERÍMETRO MEDIO	39,62cm	PERÍMETRO MEDIO	45,94	PERÍMETRO MEDIO	(1 árbol) 50
De 0 a 20cm	46	De 0 a 20cm	9	De 0 a 20cm	5+
De 20 a 60cm	160	De 20 a 60cm	40	De 20 a 60cm	
De 60 a 90cm	47	De 60 a 90cm	23	De 60 a 90cm	
De 90 a 120cm	0	De 90 a 120cm	2	De 90 a 120cm	
Mayor de 120cm	1	Mayor de 120cm	0	Mayor de 120cm	
TOTAL ESPECIE	254	TOTAL ESPECIE	74	TOTAL ESPECIE	1+10 REP
TOTAL ÁRBOLES : 328					
Porcentaje por especie en las 11 parcelas: P. pinea = 77,44 %, y P. halepensis= 22,56 % No se contabilizan los Tetraclinis.					

De hecho los grupos mayores están prácticamente ausentes, y el pinar presenta gran uniformidad de diámetros, para ambas especies, mucho más alto el porcentaje de árboles entre 20 a 60 cm de circunferencia, y similares porcentajes para la

primera y tercera columna, aunque en los halepensis la tercera supone el 30 %, frente a solo el 12 % de los menores de 20 cm.

En el trabajo de campo del 2003, en la que se han medido 254 árboles de *P. pinea*, el prototipo sería un árbol de 3,836 m de altura y 39,62 de perímetro, mientras que *P halepensis* tendría 3,932 m de alto y 45,94 cm de circunferencia.

Los Tetraclinis, procedentes de repoblaciones recientes excepto uno, no se

El modelo de *Pinus pinea* que se obtuvo al agrupar todos los datos de las 12 parcelas estudiadas a finales de los 80, tenía una altura de 3,77 m y un perímetro de 36,62 cm, mientras el *Pinus halepensis* alcanzaba los 4,791 m de alto por 40,397cm de perímetro. En 2003, para *P. pinea* el resultado representa un incremento de altura de 6,6cm y un incremento de perímetro de 3cm. Mientras para el *P halepensis* supone una disminución de 8, 59 cm en su altura, pero un incremento en el contorno de 5,5 cm.

consideran. Los porcentajes por especie alcanzan el 77,4 % de *P. pinea* encontrados en las 11 parcelas, frente al 22,56 % de *halepensis*.

6.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Aunque el objeto de este capítulo no es el conocimiento exhaustivo de la vegetación de las dunas, sino su evolución y estado actual, si parece necesario resumir los datos suficientes como para poder extraer conclusiones útiles para determinar si del análisis de la masa forestal existente y su evolución puede deducirse una gradación del estado de la masa forestal que permita proponer a su vez indicadores que relacionen la vegetación con la distancia al mar, y por tanto puedan ser valiosos para establecer el límite del sistema litoral, y pueda aplicarse en el deslinde de costas.

6.4.1. Vegetación de las dunas sin repoblar.

Los datos concretos del ecosistema dunar sin alteración por el hombre que se han consultado, de la bahía del río Segura y lógicamente antes de producirse la repoblación forestal, son fundamentalmente los que aportan los documentos del Ingeniero Francisco Mira, y en menor importancia los escritos de otros Ingenieros forestales, o personas vinculadas al mundo forestal de hace un siglo. Pero si tenemos en cuenta el escaso interés de las especies psammófilas para estos técnicos de la repoblación de masas de árboles, puede comprenderse que estos

datos ni pueden ser abundantes ni exhaustivos. No obstante las descripciones y fotografías de principios del siglo XX, y algunas de finales del XIX, suministran información de indudable interés, habida cuenta de la escasa documentación existente.

La otra fuente utilizada para deducir la vegetación dunar previa a la repoblación, es analizar trabajos más recientes de diversos autores en otras localidades próximas, que puedan compararse con la situación de aquella época. Los arenales no repoblados del sur de la provincia de Alicante, se disponen en la playa del Saladar (al norte del cabo de Sta. Pola), al sur de la población de Guardamar y al norte de cabo Cervera, frente a la población de La Mata. Aunque estos lugares han sufrido una gran presión antrópica, consecuencia de las urbanizaciones construidas en el entorno, y en todo caso de los miles de bañistas que acceden a las playas, y pisotean tanto la duna litoral como las más alejadas de la playa. Esta presión interviene modificando la distribución de las especies, y en algunos casos poniendo otras al borde de la desaparición, como *Convolvulus soldanella*, *Euphorbia paralias* u *Otanthus marítimus*, pero todavía conservan una aceptable flora autóctona, aunque en otros como en el caso de *Echinophora spinosa*, citada por varios autores en estos puntos no se ha conseguido encontrar ningún ejemplar.

Tanto los trabajos de campo como los datos bibliográficos han sido fundamentales para poder realizar la selección de las plantas que pudiesen utilizarse como indicadores, solas o asociadas a otras, pero cuya determinación fuera sencilla y rápida, teniendo en cuenta que el objetivo era demostrar que la vegetación sí puede utilizarse en zonas costeras extensas que se quieran delimitar, y utilizarse a su vez como indicador para definir el ámbito territorial con características homogéneas, en este caso la franja o ecosistema litoral cuya naturaleza ambiental pueda hacerse coincidir con la naturaleza legal, del bien que se considera dominio público marítimo terrestre.

En primer lugar se ha considerado que las plantas que deben utilizarse, en lo posible, sean psammófilas estrictas. Una segunda característica es que el número de especies fuese elevado, aunque no excesivo, para que los datos

ofrezcan suficiente fiabilidad pero el trabajo de campo no resulte muy complicado. Una tercera preocupación era contrastar que las especies fuesen citadas y estudiadas por diferentes autores y además de que estuviesen presentes en buena parte de las localidades a contrastar, o al menos con una presencia suficiente, para lo cual se partió de un grupo más numeroso que se fue reduciendo hasta las 18 utilizadas al realizar los transectos.

Se han contrapuesto además los datos de campo que se han obtenido con los resultados de las plantaciones de psammófilas realizadas en parcelas de arenal por el Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, solos o en colaboración con la Dirección de Costas, en las que se habían contrastado a su vez los resultados de supervivencia de las especies utilizadas. Estos datos de porcentajes de conservación pueden dar idea de su acomodamiento al arenal de esa zona concreta, en contraposición con los porcentajes obtenidos en los transectos realizados en esas zonas concretas. Los datos comparativos están expuestos en la tabla 7.2.

6.4.2. Evolución y estado de la repoblación en el 2003.

En relación con la evolución y estado del pinar hay dos cuestiones en las que se va a fijar especialmente la atención, de una parte si a pesar de las sucesivas repoblaciones varía positivamente el número de árboles o por el contrario hay un declive, y por otro lado si es posible obtener conclusiones respecto a las clases de edades y el papel de algún factor ambiental en la

aparición de los daños y limitación de edad.

Repoblación forestal dunas de Guardamar. Primavera 1988 Número total y porcentaje de de árboles muestreados..		
Número de árboles vivos	% por especie	Especies presentes
272	65,54	P pinea
126	30,36	P. halepensis
10	2,41	T. articulata
6	1,45	Eucaliptus
1	0,24	Ciprés
Total árboles 415	100,00	

Evolución del número de árboles por unidad de superficie.

El número de parcelas sobre las que se actuó a finales de los 80 fue de 12, de 25 X 25 metros de lado. La superficie total incluida en ellas fue de 7.500 metros cuadrados, y el total de árboles medidos de 415 unidades.

El cálculo del número ejemplares por unidad de superficie para cada

Repoblación forestal dunas de Guardamar, verano del 2003. Número de parcelas: 11, de 25 X 25 metros. Superficie total 6875 m ² .			
Árboles muertos	Árboles vivos adultos	% vivos por especie	Especies presentes
11	243	77,2	P. pinea
3	71	22,5	P. halepensis
0	1 (+12 Tetraclinis de 60 a 110 de altura)	0,3	T. articulata
	No contabilizados	No contabilizados	Ciprés, palmera, Eucalyptus
14	315	100,00	

especie tiene el interés de que puede usarse para ver la evolución del pinar con el tiempo, en relación con el

efecto de las repoblaciones sucesivas y la mortalidad, y prever la permanencia de la masa forestal.

Teniendo en cuenta que en todo el capítulo se han estudiado las dos especies de pino existentes (escasos ejemplares de *P. canariensis* han desaparecido) que son las más representativas de las especies arbóreas con diferencia. También para calcular los pies por metro cuadrado solo se consideran la especie *P. pinea* y *P. halepensis*, puesto que *Tetraclinis articulata*, solo está presente en una parcela, y tanto esta especie como los *Eucalyptus* están en las parcelas en número reducido, además estos últimos pertenecen a varias especies.

En 1988, y teniendo en cuenta todas las especies el número de árboles por

Evolución de la densidad de pinos en la zona repoblada de las dunas del Segura a principios del siglo XX. Período 1988 a 2003, medidos en parcelas de 25X25m.				
ESPECIE	1988 vivos / m ²	2003 vivos/ m ²	Disminución	Porcentaje %
P. pinea m ² :	0,03626	0,03534	-0,00092	-2,54
P. halepensis ²	0,0168	0,01033	-0,00647	-38,51
Total 2 especies	0,05306	0,04567	-0,00739	-13,93 %

metro cuadrado era de 0,0553, mientras para *P. pinea* es de 0,0362 y 0,0168 *P. halepensis*, el

resto corresponde a las otras especies. Si solo consideramos las dos especies el número de árboles por cada metro será de 0,05306.

En el 2003, y teniendo en cuenta todos los piñoneros y carrascos en pie, secos o vivos, es decir 273 árboles, la cantidad de pies por metro cuadrado es de 0,0477, de ellos la mayor parte, 0,0369 serían *pinea* y el 0,0108 *halepensis*.

Si tenemos en cuenta solo los pies vivos el número total de pinos por metro cuadrado en el 2003 es de 0,04567, de los cuales 0,03534 corresponden a piñoneros y 0,01033 a carrasco

Para el cálculo del número de árboles en los que ha variado en pinar se utiliza el número de hectáreas de dunas repobladas que quedan en la actualidad, y que se ha calculado utilizando planimetría reciente, y explicado más atrás al hablar de la superficie actual. Del total de las 846 Has iniciales que se citan en la repoblación forestal (Mira F. 1906, 1907.1914), hay en la actualidad 721, a las que habría que restarle unas 60, correspondientes a playas y duna litoral que no se repoblaron, por lo que podemos considerar que la superficie forestal que resta y a la que podemos aplicar los cálculos es de unas 660 has, donde palmeras más

Según los datos que se han obtenido, el número total de pinos vivos en el año 1988 era el que se obtiene del producto: 660 has por 530,6 árboles por ha, con lo que la cifra debería ser de unos 350.196. Transcurridos 15 años, en el 2003 era de 660 has x 456,7 árboles por ha, es decir 301.422, lo que supone una disminución de 48.774 árboles para todo el pinar, casi el 14 % de los que había a finales de los años 80.

cerca del mar, y pinos luego, siguen poblando las dunas, testimonio actual de aquella repoblación que ya tiene 100 años.

6.4.2.2. Evolución y estado del bosque por clases de altura

En 1988 el porcentaje de *P pinea* mayores de 6m de alto es de 14,3 % y el de *P halepensis* de 31,8 %. Los perímetros mayores de 60cm son para la primera especie 13,6 %, y para *halepensis* 27,8 %.

En el 2003, los resultados correspondientes serían 5,5 % para los árboles mayores de 6 m de altura para *Pinus pinea*, y 6,8 % para *Pinus halepensis*, en cambio los perímetros que son mayores de 60 cm alcanzan en los piñoneros el 18,9 %, y llegan hasta el 33,8 % para los carrascos.

Estos resultados parecen evidenciar, en primer lugar una importante disminución de la altura media en los *P halepensis*, que disminuyen 87 cm. En el caso de los *P pinea*, la media general sube ligeramente 6,6 cm, sin embargo al sur de la desembocadura del Segura, en el centro, precisamente donde comenzó

la repoblación la disminución de alturas alcanza cifras muy significativas llegando

REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR PRIMAVERA DE 1988. TOTAL 12 PARCELAS.			
ESPECIE	PIÑERO		CARRASCO
ALTURA	Porcentaje, en %	ALTURA	Porcentaje
De 0 A 2m	29,0	De 0 A 2m	31,7
De 2 A 4m	35,0	De 2 A 4m	15,9
De 4 A 6m	21,7	De 4 A 6m	20,6
De 6 A 8 m	2,9	De 6 A 8 m	4,8
De 8 A 10 m	4,0	De 8 A 10 m	15,1
De 10 A 12m	7,4	De 10 A 12m	11,9
PERÍMETRO		PERÍMETRO	
De 0 A 20cm	27,2	De 0 A 20cm	34,9
De 20 A 60cm	59,2	De 20 A 60cm	37,3
De 60 A 90cm	8,8	De 60 A 90cm	22,2
De 90 A 120cm	3,3	De 90 A 120cm	3,2
Mayor de 120cm	1,5	Mayor de 120cm	2,4
TOTAL ESPECIE 272		TOTAL ESPECIE 126	
TOTAL ÁRBOLES : 398			

a los 185 cm en los carrascos, pero es también muy importante en los *P pinea* que disminuyen 102 cm.

Los perímetros medios de las tres zonas se incrementan ligeramente desde 1988 a 2003, pero en donde comenzaron las primeras plantaciones, centro y norte disminuyen.

Los porcentajes de árboles varían, en el sentido de incrementar un 9,1 los *P pinea*, que llegan al 77,4 %, pero que en buena parte se debe al incremento del 21 % en el sur de la población. Este porcentaje es similar al que ofrecen otros

REPOBLACIÓN FORESTAL DUNAS DE GUARDAMAR VERANO DEL 2003. TOTAL 11 PARCELAS. PORCENTAJES TOTALES POR CLASE			
CLASE	PIÑERO	CLASE	CARRASCO
ALTURA		ALTURA	
De 0 a 2m	9,1	De 0 a 2m	9,5
De 2 a 4m	44,9	De 2 a 4m	40,5
De 4 a 6m	40,5	De 4 a 6m	43,2
De 6 a 8 m	5,1	De 6 a 8 m	5,4
De 8 a 10 m	0	De 8 a 10 m	1,4
De 10 a 12m	0,4	De 10 a 12m	0
PERÍMETRO		PERÍMETRO	
De 0 a 20cm	18,1	De 0 a 20cm	12,1
De 20 a 60cm	63,0	De 20 a 60cm	54,1
De 60 a 90cm	18,5	De 60 a 90cm	31,1
De 90 a 120cm	0,0	De 90 a 120cm	2,7
Mayor de 120cm	0,4	Mayor de 120cm	0,0
TOTAL ESPECIE	254	TOTAL ESPECIE	74
TOTAL ÁRBOLES 328			

autores en mediciones más recientes, 75,2 % para *P pinea* y 25, 28 % para *P halepensis* (Calleja, 2004).

En relación con las clases de altura es también llamativa la disminución de las dos especies de los árboles más altos, que en el caso de *P pinea* pasa de un 14,3 % a solo el 5,5 %, y mucho más acusado el descenso de *P halepensis*

que de un 31,8 % pasa a representar solo el 6,8 % de los totales. Por el contrario los perímetros mayores de 60 cm se incrementan para ambas especies, aunque solo un 5 % en los 15 años.

Todos los datos apuntan a que son muy numerosos los árboles más viejos que han muerto. Ello se debe a que las condiciones ambientales acentúan los efectos en los árboles más debilitados (fundamentalmente sequía prolongada,

MEDIAS	1988 P.pinea	1988 P. halepensis	2003 P. pinea	2003 P. halepensis	P pinea 2003 -1988	P halepensis 2003 - 1988
Altura media total	3,77m	4,791m	3,836m	3,932m	6,6cm	87,1cm
Altura sur	2,57	1,125	4,192	2,814	162,2cm	168,9cm
Altura norte	3,06	3,8	3,166	4,065	10cm	20,65cm
Altura centro	5,07	6,31	4,05	4,46	102cm	185cm
Perímetro medio total	36,62cm	40,397cm	39,62cm	45,94cm	3cm	5,54cm
Sur población	27,78	10,55	45,92	36,2	18,14cm	25,65cm
Norte río	41,47	55	33,767	46,7	7,7cm	8,3cm
Centro	43,23	52,27	39,78	46,64	3,45cm	7,63cm
Porcentaje especies %	68,34	31,66	77,44	22,64	9,1%	9,1%
Sur	71,87	28,13	92,85	7,15	20,98%	20,98%
Norte	96,7	3,3	87,9	12,1	8,8%	8,8%
Centro	57,9	42,21	65,70	34,30	7,9%	7,9%
Mayores 6m de altura	14,3%	31,8%	5,5%	6,8%	7,8%	25%
Perímetro mayor de 60cm	13,6%	27,8%	18,9%	33,8%	5,3%	5%

spray marino y pisoteo, incluidas las plagas) que son más vulnerables, pero debe tenerse en cuenta que buena parte de los talados pueden haber muerto, en buena medida, por haber alcanzado un grado de envejecimiento en el entorno de los cien años, que en estos ambientes tan áridos parece resultar una edad muy avanzada.

Otra cuestión llamativa es que los árboles menores de 2 m de altura de las dos especies, que representan al relevo generacional, han disminuido desde el entorno del 30 % hasta solo un 9 %, lo que conduce a pensar que en las próximas décadas se producirá una disminución muy acusada de la población adulta. Si además tenemos en cuenta el escaso porcentaje de árboles vivos que restan de las sucesivas plantaciones de finales de los años 80 y principios de los 90, probablemente encontraríamos que el futuro del pinar está gravemente

comprometido, y que la gestión de la repoblación de principios del siglo XX parece abocada a un grave deterioro a medio plazo, en pocas décadas.

6.4.2.3. Perspectivas del estudio de la vegetación en relación con la propuesta de indicadores.

En relación con las especies psammófitas.

La permanencia de especies autóctonas en zonas repobladas, aunque en menor cantidad, permite que su distribución pueda ser usada como indicador de la influencia del mar también en las zonas repobladas, aunque su distribución, influida por la competencia de la masa forestal, deba ser objeto de análisis más exigentes, y su valor completado con el de otros indicadores.

De las especies analizadas y contrastadas con diversos autores y trabajos sobre dunas de Alicante, se han seleccionado aquellas que por su persistencia y fácil identificación hacen más fácil el trabajo de campo, que además son psammófilas estrictas o al menos lo son en estas localidades. El total de especies analizadas ha sido de 18, aunque de ellas algunas son muy escasas y no tienen valor comparativo por estar presentes solo en escasas cuadrículas, y esto tanto para dunas repobladas como no.

En relación con las especies arbóreas.

La evolución de la plantación y los datos que aportan los responsables de aquel trabajo inciden en una cuestión que hoy parece evidente, la vinculación de la supervivencia a la disponibilidad de agua. Esta vinculación al agua, en un clima tan árido como el que dispone el sur de Alicante, puede explicar que la supervivencia de la repoblación ligada a la germinación de semillas es muy improbable, más todavía en la actualidad cuando la competencia por el agua con los árboles adultos coloca a las semillas en una situación de supervivencia imposible de las plántulas, e incluso esta dificultad afecta gravemente a los arbolitos replantados recientemente. En los años de repoblación, y con las semillas que se enterraban la supervivencia era escasa, y los textos de principios del siglo pasado explican que las marras dependían principalmente, de la falta de

lluvia, y variaban según los años, desde el 30 al 70 por 100 en las plantaciones que no se riegan del primer año; en los hoyos que se riegan o tienen más de un año hay pocas bajas. En la siembras las marras son de un 50 por 100 en el primer año y 40 por 100 en el segundo y siguientes. (Mira, 1914).

De los datos obtenidos en el trabajo de campo de 1988 se deducía que la superficie restante eran 660 has, y que la media eran 530,6 árboles por ha, con lo que la cifra total de árboles del pinar alcanzaría un total de unos 350.196 pies. Transcurridos 15 años, en el 2003 era de 660 has x 456,7 árboles por ha, es decir 301.422, lo que supone una disminución de 48.774 árboles para todo el pinar, casi el 14 % de los que había a finales de los 80.

Esta disminución del número de individuos, está relacionada en buena medida con la pérdida de los más viejos, lo que es más evidente en el frente litoral de Guardamar, al sur del río donde comenzó la repoblación, y por tanto se encuentra la población de mayor edad. La media de las alturas ha disminuido en 102 cm para los piñoneros, y 185 los carrascos. Sin embargo no disminuyen las alturas medias donde la repoblación es más joven, a norte del río y sur del pueblo. Este descenso medio de las alturas es muy pequeño al norte del río, y mucho mayor al sur del término municipal de Guardamar.

Esta mayor incidencia en la disminución de supervivencia afecta sobre todo a los árboles más altos de seis metros, y es mucho más elevada en los altos de la especie *P halepensis*, aunque también en los piñoneros. Coinciden pues dos datos, altura y mortalidad (no ocurre así con los más gruesos) y mucha mayor mortalidad al sur, donde la exposición a los levantes es mayor, que al norte donde el abrigo de la isla de Tabarca y el cabo de Santa Pola ejercen una mayor protección de los levantes.

Estas relaciones apuntan como favorable la idea de relacionar supervivencia y efectos del spray marino, que no solo es más intensa en sentido norte a sur, sino también depende de la distancia a la orilla del mar. Menos claro aparece el vínculo de la mortalidad de los adultos con posibles diferencias de disponibilidad hídrica.

CAPITULO SÈPTIMO: EL SPRAY MARINO

7.1 INTRODUCCIÓN

El roce del viento contra la superficie del mar produce movimiento del agua, que se traduce en corrientes marinas y olas cuya magnitud está relacionada con su velocidad, el tiempo durante el cual sopla, dimensión de la masa marina, longitud de la lámina de agua sobre la que actúa, y otros factores de carácter general y local, tanto accidentes costeros como del fondo marino. Pero al margen de la cantidad de spray que se forma parece incuestionable que la vaporización del agua marina proyectada sobre la zona litoral ejerce una clara influencia sobre el terreno próximo emergido, creando unas condiciones particulares, y que junto a otros elementos vinculados al origen marino, como las arenas, colabora en crear un sistema peculiar costero cuya amplitud puede determinarse.

La velocidad del viento a partir de la cual se forman olas que ya comienzan a producir espumas, se corresponde con lo que habitualmente en términos meteorológicos se denomina vientos de fuerza 3, que según la escala Beaufort se produce en el intervalo entre 12 y 19 km/h. Con esta velocidad del aire las hojas de los árboles se mueven y olas del agua se rompen, aparecen crestas rompientes, espuma de aspecto vítreo y vellones aislados de espuma. Es a partir de los 40 km/h, fuerza 6, cuando comienza la formación de olas grandes. Las crestas de espuma blanca se ven por doquier. Aumentan los rociones y la navegación es peligrosa para embarcaciones menores (Beaufort Francis, 1805).

Para realizar las medidas del depósito de spray se esperó a que hubiese días de fuerte temporal, y que en este caso llegaba a fuerza 8, entre 62 y 74 Km/hora medidos sobre la duna litoral con viento de Levante, que en esta costa sopla casi perpendicular (E ligeramente N a SO), y en sentido mar hacia tierra, y se corresponde con lo que la escala Beaufort atribuye a las olas altas con rompientes, y cuya espuma es arrastrada en nubes blancas.

Se hicieron dos tomas de muestras, la primera pasado el primer día del temporal y otra al final del temporal, en los mismos puntos, con mar bonancible,

olas un poco largas, y numerosos borreguillos, que corresponden al valor de escala 4 (Beaufort, 1805), y se relaciona a un rango entre 20 y 31 km/hora. Además de investigar la magnitud del depósito en las partes aéreas de las plantas mediante captadores se completó con la toma de muestras de las arenas en las mismas fechas además de otras en días de calma, puesto que los depósitos de cloruros en el suelo pueden también actuar como determinantes para la existencia o no de las distintas especies.

El momento elegido de temporal tenía como objetivo establecer comparaciones entre días de tempestad y calma, además de poner los datos en concordancia con la vigente Ley de Costas de 22/1988 de 28 de julio, que utiliza como referencia para incluir en el dominio público, entre otros:

“Son bienes de dominio público marítimo-terrestre estatal, en virtud de lo dispuesto en el artículo 132.2 de la Constitución:

1.-La ribera del mar y de las rías, que incluye:

a-La zona marítimo-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos” (Ley 22/1988, Art 3º).

Como consecuencia de la rotura de olas y la formación de espumas se produce una vaporización de agua marina en la atmósfera en forma de gotas diminutas, que en esta costa cuando soplan los vientos de levante se traslada tierra a dentro. Aunque la producción de chorros de gotitas de spray por explosión de burbujas de la superficie del mar está poco documentado, observaciones recientes a partir de ensayos han proporcionado nuevos datos para burbujas de tamaño intermedio, sus resultados permitirán cuantificar con mayor precisión, extrapolando los datos tanto para pequeñas como grandes burbujas” (Wu, Jin. 2002).

Como resultado de esta modificación de la composición física y química de la atmósfera marina (Lewis y Schwartz, 2004) por el aerosol de agua salada, y su posterior transporte por el viento hacia las dunas, produce una influencia directa

sobre la costa, que es mucho más elevada cuando sopla tierra adentro, y cuya concentración salina disminuye a la par que se aleja del mar. En el caso de la vegetación se traduce en un efecto directo sobre las plantas, a las que puede dañar gravemente, sobre todo en su cubierta aérea de hojas y ramitas (Raventós, 2001), y también afectar directamente a la distribución de las especies, por el alto grado de disponibilidad temporal y espacial de nutrientes que se depositan en el suelo (Shelly Cole & Mahall, 2002).

Estas características del spray que deteriora o impide el crecimiento de la vegetación no adaptada, o incluso condiciona la distribución de las plantas del litoral por el depósito de nutrientes, se han estudiado también como posibles indicadores, aunque se ha tenido también en cuenta que la ordenación de las psammófilas responde a otras causas además de las directamente vinculadas con los depósitos marinos o procedentes de las playas, o como a consideraciones topográficas. Otras circunstancias tales como disponibilidad de agua o la presión antrópica, están muy presentes en esta zona, donde además se han producido importantes reducciones de las superficies dunares y el pisoteo y depósitos de basuras y otros han modificado los ecosistemas dunares costeros.

7.1.1 Generalidades sobre el spray marino y estudios precedentes. Spray contaminado.

a.- Origen y formación del spray.

La formación del spray y su relación con la velocidad del viento se pone de manifiesto en trabajos como el de Andreas (2004), que cuantifica las velocidades del viento a las que el rozamiento con la superficie genera gotitas que se aceleran hasta velocidades locales de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, relacionando la capa blanca que se forma en la superficie del agua, con vientos muy fuertes, con el choque de estas gotitas en la superficie del agua, lo que influye directamente en la formación del spray marino. Para este autor la superficie del mar tiene un cambio en su comportamiento aerodinámico con vientos entre 30 y $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Autores como Mason (1957) miden tamaño y número de las partículas salinas, producidas por la explosión de las burbujas de aire en agua marina. Las burbujas con diámetros entre $\frac{1}{2}$ y 2 mm, producen cada una alrededor de 300



Temporal de marzo de 2002, con gran cantidad de aerosol, frente al transecto nº 1, Vivero.

núcleos cuyo tamaño, medido con microscopio electrónico oscila entre 0,1 y 0,5 μ de diámetro. Para este autor estas partículas están formadas principalmente por cloruro sódico, y los más pequeños contienen solo 10^{-15} g de sal, llegando a

cuantificar el número de estos núcleos en función de las velocidades del viento, lo que tendrá una lógica relación con la intensidad del depósito litoral. Calcula que la concentración total de núcleos de sal en los océanos, en vientos de hasta 15 $m \cdot sg^{-1}$, probablemente no excede de 100 por cm^{-3} . Y en relación con la cantidad de producción de estas partículas de aerosol en la superficie marina, apreció que la cantidad de núcleos de sal producidos en la superficie marina se estima en unos $1000 / cm^2 \cdot sg^{-1}$.

Otros trabajos han relacionado la formación de espumas y la proyección de gotitas de spray con la rotura de las crestas de las olas, y encontrado que el mecanismo está basado en el efecto directo de las gotas marinas (como partículas pesadas) en el mezclado turbulento. Se propone como mecanismo que las gotas de espuma (resultado de la ruptura mecánica de la cresta de la ola) son proyectadas horizontalmente a la altura de ruptura de la cresta y se dispersan dentro de la corriente de aire, afectando de forma significativa la superficie de rozamiento (Kudryavtsev, 2006). En una línea similar analiza Zhao Dongliang el papel del spray en la generación de las gotas de espuma. Considera este autor que con el aumento de la velocidad del viento se incrementa la formación de

espumas en la superficie marina, y que a partir de 8 a 10 m/seg, hasta 41 m/seg el incremento en la formación de espuma es proporcional, aunque estima que no ocurre así a partir de esta velocidad (Dongliang, et al 2006)

La existencia de iones marinos en la precipitación a mucha distancia del mar, es considerado como un elemento más en el estudio global de los componentes atmosféricos. Autores como Dore & Choularton (2001) determinaron la concentración iónica, en función de la dirección del viento, mediante tomas semanales de precipitaciones de nubes de montaña a lo largo de seis años, de 1994 a 1999, midiendo además las condiciones meteorológicas, en Holme Moss, en el centro de Inglaterra, y observaron que los iones de origen antropogénico, sulfato, nitro, amonio, H⁺, tienen una mayor concentración con vientos del este, mientras los iones de origen marinos (Na, Cl, Ca Mg K) no se mostraron significativamente dependientes de la dirección del viento.

b.- Efectos del spray sobre la vegetación.

Según Malloch (1997) no se reconoció ampliamente la influencia del spray marino en la vegetación costera, hasta que Wells y Shunk, en 1938 sostuvieron que el daño al lado de barlovento de los arbustos y árboles en la costa no era causado por el viento, sino por la sal que este transportaba. Recientemente los trabajos de Reventós et al (2001), han permitido cuantificar el grado de afección en las copas y en la formación de anillos de crecimiento en dos especies de pino en las dunas de la bahía del Segura, al sur de Alicante.

A este efecto agresivo sobre las acículas y tallos jóvenes de los pinos podría sumarse en algunos casos el producido por depósito de contaminantes que los distintos efluentes aportan al mar, sobre todo detergentes. En este sentido se pronuncia Escarré cuando afirma que el daño a pinos parece deberse a un nuevo problema, consistente en la contaminación del aerosol marino con surfactantes, principalmente aniónicos, provenientes del vertido de aguas residuales de origen doméstico al mar (Escarré et al 2001), aunque en la bahía del Segura las aguas que llegan al mar han sufrido un importante mejora en su calidad, en estos últimos años por el tratamiento de las aguas residuales, además de que la realidad del río Segura es que apenas si llega agua al mar en los

últimos años, excepción hecha de momentos puntuales debidos a episodios de lluvias. No obstante los daños que se aprecian en las copas o han producido la muerte de los pinos, son el resultado del efecto prolongado durante muchos años, y es probable que entre la década de los 80 y 90 cuando el río y azarbes tenía niveles de contaminación elevados si se pudo acentuar ese efecto.

De otra parte los trabajos de Malloch (1983), sobre las tasas de deposición de sal marina procedente del spray, en relación con la distancia al mar tratan de demostrar la vinculación entre la vegetación existente y el medio marino, tanto por su tolerancia a la sal depositada en el suelo, como por los efectos sobre las partes aéreas de las plantas. De hecho, casi todos los trabajos primeros que se hicieron midiendo en depósito de sal en las comunidades costeras están relacionados con los efectos negativos del spray salino en la composición y distribución de las comunidades de plantas costeras, y como ejemplos cita Vander Valk los de Oosting y Billings en 1942, Boyce en 1954 y Au en 1969.

Aunque en los trabajos consultados (Ranwell 1975, Malloch 1983, Isikawa 1995, Kumler 1963,.) donde se relacionan la aspersion marina, agua marina, arena, fragmentos de algas, invertebrados y otros seres vivos acuáticos con la vegetación dunar, ya sea por el aporte de nutrientes ya por los efectos negativos del rocío salino, no tienen como finalidad ni método el uso indicador de estos elementos, en ellos sí se desprende que existe una vinculación directa y variable entre la franja litoral terrestre y el medio marino, y que esta relación, al principio es muy íntima, para irse debilitando progresivamente tierra adentro.

Autores como Ranwell (1975), estudia la relación del spray marino con la concentración de nutrientes minerales en las dunas, tanto por los efectos osmóticos sobre la parte aérea de la vegetación como la disponibilidad de nutrientes o la tolerancia a la sal, o Van der Valk (1973) que relaciona el depósito de sal con la proximidad al mar y la topografía, lo hacen midiendo la concentración de iones. Este último utiliza los datos de cuatro cationes (Ca, Na, K y Mg) depositados en la parte frontal, superior y posterior de la duna litoral, tanto acumulados en la superficie como a 20, 40 y 60 cm de profundidad.

En relación con diferentes especies de psammófilas, Isikawa et al (1995), sugieren que el orden tolerancia a la sal es uno de los factores que determinan la distribución zonal. Kumler (1963) estudia la relación de 16 especies de plantas de duna costera con las concentraciones de sal en el suelo. Numerosos investigadores como Avis y Lubke (1985), Cartica y Quin (1980) o Schat y Scholten (1986) estudian la relación entre las concentraciones de sal en el suelo y la densidad o crecimiento de poblaciones de plantas de dunas costeras.

Otras investigaciones han estudiado el efecto sobre plantas halófilas que se desarrollan en lugares donde las plantas reciben una deposición continua del viento salino, y han observado como consecuencias que las células responden haciéndose mayores (hipertrofia de las hojas), pudiendo llegar a duplicarse o triplicarse el tamaño de estas hojas en *Kakile* y *Salsola* (Shelly Cole et al, 2002). Otras investigaciones relacionadas con las causas de distribución espacial en suelos, ilustran el alto grado de variabilidad temporal y espacial de nutrientes, y sugieren que a pequeña escala de diferencias son decisivos en los procesos de las plantas (Jackson et al 1993, y Stark 1994).

Aspectos como el papel del spray marino en la distribución de las plantas costeras y la variación del depósito de cloruros con la distancia al mar, incluso dentro de la propia especie, ha sido estudiado por Gregory et al (2002), del departamento de Biología, de la Universidad de la Ciudad de Nueva York, en trabajos realizados en la Isla de Staten (Nueva Cork), con *Triplasis purpúrea* (poácea anual). Estos autores han encontrado una pronunciada diferencia genotípica entre los grupos familiares presentes y han propuesto que la resistencia al rocío de sal proporciona una oportunidad para la estructuración genética en subpoblaciones, que se sitúan a distancias diferentes del mar, en función de los depósitos salinos decrecientes. Para ello trataron grupos de plantas con spray salino, produciendo depósitos de 213 mg/cm² mediante dos tratamientos semanales de spray sobre la planta (para evitar elevar la salinidad del suelo se cubrió durante los tratamientos), y otra mitad con spray de agua destilada.

El tratamiento salino mostró una variación genética, que se manifestaba en las variaciones del fenotipo como respuesta al rocío de sal. Aunque por otra parte encuentran que los rocíos de sal no pueden ser agente significativo de selección natural a pesar de que aparece una pronunciada diferencia genotípica entre los grupos familiares y la oportunidad para la selección genética dentro de estas subpoblaciones. Estos datos podían ya preverse a partir de los datos observados en el campo, que mostraron que exhiben variaciones en la tolerancia del rocío de sal, y presentan variaciones intrapoblacionales debido particularmente a la fertilización y su incidencia en la maduración de las semillas, sobre *Triplass purpurea*. En relación con la distancia creciente de 30 a 90 m de la línea de la costa de Isla de Staten, la planta más cercana a la costa (30–40 m) muestra el mayor crecimiento y reproducción en relación con el pariente más lejano de la orilla (80–90 m) (Cheplick & Demetri, 2000).

7.1.2 Posible interés del spray para la delimitación de la ribera de mar.

La existencia de agua salada permanente, con una composición bastante regular a lo largo de todos los mares y océanos, es la característica más relevante de los ecosistemas marinos, aunque otros asociados como los marjales, esteros o malladas litorales, de ámbito continental, están claramente asociados con el medio marítimo. Por esto parece también razonable utilizar como referencia la vinculación más significativa al sistema marino mediante el grado de influencia del agua salada de origen litoral.

En este sentido, y en el ámbito continental próximo a la línea de costa, el depósito de agua y sales, parece constituir un indicador de primer orden. El origen marino y la formación del spray que se incorpora a la atmósfera ha sido estudiado por numerosos autores, como Reinke y Vobencke (2001), que relacionan la superficie de micropartículas de aerosol y su volumen con el grosor y la superficie de película que forma la burbuja, y deducen que una fracción de esas partículas es producida por las gotas generadas por la explosión de las burbujas en la superficie del océano. Las gotitas resultantes de la fragmentación de la película que forma las pompas, y la desintegración del aerosol proyectado, como

consecuencia del colapso de las burbujas, determinarán el volumen y superficie total de película generada en las gotas de aerosol.

También el contenido de materia orgánica en la atmósfera, procedente del mar, y que por tanto se transporta tierra adentro, es un aspecto que en algunas circunstancias podría tenerse en cuenta, puesto que supone un aporte adicional en los suelos arenosos de la duna, y afecta a la distribución de las plantas, y que podría ser tenido en cuenta como indicador. Autores como Jaenicke (1978), han estudiado la cantidad de sustancia orgánica que se recoge en la atmósfera y en el aerosol, así como la conversión de compuestos orgánicos gaseosos en particulados, y llegado a la conclusión de que la producción de partículas orgánicas (tanto por inyección directa como por conversión de gas a partículas) es del mismo orden y magnitud en la producción de aerosoles derivados del suelo, sal marina y sulfatos.

Relacionados con la disponibilidad de agua y el daño en las copas de los pinos, como consecuencia del depósito de sales transportadas por el spray, Raventós et al (2001), en el departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, encontraron una correlación inversa entre el grosor de los anillos de crecimiento y las precipitaciones en septiembre y junio, así como entre el grosor del anillo y el daño en las copas. Además mostraban una falta de anillos mayor en la década de los 90, y mayor todavía en los pinos que tenían un daño severo.

Menos evidente parece la relación de este menor crecimiento de los anillos con la disponibilidad de nutrientes en el suelo, que pueden no incorporarse al crecimiento de los pinos más a causa de la falta de agua y también de hojas, que ocasionan una disminución de la actividad fisiológica, y que pueden enmascarar una causa que es atribuible a la propia planta o déficit hídrico, antes que a la limitación de nutrientes.

7.2 OBJETIVOS DEL APARTADO.

Se pretende en esta sección conocer la variación de las concentraciones de sal depositadas, en función de la distancia al mar y su posible utilidad como indicador, así como sus efectos negativos más evidentes sobre la copa de los

pinos, todo ello para determinar el nivel de vinculación de la biocenosis litoral, y especialmente de las comunidades vegetales del cordón dunar, con el medio marino.

Puesto que esta tesis pretende encontrar parámetros que puedan ser útiles para definir la banda costera, y situar los límites hasta los que se extiende la influencia intensa de las condiciones litorales, y fundamentalmente del principal componente, el agua marina y el Cl Na que transporta y le da su más clara identidad, uno de los objetivos debe ser la determinación directa de los depósitos de sal con la distancia al mar. A la vez pareció conveniente conocer esta influencia a través de los efectos que esta causa en la biocenosis y por tanto su relevancia en la creación del biotopo y la comunidad que allí se desarrolle.

La investigación del valor indicador de los depósitos salinos y de ellos los cloruros depositados en las partes aéreas y suelo tiene su fundamento en la objetividad y sencillez. Para simplificar el número de análisis se parte de la consideración de que el resto de los componentes que acompañan al agua del mar se depositan en proporciones similares a las que inicialmente se encuentran en el medio marino, y en todo caso que las especies iónicas más abundantes y características del agua marina son los cloruros y parece suficiente averiguar la secuencia de valores de sus depósitos, con la distancia al mar, sin necesidad de examinar el depósito de cada uno de los componentes.

El uso de la concentración de sal procedente del spray marino como indicador, tiene la ventaja de que es fácil de medir, tanto en aire como su depósito en el suelo, además de que los mismos métodos pueden ser útiles para diferentes costas, independiente de otros factores. Y esto puede ser así porque aunque para cada tramo de costa la velocidad del viento que roza sobre la superficie del agua determinará en gran parte la producción de spray, al margen del clima, geografía u otra circunstancia local, el criterio sobre cantidades, porcentajes o efectos, que serán variables con la distancia, si puede utilizarse como norma general, y concretarse en cada tramo litoral. La progresión en el depósito salino y en su concentración aérea, y los efectos sobre la vegetación que de ello se derivan, si parecen adaptarse bien a los criterios de objetividad que se pretenden.

7.2.1 Cuantificar el alcance del spray marino en situaciones de contraste, con altas y bajas velocidades del viento.

Los trabajos relacionados con el aporte de nutrientes a la zona litoral pueden agruparse en tres grandes grupos. Bien que estudian la contribución de iones procedentes de agua marina en suelos húmedos o encharcados, tipo malladas o lagunas litorales, o bien a partir de los nutrientes que transporta el spray salino. Un tercero corresponde a los que parten de la materia orgánica particulada, procedente de algas u otros organismos.

Estudios realizados por Olf (1993) y otros investigadores han encontrado que las diferencias en salinidad en suelos encharcados o con diferentes contenidos de humedad eran determinantes en el tipo de especies existentes a lo largo del gradiente topográfico. Después de la construcción de diques de arena, en las costas Holandesas, se estudiaron los cambios de vegetación durante 18 años, por medio de transectos permanentes siguiendo el gradiente topográfico desde la zona llana y húmeda hasta las dunas secas. Se puso en marcha una experiencia de fertilización en la zona intermedia de la sucesión llano- duna, con el objetivo de determinar que recursos del suelo limitan la productividad. (Huisman & Van Tooren, 1993).

En este trabajo se han muestreado suelos en el mismo lugar que se ubicaron los captadores de spray salino, coincidiendo con los tiempos de exposición y con los momentos se han retirado los filtros, y luego analizado las muestras y los cloruros presentes, considerando que también en este caso puede considerarse que el porcentaje del resto de componentes salinos depositados guardan la proporción que tienen en el mar, y en todo caso que son estos iones los que tienen mayor incidencia en la modificación del ambiente físico, además de la facilidad en su determinación. Cuestión práctica ha sido la imposibilidad de contar con un equipo de trabajo que permita la presencia física durante horas en cada transecto para evitar el vandalismo, en estas playas concurridas a lo largo de todo el año. También a mayor longitud del transecto mayor problema, y a mayor longitud del soporte más visibilidad del captador y más posibilidad de alteración.

7.2.2 Caracterizar la influencia del spray marino sobre las plantaciones de pinos realizadas en el cordón dunar.

Como resultado de esta modificación de la composición física y química de la atmósfera marina (Lewis y Schwartz, 2004) por el aerosol de agua salada, y su posterior transporte por el viento hacia las dunas, produce una influencia directa



P. pinea secos afectados por spray y, en segundo plano, también por Escolítidos. Guardamar 2003.

sobre la costa, que es mucho más elevada cuando sopla tierra a dentro, y cuya concentración salina disminuye a la par que se aleja del mar. En el caso de la vegetación se traduce en un efecto directo sobre las plantas, a las que puede dañar gravemente, sobre todo en su cubierta aérea de hojas y ramitas (Raventós, 2001), y también

afectar directamente a la distribución de las especies, por el alto grado de disponibilidad temporal y espacial de nutrientes que se depositan el suelo (Shelly Cole & Mahall, 2002).

El depósito de sales transportadas por el spray marino muestra su gradación con la distancia al mar sobre los árboles, por los efectos directos sobre sus copas, y que tras grandes temporales y vientos fuertes y persistentes a lo largo de varios días, puede hacerse evidente incluso a varios kilómetros de distancia de la costa. Pero también es fácil de determinar este depósito usando técnicas poco sofisticadas, que pueden ser más simples todavía en ausencia de

lluvias. Más adelante se describen con detalle las técnicas utilizadas para la toma de muestras, que en síntesis son superficies expuestas al viento y sobre las que se deposita el rocío de sal. Son métodos similares en su concepto a los utilizados por Valk (1974), aunque este investigador se interesa sobre todo por los depósitos salinos en las partes frontales superior y posterior de la duna litoral.

Otros autores, como Hesp (1991), estudian el estrés y la adaptación de las plantas costeras a distancias variables de la costa, y encuentra que los depósitos de spray salino y su intensidad están relacionados con la distancia tierra a dentro de la playa, además de la velocidad del viento, altura de la planta sobre el suelo y pendiente de la playa. Puesto que uno de los objetivos es averiguar la evolución del depósito de sales en la partes aéreas de las plantas con la distancia al mar, para ello se realizó una medición los depósitos en lugares sucesivamente alejados de la costa, a una altura constante del suelo y en líneas perpendiculares al agua, situadas en dunas de topografía dunar y comunidades vegetales diferentes, y en condiciones del estado del mar desiguales, temporal y calma.

El capítulo 6 dedicado al estudio de la flora y la repoblación dunar en la bahía del río Segura se han obtenido datos significativos en relación con la disminución del número de árboles como consecuencia de su mortandad, y su relación con el tamaño y edad. Aunque, a partir de los datos obtenidos, no es posible conocer el grado de participación que han jugado los diferentes componentes que tienen un papel más destacado en esta mortalidad, probablemente el efecto del spray sobre las copas, la falta de agua, y en muchos casos su edad, han sido los más importantes, y a ellos se ha unido en algunas ocasiones la acción de las plagas (sobre todo *Blastofagus destruens*), que actuaron de forma sinérgica sobre árboles debilitados por una o varias de estas causas.

Teniendo en cuenta que la población de *P. pinea* es más numerosa que la de *P. halepensis*, es llamativo el hecho de que para el primero la reducción sea de un 2,54 %, mientras para pino carrasco es del 38,51 %, con una media global de reducción del 13,93 % de los árboles que había en 1988, lo que supone la muerte de 48.774 pinos. Estos datos están en el orden de magnitud de los que deducen

los técnicos forestales de la Consellería de Medio Ambiente, que en comentarios personales han expresado que como consecuencia del incremento de la plaga de escolítidos ha tenido como desenlace la eliminación por parte de la Consellería de entre 35.000 y 39.000 pinos en la década de los noventa. Estos valores se aproximan a los obtenidos en nuestros trabajos de campo, teniendo en cuenta que los datos que aquí se manejan se refieren a 2003, al menos 13 años después.

En relación con las alturas, la consecuencia es la disminución en las dos especies de los árboles mayores de 6 m de altura, en el caso de *P. pinea* pasa de representar el 14,3 % a solo el 5,5 % de esta especie. Mucho más acusado es el descenso de *P. halepensis* que de un 31,8 % pasa a representar solo el 6,8 % de los totales. Como consecuencia de ello se produce una disminución en la media de las alturas, y por el contrario los perímetros mayores se incrementan para ambas especies, aunque solo un 5 % en los 15 años. Esto parece indicar una mayor sensibilidad de los pinos más altos a la plaga, y mayor todavía la de los carrascos que los pinos piñoneros, sin embargo la menor morbilidad de los gruesos parece indicar que de los adultos son más vulnerables los altos, cuestión esta que puede tener relación con mayor exposición al spray y también con el esfuerzo energético del árbol para bombear agua a mayor altura en situaciones de estrés hídrico.

Por esto también pareció de interés valorar en la zona repoblada la consecuencia directa y visible de ese acopio de sal en el dosel de los pinos, puesto que produce el deterioro y la muerte de hojas y ramitas jóvenes, sobre todo en el lado más expuesto a los vientos marinos, y es variable con la intensidad del depósito. Este efecto manifiesto resulta fácil de evaluar, aunque el deterioro producido por los depósitos salinos a una misma distancia puede modificarse por su posición en las dunas. Este deterioro integra a su vez el efecto derivado de los depósitos salinos a lo largo del tiempo.

Finalmente, y como ya se ha dicho, en este trabajo se han muestreado suelos en el mismo lugar que se ubicaron los captadores de spray salino, coincidiendo con los tiempos de exposición y con los momentos se han retirado

los filtros, y luego analizado las muestras y los cloruros presentes. Se ha considerado también en este caso que el porcentaje del resto de componentes salinos depositados guardan la proporción que tienen en el mar, además de que son estos iones los que tienen mayor incidencia en la modificación del ambiente físico, todo ello añadido a la facilidad en la determinación de su concentración por técnicas sencillas y poco costosas.

Algunas de las partículas transportadas por el spray que también podrían haberse analizado son la materia orgánica, fosfatos, y otros iones. Aunque de otra parte, las analíticas completas para conocer las especies iónicas que puedan ser limitantes como nutrientes, y pudieran afectar a la distribución temporal y espacial, requieren un grado de análisis local y temporal tan detallado que no parece adecuado para el objetivo más general que se persigue. Ello no obsta para que pudiese ser utilizado en casos locales concretos de discrepancia o duda. Estos depósitos iónicos que afectaran a la disponibilidad de nutrientes, pero también a su conductividad, probablemente determinen en buena parte la distribución de las especies litorales más expuestas a los vientos marinos, y condicionen la composición y disposición de las asociaciones vegetales en las dunas.

7.3 MATERIAL Y METODOS

La importancia del spray marino, como componente atmosférico ha sido estudiada desde muy diversos puntos de vista, puesto que las moléculas salinas pueden analizarse desde aspectos tan diferentes como los efectos meteorológicos derivados de su papel como núcleos de condensación, hasta aspectos como su acción corrosiva, o como en el caso que nos ocupa el deterioro de las copas de los árboles. Los métodos de estudio y su complejidad, lógicamente también están relacionados con los objetivos que se persiguen.

Así, para el estudio de la microfísica del aerosol en el pacífico central, y ciclo del aerosol en la troposfera, Clark et al (2001) trabajaron con datos de campo recogidos a lo largo de una década, y que incluyen los tomados por aeronaves, con el apoyo de la NASA y otros organismos. Se aportaron datos sobre tamaño de las partículas de aerosol, propiedades ópticas, químicas, etc, así

como su distribución vertical y horizontal. Otros autores han utilizado la modificación de las características ópticas de la atmósfera como consecuencia del contenido de las partículas de aerosol marino para determinar su abundancia. Utilizando para ello rayos infrarrojos encontraron que el incremento de la velocidad del viento y la consecuente producción de spray salino influye fuertemente en las características ópticas del aerosol (profundidad) en las ondas infrarrojas, a 120 nm (Lovett, 1978).

Además de las muestras de spray recogidas sobre filtros, los mismos días se tomaron 15 muestras de arena, en los mismos lugares donde están situados los captadores, utilizando un frasco de plástico estéril, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos en las concentraciones de Cl^- en cada muestra de arena y en los filtros. El día 30 el viento es de lebeche, y mucho menos fuerte, aunque todavía las olas son muy grandes, pero la mar se empieza a calmar. Corresponden a olas del largo, que en ocasiones llegan a los mismos sitios (apenas 4 o 5 metros más atrás) que en los días de mayor oleaje. Un día después el temporal ha remitido casi en su totalidad.

La distribución de la vegetación de las dunas, probablemente resulta influida también por los depósitos de sal realizados por los vientos marinos, y también presente relaciones con la orografía, como se verá en el capítulo 8. Para ello se han efectuado además levantamientos topográficos coincidiendo con algunos recorridos, donde a su vez se realizan los transectos para el estudio de las plantas mediante la técnica de ausencia- presencia de 18 especies psammófilas. Para comparar el efecto del spray sobre los pinos la situación de cada cuadrícula resulta necesaria, porque para la misma distancia al mar no será igual una ubicación de los árboles a barlovento que a sotavento de la duna, ni tampoco estar protegido por una masa arbórea desarrollada, o bien solitarios.

Para el estudio de ciclos minerales en comunidades vegetales costeras de las dunas litorales Van der Valk, (1974), utilizó un tipo de captadores consistentes en marcos rectangulares de 42X66 de dimensiones internas en los que había colocado cintas de vinilo de 3 cm de ancho, y situados dentro de marcos más grandes. Los colocaba de manera permanente en la parte frontal, superior y

posterior de la duna litoral. Otro tipo de captadores que utilizó fueron botellas enterradas con embudos para medir la lluvia, que situada inmediatamente detrás de la primera duna. Además utilizó muestras de suelo y plantas.

En este trabajo se han utilizado captadores verticales, que eran papeles de filtro circulares sujetos a soportes de plástico clavados mediante varillas en la arena, y separadas entre sí cinco metros, dispuestos en líneas perpendiculares al mar. También se tomaron muestras superficiales de suelo dunar en los mismos puntos, para conocer tanto la concentración de sal que pudiera depositarse en la superficie de las plantas como la encontrada en el suelo, en el mismo lugar, y que afectan los iones que pueda tomar la planta a través de la raíz.

Para valorar los años en copas se trazaron una serie de recorridos utilizando cuadrículas de 10X10 m, en las que se evaluó el daño en las copas de las dos especies de pino existentes, *P. pinea* y *P. halepensis*, agrupando en categorías los pinos según la intensidad de los daños, de manera que se crean cinco tipos: sin daños, con daños leves (menos del 25 %), moderado (entre 25 y 50 %), grave (mayor del 50 %) y un quinto que engloba los árboles secos.

7.3.1 Transectos de captadores y muestreo de arenas.

Muestras en captadores.

El interés de utilizar el depósito de spray aéreo como indicador radica, al menos en dos cuestiones:

- Puede relacionarse el incremento de los daños en copas de los árboles al depósito de sal acumulado en las partes aéreas, con lo cual pueden encadenarse ambos datos.
- La facilidad con que se pueden utilizar una serie de captadores, que colocados en línea a distancias progresivas de la costa, proporcionen información sobre la secuencia de depósito salino.

El hecho de que coincidiera un temporal de levante muy intenso con ausencia de lluvias simplificó el sistema de captación, porque permitió usar elementos que no necesitaban protección contra lavado por lluvia, y a la vez se

podía independizar la sal que cae en el suelo de la que se deposita por choque del viento contra las partes aéreas. En lugares con precipitaciones frecuentes no sería posible separar ambos depósitos, y probablemente obligaría a utilizar otros sistemas más farragosos, o simplemente muestrear el agua de lluvia caída a diferentes distancias de la costa.

De entre los diferentes sistemas posibles que se han utilizado por otros autores, tales como los marcos con cintas, de Van Der Val, o las trampas - botella con sistemas de embudo en el suelo, del mismo autor, más utilizados para el agua de lluvia, o bien otras técnicas como superficies de vidrio fáciles de lavar, se ha preferido utilizar superficies rugosas y a las que pudieran adherirse las sales, y no resbalar hasta el suelo con la humedad.



Captadores de papel de filtrado utilizados en las tomas de muestras del spray marino.

Para ello se ha recurrido a papeles de filtro circulares, tipo Albet 145, con poro entre 7 y 11 μm de ϕ , cuya rugosidad les hace capaces de retener adheridas fácilmente las sales, además de permitir un manejo sencillo en el campo y laboratorio. El diámetro del filtro captador es de 12,5 cm, dispuesto

perpendicularmente a la dirección del viento marino (E-O), y sujeto a un soporte de plástico, mediante dos clips. Este soporte de plástico tiene un vástago de 40 cm de longitud, por el que se clava al suelo 20 cm, quedando separado el filtro del suelo 20 cm.

La superficie de recogida del captador de spray es de 122,71 cm^2 , y el tiempo de exposición de 5 h. Se colocaron en tres puntos de la costa, al sur de la ciudad de Alicante en función de situaciones diferentes, el situado más al norte,

en la playa del Saladar (punto 3), con el campo de dunas sin repoblar y duna litoral sin modificar por los trabajos de repoblación forestal. Dos puntos al sur de la desembocadura del Segura, uno 500 m al sur (punto 2) en duna litoral muy alterada por la destrucción de la vegetación que la fijaba, con cota por debajo de 3,5 m y escasos ejemplares de psammófilas. La tercera línea de captadores 500 m más al sur de este lugar (punto 1), donde la duna litoral todavía estaba conservada (unos 6 a 7 m de altura) y con bastantes manchas de vegetación psammofítica que sujetaba las arenas, manteniéndose de manera similar a como se fijó a principios del siglo XX en la repoblación forestal, para proteger los árboles repoblados de los vientos marinos.



Vista desde el depósito de sedimentos extraídos del puerto. Playa al sur del río Segura. Plano central con duna destruida. Correspondiente al punto 2. Unos centenares de metros más al sur, al fondo transecto 1, con la duna litoral mejor conservada.

Para comparar los resultados, tanto en lo que se refiere a las cantidades recogidas como por la evolución de los depósitos con la distancia al mar, se tomaron dos series de muestras. Una el día 28 de marzo del año 2002, a las 24 h de comenzar el temporal muy fuerte de levante, y el día 30,

tres días después de las muestras anteriores, cuando ya el viento había amainado, y el temporal quedaba reducido a trenes de olas de cierto tamaño, pero espaciadas.

De la intensidad del viento da idea el hecho de que en el frente de casas situadas en línea con la duna litoral, más al sur del punto "1", el primer día del temporal alcanzan las olas hasta la c/ I. Codorníu, situada en la parte trasera de las viviendas. Esta tempestad, con fuertes vientos de levante duró solo cuatro días, de 27-3-02 hasta el 31-3-02.

Toma de muestras de arena.

En este proceso se analizaron muestras de cinco grupos diferentes, las primeras en la zona del Altet, en la playa del Saladar, coincidiendo con los días y situación de los captadores de spray, con el objeto de comparar concentraciones y distancias. Un segundo grupo de muestras se tomaron en dos días y dos lugares diferentes, ambos en momentos de ausencia de temporales, unas en julio y otras en agosto, las primeras coincidiendo con el transecto 1 y las segundas con el 3. El cuarto grupo de muestras se tomaron con el objeto de obtener una base comparativa, en el sentido de conocer de manera aproximada las concentraciones máximas que podrían encontrarse en este tipo de sustrato, para lo cual se tomaron muestras en arenas de la orilla del mar, además de realizar analíticas del agua de cinco pozos construidos en las dunas, para conocer su concentración salina, y por tanto la del agua freática.

Un quinto grupo de muestras lo constituyen los tomados en un corte profundo de duna situado a más de setecientos metros de distancia de la orilla del mar, tierra adentro, con el propósito de conocer el contenido de cloruros en las raíces y zonas aledañas, por las dificultades añadidas que podría suponer para la vida de los pinos una posible acumulación elevada en los suelos. También se tomaron arenas de partes más profundas del sustrato dunar.

a.- Muestras de suelo en el punto 3, playa del Saladar (el Altet, Elche), 100 m al norte de las últimas casas, el 28-3-02, en pleno temporal y posteriormente, el día 30-3-02.

La muestra se toma llenando la mitad del envase, y procurando que la superficie sea de arena sea similar a la del frasco, de unos 7 cm diámetro y 2 cm de profundidad, en dos días diferentes. Las correspondientes a los puntos 1 y 2 de la línea de muestreo son de arena seca pero a la que antes llegaban las olas, y el 3 estaba superficialmente mojado, el día 30. La primera muestra se tomó justo donde acaba la superficie mojada por las olas continuando luego cada 5 m, y a partir de los cuarenta cada 10. La 15 está separada de la muestra 14 una distancia de 25 metros.

b.- Muestras de arena tomadas en situación de ausencia de temporales importantes desde hace meses, el día 26/7/02, y con episodios previos poco importantes de pequeños levantes y lebeches.

Tomadas al final de las casas de primera línea en Guardamar, al norte, en el punto 1 de los captadores situado 1.000 m al sur del Segura, que se prolonga alejándose del mar por las dunas repobladas. Se pretendía conocer las acumulaciones de Cloruros en situaciones de normalidad depositados sobre la duna, en recorrido coincidente con los captadores de spray, del día 28 y 30 de marzo de 2002, aunque se incrementó el número de muestras hasta 21, manteniendo la distancia primero a cinco metros, hasta los 40, luego diez hasta los 90 (muestra 14), y a partir de aquí cada 25, hasta los 265 m, de modo que parte de las muestras se sitúan debajo de pinos o de la hojarasca.

c.- Concentración de cloruros depositados sobre la arena por el spray marino en el punto 3, dunas sin repoblación forestal en playa del Saladar (el Altet, Elche), el día 4/8/02.

Se consideró conveniente realizar un recorrido de mayor longitud que el de marzo de 2002, y se tomaron un total de 20 muestras a lo largo de 240 m, en la situación más habitual, que corresponde a la ausencia de temporales de importancia, de hecho desde marzo no se registraron temporales.

d.- Muestras de arena de la orilla del mar.

Se trataba de conocer cual es la capacidad máxima de retención de cloruros, de estas arenas, y también cual es la máxima capacidad de retención de agua en las arenas de la orilla, cuando los poros se saturan (muestras 2.1, 3.1 inf y 3.1 sup).

Para ello se toman dos muestras de arena mojada, la primera del fondo de un hoyo donde el nivel freático está a -50 cm, a unos 5 m del borde de las olas. Al llenar el bote hay agua sobrenadante que se elimina. La segunda, de la misma manera, pero a 10 m del borde exterior que mojan las olas en este día. El nivel freático está a -75 cm. Una tercera muestra se tomó de este segundo hoyo, en la

arena húmeda, pero no mojada, a -10 cm de la superficie. Se trata de saber si la cantidad de cloruros varía en situaciones aparentemente tan similares, aunque la granulometría de este punto suele ser mayor que para situaciones más alejadas del mar y el contenido de finos prácticamente inexistente.

e.- Corte de duna en La Fonteta,

En este lugar se obtuvieron dos tipos de muestras, con la pretensión de completar el conocimiento de la distribución de las sales en el interior de la duna y en relación con las raíces, que deben ser el “sumidero” por donde sale buena parte del agua dunar:



Corte de duna en La Fonteta. Las raíces han quedado descubiertas al retirar las arenas y se observa un “estrato radical” muy denso.

-Muestras de arena a diferentes profundidades y ubicaciones en relación con la superficie del arenal.

-Raíces pequeñas y muy pequeñas de los pinos.

Las raíces están situadas en una capa de pocos centímetros de espesor, por encima de -40 cm, y forman una alfombra tan tupida que a simple vista dan la impresión de ocupar totalmente ese plano, con huecos que deben ser muy

pequeños. Están seccionadas de las que sobresalen en el corte de la duna, se han pesado después de secar en la estufa varios días y suman 35,082 grs. Una vez fragmentadas en trozos pequeños se introducen en un vaso de precipitados con 200 ml de agua destilada, para que las cubra totalmente, y se deja macerar durante una hora, agitando de vez en cuando para disolver bien los cloruros.

7.3.2 Localización de los transectos y medidas de la velocidad de viento.

Los puntos de muestreo elegidos tienen el interés añadido de que corresponden a tramos dunares que ya tienen los deslindes aprobados, según los criterios de la Ley de Costas de 1985, y el punto “3” situado en la playa de Arenales-el Saladar, en el Altet, añade la circunstancia de que la línea de deslinde aprobada ha sido objeto de controversia jurídica, de modo que ha terminado resolviendo el Tribunal Supremo, lo que permite además valorar las aportaciones que se realicen en relación con las consideraciones de las propias sentencias.

Como consecuencia de la dificultad de tomar muestras simultáneamente en varios puntos de la costa, separados entre sí varios kilómetros, y con los

Toma de muestras con los captadores de spray. Fuerte temporal: 28.3.02. Datos de campo tomados en el momento de la toma de muestras. Dirección del viento E, 30°N.			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Ubicación, GPS	N 38° 05.98' / W 000° 38' 637'	N 38° 06' 19'' W 0° 38' 37''	N 38° 15' 51'' W 0° 31' 44''
Lugar	Frente aparcamiento/vivero	Vivero viejo / aparcamiento playa	Playa del Altet (Elche)
Horarios: 5 horas de exposición.	Desde 12h 30' hasta 17h 30	Desde las 13 a las 18h	Desde 14 h a 19h
Velocidad del viento medida sobre duna litoral	V= 62 km/h, a las 17h. Rachas de 75 km/h	V= 66 km/h	Entre 52 y 53 km/h,
Temperatura	Variable entre 14-16 °C.	Varía entre 15 y 16 °C	Varía entre 14 y 15° °C

Tabla 7.1. Observaciones: La velocidad del viento es la media de seis valores tomados cada 5 minutos. Los captadores se emplazan en línea perpendicular a la costa. Son 15 y se sitúan a distancias de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95 y 125 m, del borde exterior de las olas.

captadores que deberían permanecer varias horas, expuestos al viento marino y a los caminantes, y con series de puntos que además tenían que ser numerosas, se decidió que la longitud de la línea de captadores debía incluir el cruce con la de deslinde, y sobrepasarla claramente pero no ir mucho más allá.

Puesto que el objetivo de este trabajo no era el análisis exhaustivo de la evolución del depósito de sal procedente del spray de forma muy prolongada hacia el interior continental, sino valorar el interés de este parámetro por su relación entre los valores obtenidos y la distancia al mar, a priori no parecía necesario tener un elevado número de datos. La correlación evidente entre ambos valores podría aconsejar el uso como indicador de pertenencia al sistema litoral

de una determinada franja costera, de la evolución de la concentración salina y ayudar a definir ese ancho. Por estas razones la longitud del transecto fue de 120 m, perpendicular a la línea de costa, y partiendo de la línea exterior de la playa que mojan las olas. Esta línea cruza la de deslinde a unos 80 m de la orilla, para el caso de los puntos 1 y 2, y a solo 35 m del mar para el punto 3 de muestreo.

Otra circunstancia a tener en cuenta se refiere al hecho de que en el caso del primer día de temporal, 28 de marzo del 2002, la playa apenas tenía dos metros a partir de la base de la duna litoral, en el caso de la playa del Altet y algo



más el día 30. Una situación similar se daba para los dos puntos al sur del río Segura, aunque en el recorrido próximo al margen derecho del cauce la situación de la duna litoral tan deteriorada hace más difícil adivinar donde comienza la playa y acaba la duna.

En cada recorrido el número de puntos de muestreo es de 15, los primeros 8 separados entre sí 5 m, para seguir de forma más precisa la evolución de la magnitud del depósito salino en los primeros metros donde es más elevado el depósito, y además está modificado por la proximidad a las olas y por la contraduna litoral. Los 6 siguientes separados 10 m, y el último a 25 m del punto anterior. Como en este ancho de franja estaba incluida la línea de deslinde

aprobada por Costas, podría analizarse la concordancia de esta línea con algún cambio significativo en los depósitos, a la vez que puede conocerse la evolución de este indicador hasta unas decenas de metros más adelante, y extraer previsiones respecto a la utilidad que puede tener en el procedimiento administrativo, para determinar la línea que delimita la pertenencia de una banda costera, bien al sistema marítimo bien al terrestre. Una limitación a los datos obtenidos en relación con una conclusión general será precisamente la escasa longitud del transecto, otra el efecto directo de las gotitas transportadas por el viento en el entorno de la cresta de la contraduna, donde la modificación de flujos de aire es acentuada con especial intensidad en barlovento y sotavento de la cresta de la duna litoral.

7.3.3 Análisis de la conductividad y de cloruros.

a.- Método de análisis utilizado para la determinación de cloruros en los captadores.

Se prepararon unas muestras de concentraciones patrón conocidas, y mediante un Cromatógrafo Iónico Dionex QIC se determinan los Cloruros. Los filtros con los depósitos salinos se introducen en agua ultrapura, y se obtiene una solución que se diluye convenientemente para poder utilizar los patrones. Una vez que la muestra líquida se introduce en el sistema un eluyente se bombea y empuja a las especies iónicas a través de la columna en donde se separan en función de su afinidad por el lecho de resina. La detección se efectúa por medio de conductividad con supresión de la señal de fondo del eluyente.

La identificación y cuantificación se efectúa comparando tiempos de retención y magnitud de los picos de la muestra frente a uno o varios patrones. El tratamiento de datos se hace manualmente. Como reactivos se han utilizado, agua ultrapura, cloruro de sodio, nitrato de sodio, sulfato de potasio, hidrogenofosfato de di-Sodio dodecahidrato cristalizado, potasio bromuro, hidrogenocarbonato de sodio, Sodio carbonato anhidro y Ácido sulfúrico 96 %.

b.- Método de análisis utilizado para la determinación de cloruros en las arenas.

Se secan las muestras en la estufa y se pesan 50 grs. de arena, a los cuales se les añade 50 ml de agua ultrapura y se agitan durante algunos minutos. El líquido sobrenadante se extrae con la bomba de vacío.

Para las determinaciones de concentración de cloruros en suelos de las muestras tomadas los días 28 y 30 de marzo del 2003, en el punto 3, en la playa del Saladar, se utilizó la misma técnica de colorimetría que seguida para los captadores. No obstante, las oscilaciones tan acusadas en las concentraciones de las distintas muestras, puesta ya de manifiesto en las analíticas de los captadores, plantea una considerable dificultad de tratamiento por colorimetría, debido a la necesidad de elaborar patrones muy diferentes. Este problema aconsejó realizar las analíticas mediante valoración, práctica sencilla y fiable para la determinación de Cl^- , siguiendo la técnica descrita en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

Para ello se usa el AgNO_3 , de manera que se va formando cloruro de plata AgCl , hasta que la ausencia de cloro ya valorado hace que la plata reaccione con K_2CrO_4 , del que previamente se añadieron unas gotas a la solución problema. El cromato de plata tiene un color rojo intenso, y gira muy deprisa, frente al color amarillo intenso del dicromato potásico.

Procedimiento.-

Como reactivos: se utilizó el nitrato de plata 0,1 N (1 Mol/ litro), cromato potásico (6,3 grs en 100 ml), y la solución problema. Para preparar la solución de suelo se utilizaron 50 grs. de la muestra de arena a la que se añadieron 50 ml de agua destilada. Agitando bien y luego filtrando con bomba de vacío para extraer toda el agua.

A continuación se valora con una bureta de 25 ml a la que se vierte el nitrato de plata para valorar gota a gota, que se va precipitando a un matraz erlenmeyer donde antes se depositan 10 ml de la solución problema. A este

medio previamente se añadió 5 gotas de dicromato potásico, valorando hasta el cambio a rojo, que torna con solo una gota, y luego calculando los mg de cloro en los 50 grs. de arena, según la fórmula: $V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$, (EJ =0,4 ml de nitratos x 0,1N = 10 ml sol problema x N_2 (Mol de cloro/ 35,45 grs-). Los datos de las gráficas se han expresado en mg de cloro/1000 grs. de arena.

7.3.4 Metodología para la valoración de los daños en las copas de pinos.

a.- Estudio del estado vegetativo del pinar.

Aunque el depósito de spray marino sobre acículas y ramitas jóvenes afecte en última instancia al estado fisiológico y de crecimiento del árbol (Raventós et al 2001, Calleja et al 2005 y García de la Cruz 1996), estas consecuencias se ponen de manifiesto con la simple observación morfológica de los pinos, porque aparece un mayor deterioro en la parte de la copa más expuesta a los vientos marinos, que en esta costa coincide con la dirección de los levantes, vientos del NE, que soplan desde el mar y con mayor fuerza.

Los árboles plantados en las crestas de las dunas y a barlovento son los puntos donde se encuentran los ejemplos más visibles, sobre todo si se comparan con los que a igual distancia del mar crecen en los senos dunares o a sotavento de los médanos, de modo que se ha podido comprobar que actualmente el problema más serio que está afectando al arbolado es el del aerosol marino. La defoliación

Tabla 7.2 **Pinos afectados con más del 25 % de la copa incluyendo los secos, según especie y zona. Obtenido a partir de los datos de transectos de 2003**

Situación	Total P pinea	Total P halepensis	P. pinea afectados	P. halepensis afectados	P. pinea, % afectados	P. halepensis, % afectados
Salidero	198	35	113	19	57	54,3
Vivero	50	155	35	35	70	22,6
Gola sur	14	137	10	44	71,4	32,1
Gola norte	93	4	35	2	37,6	50
Totales	355	331	193	100	54,4 %	30,2 %

progresiva que produce en los pinos los va debilitando y a la vez haciéndolos más susceptibles de sufrir ataques de agentes patógenos como insectos u hongos (Calleja et al 2005).

La suma de los principales factores que afectan el desarrollo de la masa forestal, aridez, plagas y spray deben actuar de forma sinérgica, por lo que el

deterioro de las copas afecta a buena parte de los árboles, y de ellos con mayor intensidad a los pinos piñoneros que a los carrascos, alcanzando para los primeros el 54,4 % frente a 30,2 % para *P halepensis*. Estos datos obtenidos de los transectos muestran (tabla 7.2) como en el sur de la desembocadura del río los *P pinea* afectados en más del 25 % de su copa, superan en casi tres veces a los ejemplares de *halepensis* afectados.

Probablemente esa mayor afección a las copas y mayor dificultad de supervivencia es la razón por la que en las últimas repoblaciones se utilizó mucho más el pino carrasco que el piñonero, como se pone de relieve en el tramo gola sur, de más reciente plantación (71,4 frente a 32,1), donde la mayor parte de la masa forestal la forman los *P halepensis*, o en las dunas del Pinet donde todos los pies inventariados vivos lo son, salvo un ejemplar. Esta tendencia a plantar cada vez mayor porcentaje de carrascos debe ser con toda probabilidad la razón por la que en las sucesivas repoblaciones, y en las zonas donde se iban produciendo marras, con mayor frecuencia cerca del mar, los porcentajes globales de árboles vivos inventariados en los transectos de *P halepensis* superen a los de *P pinea* (48,25 *P. pinea*, 51,75 % *P. halepensis*), al contrario que en las parcelas que están más alejadas del mar y de repoblación anterior.

Esta deducción de los motivos por los que se modificó la estrategia de repoblación aportando cada vez más por los *P halepensis* es coincidente con los datos de supervivencia obtenidos a partir de las parcelas de investigación que el Departamento de Ecología de la UA tiene en las dunas de Guardamar, en las proximidades de los viveros, ubicadas a partir de unos 100 m de la orilla del mar, perpendiculares a la orilla y de aproximadamente cien metros de longitud. La supervivencia de ambas especies de pinos es similar en el primer año, antes e incluso pasado el primer verano, no obstante en el conteo realizado en 2004 de las plantaciones realizadas en el 1995, la supervivencia de *P halepensis* es más de dos veces superior a la de *Pinea*, mientras en otras de cultivo realizado en 1997 la capacidad de supervivencia encontrada es cinco veces mayor.

Estos datos probablemente serían diferentes sin la competencia de los pinos y palmeras adultas próximas a los pinitos. En todo caso sirve para suponer

que la competencia por el agua, de forma sinérgica con el efecto del spray, al que *P. pinea* es también más sensible, puede explicar la mayor permanencia observada al realizar el trabajo de campo, de los carrascos frente los piñoneros. Estos inventarios parten desde la zona de la contraduna litoral donde abundan los primeros que sustituyen marras anteriores, y las sucesivas cuadrículas recorren el resto de cordones dunares alejándose de la costa.

Si prescindimos de los transectos, y solo consideramos las parcelas, situadas en todos los casos por encima de los 100 m de distancia de la orilla del mar los datos se invierten, y la disminución porcentual desde el año 1988 hasta el año 2003 por m cuadrado es mucho mayor para *P. halepensis* (-38 %) que para *P. pinea* (-2,54 %), cuando el porcentaje global alcanza el -13 % por metro cuadrado (de un total de 0,05306 pasa a 0,04567 pies/ m²).

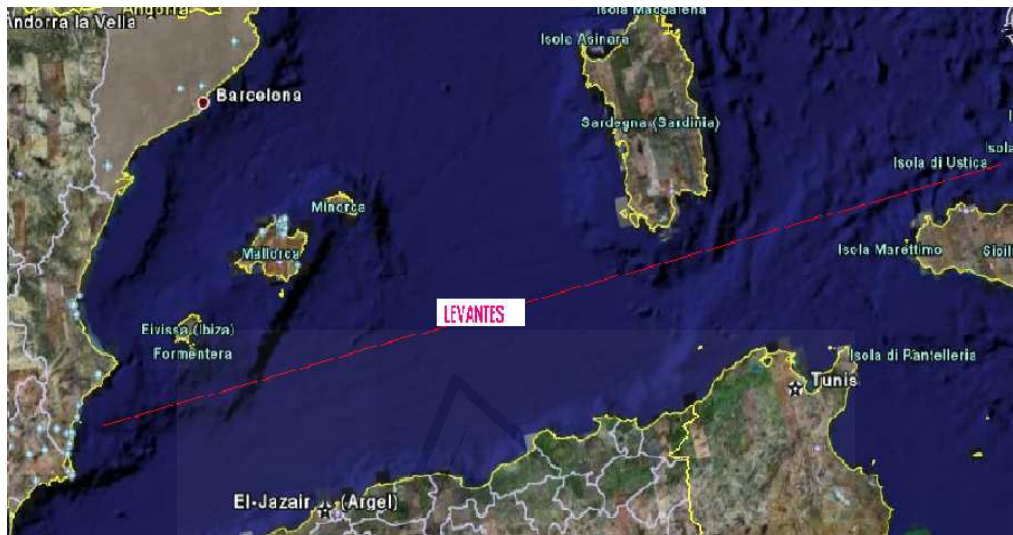
b.- El efecto del spray marino en la defoliación de las copas de los pinos de ambas especies.

El efecto de la sal depositada en las copas de los pinos, sobre brotes jóvenes, está relacionado directamente con la exposición continua a los levantes, vientos especialmente cargados de humedad marina porque su trayectoria acarrea un largo recorrido por el mar Mediterráneo, si los comparamos con lebeches que soplan desde el norte de África, y mucho más si lo hacemos con



ponientes del interior continental o vientos del norte, ambos sin apenas humedad, cuanto no muy secos.

No obstante el propio estado de la planta determinará su capacidad para



Dirección de los vientos de levante. v recorrido del viento sobre el mar

reponerse de estos efectos, o no sufrirlos con igual intensidad. Las condiciones de salud por el ataque de plagas, la edad, o la disponibilidad de agua o nutrientes condicionarán en buena parte el estado de los pinos. En este sentido, el estudio comparativo del CEAM, sobre el estado de los pinares, realizado en la Devesa de la Albufera de Valencia y los que repueblan el sistema dunar de la bahía del Segura, en Guardamar- Elche, ha puesto de manifiesto que la defoliación en la localidad valenciana afecta tan sólo al 15 % de los individuos muestreados frente al aproximadamente 40 % de los pinos afectados en la pinada de Guardamar (Gras et al. 2000).

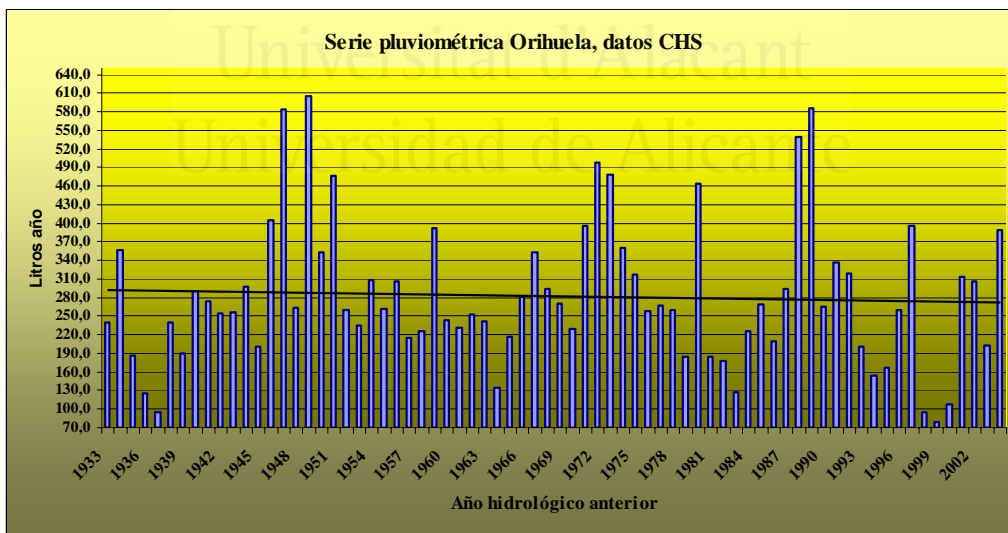
Recientes trabajos del DEUA ponen en relación los daños en copas de los pinos producido por el aerosol marino, con la ausencia en los anillos de crecimiento en *P halepensis* y *P pinea*, y entre ellos y la climatología y encuentran que había una relación inversa entre la correlación del crecimiento-clima y el grado de daño de la copa de los árboles, y esto era cierto para ambas especies con una excepción del daño moderado en *P. pinea* (Raventós et al 2001). Probablemente este podría ser otro factor a tener en cuenta en pinos adultos, y

podieran obtener resultados interesantes comparando el número de anillos ausentes en relación con la distancia al mar, pero el uso como indicador parece muy limitado a situaciones concretas de bosques litorales adultos, además de estar sometidos a situaciones de estrés, y vinculado, también, al menos a la topografía y la falta de agua.

Probablemente la ausencia de anillos de crecimiento encontrada en este trabajo, solo a partir de finales de la década de los ochenta, está relacionada además de con el depósito de sal, como han encontrado investigadores de la U.A, con la pluviometría, y quizás la propia altura de los pinos que resultan más dañados cuanto más expuestos al spray marino se encuentran, al menos según los datos obtenidos por Raventós et al (2001) que indican una fuerte correlación con la severidad del daño del pabellón arbóreo debido al aerosol marino.

c.- Otros factores que actúan de forma sinérgica en la defoliación de los árboles: sequía, contaminación marina y plagas.

Si se analizan los datos disponibles de pluviometría de la zona, en la serie desde el año 1933 a 2004, en de la década de los 30 donde las aportaciones

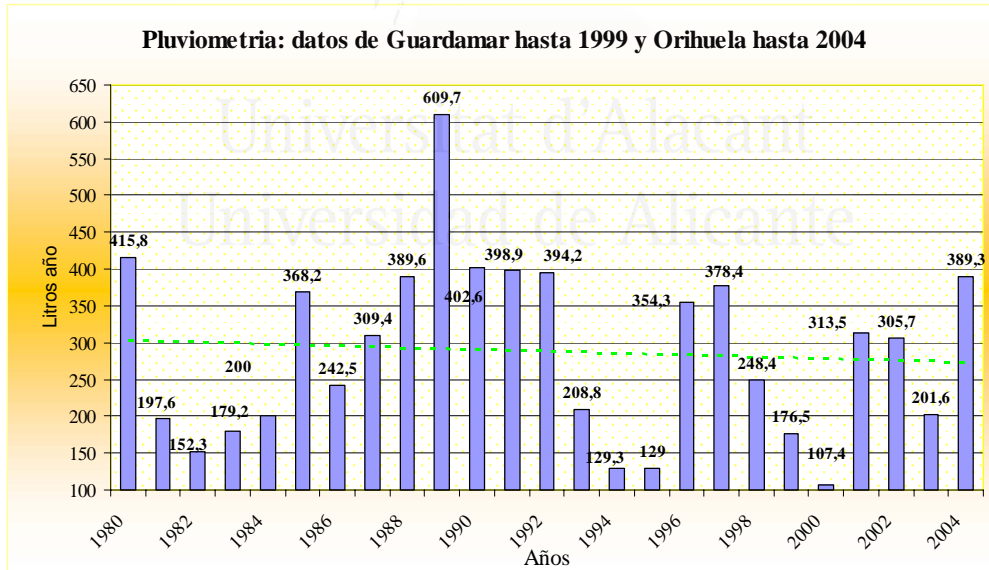


lluviosas fueron muy bajas durante muchos años, en lo que debió ser un periodo de mucha sequía corresponden al periodo en que los árboles eran todavía de pequeño porte y no había terminado la repoblación en todas las dunas. Este largo episodio de escasez de lluvia pudo incrementar el número de marras, y la

abundante pluviosidad hasta los sesenta debió asentar definitivamente el pinar, y permitir perfectamente el crecimiento a pesar de las disminuciones de aportes en el año 1964. El siguiente descenso acusado y de manera continuada se produce en los años 1981, 82 y 83, y sobre todo en la década de los noventa, cuando el descenso en la pluviometría es más acusado, y además afecta a un pinar que ya cumple los 90 años.

Estas bajadas coinciden en el tiempo con lo observado por Raventós et al (2001), puesto que estos autores no observaron ninguna falta de anillos desde 1950 a 1988 en ninguna de las dos especies, pero sí observaron que los árboles demostraron un número creciente de ausencia de anillos durante los años 90.

Si se comparan las medias pluviométricas y líneas de tendencia, desde 1933 a 1980, y desde aquí a 2004 se observa que pasamos de unos 300l/año a poco más de 250 l/año, y lo que es peor, las precipitaciones en varios años consecutivos (98, 99,2000) son tan escasas en estas dunas, que debieron



producir un enorme estrés en el bosque dunar.

Otra circunstancia que pudo tener gran peso en la contención del crecimiento de los pinos, y los daños asociados a su debilidad, pudo ser la propia secuencia de las fases de abundancia y sequía puesto que a la lluvia tan

generosa en los años 1988 y 1989, sigue un periodo en que cae por debajo del 50 %, y desciende hasta solo entre el 12 % al 20 % de los años anteriores en los años 1998, 1999 y 2000. Además ya arrastraba una escasa precipitación desde el año 1990, con excepción del 97 que fue buena, pero quizá no lo suficiente como para recargar de humedad las arenas de las dunas y además elevar el nivel piezométrico.

La relación daño copa y ausencia de anillos parece directa, puesto que la disminución en el dosel arbóreo cuando es severa, debe llevar aparejada el descenso en la actividad general de la planta, y en consecuencia del crecimiento. Más todavía si las condiciones climáticas son muy adversas, y la escasez de agua conduce a la planta a meras actividades de supervivencia. A su vez la capacidad de resistencia parece también vinculada a la especie, porque mientras que en los árboles sanos en promedio faltaban entre 0 y 3.5 anillos, el número era significativamente más alto en árboles seriamente dañados, pero este número no es igual para ambos, 2.4 y 4.9 en *P. pinea* y *P. halepensis*, respectivamente (Raventós et al, 2001).

Otros componentes que producen daños en las copas, y vinculados al spray marino son de origen antrópico aportados por las aguas contaminadas de los cauces que llegan al mar. Diamantopoulos et al (2000) sugieren que pueden tener gran importancia en esta costa y que las copas de pino de Guardamar son afectadas intensamente por los componentes químicos del aerosol marino del tipo surfactantes. A pesar de esto, la importancia que pudiesen tener estos compuestos en el daño a las copas en nada desvirtúan el hecho de que puede sugerirse la evolución de la magnitud del daño en las copas con la distancia al mar como un buen indicador, sin entrar a discutir si el efecto se debe solo a uno o a varios factores marinos que actúan de forma sinérgica, destruyendo las células de las partes tiernas y desprotegidas del árbol.

En relación con el daño en las copas, probablemente el ataque de *Blastofagus destruens*, el escolítido que afectó de forma severa al pinar en la segunda mitad de la década de los ochenta, se centró con mayor eficacia en zonas más resguardadas y alejadas de la costa, donde se han situado la mayor

parte de las parcelas, los árboles son mayores, y la debilidad del pinar estaba acentuada por la sequía y por la edad de muchos pinos. Pero además en el momento que encuentre (*Blastofagus*) condiciones favorables volverá a desarrollarse para llegar a producir plaga, y no es difícil esto, al encontrarse el pinar en un equilibrio muy delicado en los límites de su vegetabilidad (García de la Cruz, 1996).

d.- Los transectos como método de correlación entre el daño a copas y distancia al mar.

Los datos que aparecen en la tabla 7.2.4. y 7.2.4.1, se han obtenido a partir de cinco recorridos longitudinales perpendiculares a la costa y distribuidos a lo largo de la zona repoblada en la bahía del Segura en el año 2003, partiendo desde la duna litoral tierra adentro, en cuadrículas de 10X10, y con un total de árboles observados de 719. En cada una de las parcelas se identificaron las

Nivel afección	Pies de <i>P pinea</i>	<i>P halepensis</i>	% <i>P pinea</i>	% <i>P halepensis</i>	% totales
Sin afectar	21	53	6,2	14	10,3
Leve (< 25%)	156	209	46	55	50,7
Desde >25% a secos	162	118	47,8	31	39
Total pies / %	339	380	100	100	100

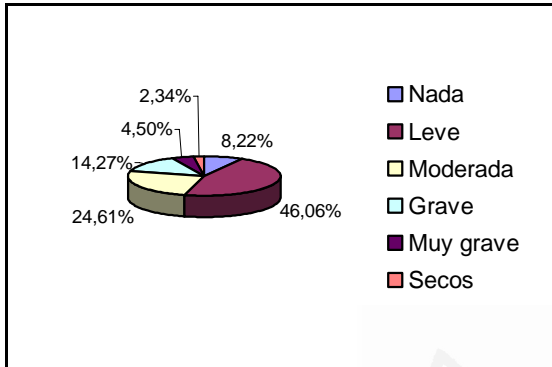
Tabla 7.2.4. Porcentajes de pinos afectados en su copa por el spray calculada a partir de datos de los cinco transectos realizados en 2003 (incluye gola sur con pinar joven), según el grado de afección: Sin afección, con afección leve (menor del 25 %) y con afección importante o seco.

especies presentes, se contaron individuos vivos y árboles secos.

El análisis de los datos muestra que de forma global el spray afecta de modo más intenso a las copas de los *P pinea*, y que posee sus hojas y ramas pequeñas muy afectadas o están totalmente secos casi en un 48 %, frente a solo el 31 % de los *P halepensis*. De ellos el 9,4 % de los *pineas* están secos, y solo el 1,6 de *halepensis*, lo que podría enmascarar algo los datos totales, pero en todo caso parece evidente una menor sensibilidad a los efectos del spray por parte de esta última especie. Si tenemos en cuenta datos globales de pérdida de copa arbórea para ambas especies de pino obtenemos que están afectados casi el 90 % de los individuos incluidos en los transectos, aunque de manera evidente solo

el 39 %, que tienen pérdidas superiores al 25 % de la copa, e incluso están en pie pero secos.

Otros datos para ambas especies los aporta Calleja (2004), a partir de las observaciones realizadas en 11 parcelas de 25 m x 25 m y un total de 340 pies,



7.2.4.1. Afección de copas de *Pinus pinea* y *Pinus halepensis* por aerosol marino en las parcelas muestreadas en Guardamar del Seura (Calleja R.2004)

distribuidas a lo largo del pinar: Nada 8,22 %, leve (< 25 %) el 46,06 %. En suma que el 54,28 % de los pinos están poco o nada afectados. Con pérdidas de copa mayores del 25 % y hasta muy graves, pero todavía no secos habría un 43,38 % y secos el 2,34 %, es decir el 45,72 % de ellos posee un pérdida moderado

o muy grave de su cubierta, o bien está seco.

El trabajo de campo se realizó a lo largo de tramos que no son sino una secuencia de cuadrículas de 10X10 m, anotando el número de árboles dañados de cada especie, según estuviesen encuadrados en una u otra de las categorías preestablecidas. Con estos datos se confeccionan tablas que representan para cada columna los datos encontrados en cada una de las sucesivas cuadrículas de diez metros de lado donde. La intensidad del daño en copas se discrimina por especie, y además agrupando en cinco categorías el nivel de daño: inexistente, con daño inferior al 25 %, entre 25 % y 50 %, mayor del 50 % y seco.

Al tratar los datos, y para visualizar mejor la distribución del efecto dañino del spray se agrupó en cuatro categorías: sin daño, leve (menos del 25 %), moderado (entre 25 y 50 %), grave (más del 50 %) y secos. En cada columna/cuadrícula se incluye, además del número de ejemplares totales, el porcentaje en % del total de los árboles existentes en la parcela de cada clase, por considerar que la situación de las parcelas puede tener características específicas que pueden permitir el desarrollo de mayor o menor número de pies. Esto permite que la representación gráfica de los porcentajes pueda ajustarse

más a la situación de cada cuadrícula. Cuando no hay árboles se considera que el efecto ha sido tan negativo que no ha permitido el crecimiento de árboles en las sucesivas repoblaciones, por lo que se incluye como máximo (100 %) el efecto negativo sobre la planta.

Con esta distribución se quiere averiguar si con la distancia al mar se produce una sucesiva disminución del daño en las copas, además de cuantificar el número de árboles secos con la distancia al agua, o el número de árboles por parcela, y la especie que puede resultar más dañada. Permite además deducir el efecto producido por la situación topográfica. En general el número de árboles por parcela es más numeroso cuando pertenece a repoblaciones más recientes y son de menor envergadura, y pertenecientes a la especie *P halepensis*. Palmeras, cipreses u otros son poco abundantes en sucesivas repoblaciones, salvo *Tetraclinis articulata* con algunos ejemplares en la zona del vivero viejo, y muchos recientes, en las plantaciones realizadas en la década de los años 90.

7.4 RESULTADOS Y DISCUSION

7.4.1 Comparación de los resultados obtenidos con captadores en diversos transectos al principio y final de un fuerte temporal de levante.

Nº	Dist al mar en m.	mg de Cl/litro día 28.3.02	mg de Cl/litro día 30.3.02
1	0	Perdida	Perdida
2	5	5541	Perdida
3	10	3953	57,5
4	15	2917	28,67
5	20	3012	52,31
6	25	3401	29,5
7	30	3262	Perdida
8	35	1282	12,21
9	45	177,1	1,869
10	55	98,4	1,261
11	65	27,84	1,261
12	75	134,3	1,351
13	85	19,75	2,162
14	95	149,5	1,261
15	120	76,99	0,946
<p>PUNTO 1: Desembocadura del río Segura, 1000m al sur, en duna litoral bien conservada. Serie lineal de muestras de spray marino, tomadas de en el temporal de 27 a 30 de marzo de 2003. Tiempo de exposición 5h.</p>			

Como consecuencia de las olas que en algún momento aparecen más grandes y con mayor avance, se perdieron algunos captadores o se mojó el filtro, como ocurrió en el primero de cada uno de los tres puntos, el día 28, con fuerte temporal. Otras muestras no se consideran por haberse alterado, bien por el paso de alguna persona que se lo lleva o en otros casos los tumban, con lo que consideramos perdida la muestra. En total se pierden o estropean ocho muestras de las noventa que se colocan, por lo que todavía restan más del noventa por ciento, cantidad

suficiente para que se pueda realizar una buena interpretación de las secuencias de los datos obtenidos. Cuestión diferente es la conveniencia de tener datos de todo el ancho de la duna, en cada punto.

Un examen somero al comparar los resultados del día de fuerte temporal y el día con vientos flojos pone en evidencia que para el primer día las cifras de las concentraciones de sales depositadas en los captadores son mucho más elevadas, como era previsible. El orden de magnitud, de unas cien veces mayor el día de temporal fuerte, en relación con los datos del final de temporal, es un dato muy significativo del papel del spray marino en el sistema costero, sobre todo en los días de fuerte oleaje, y en muchas de las muestras próximas a la orilla del mar y en el entorno de la cresta dunar. Y esto tanto por los efectos limitantes que puede tener la vegetación para soportar los daños producidos por la sal, como por los positivos que puedan derivarse del depósito de nutrientes en el suelo. Las variaciones porcentuales de las cantidades depositadas guardan bastante correlación entre las muestras tomadas para ambos días, y situadas en distancias del agua similares.

Nº	Dist. al mar en m.	mg de cloro/litro día 28-3-02	mg de cloro/litro día 30-3-02
1	0	Perdida	35,93
2	5	4505	31,16
3	10	3090	44,02
4	15	2218	22,86
5	20	1696	29,92
6	25	988,2	12,29
7	30	1895	17,47
8	35	2235	15,32
9	45	971	9,588
10	55	519,6	2,658
11	65	135	2,005
12	75	Perdida	0,991
13	85	Perdida	2,297
14	95	23,28	1,239
15	120	27,43	1,509

PUNTO 2: Desembocadura del río Segura, 500m al sur. Serie lineal de muestras de spray marino, tomadas en el temporal de 27 a 30 de marzo de 2003. El punto 8, es la parte superior trasera de la duna litoral solo de 3,5 m de alta. Duna litoral muy alterada. Tiempo de exposición 5h.

Otra cuestión a tener en cuenta es que aparecen diferencias porcentuales para los mismos puntos en las variaciones de la línea de captadores para ambos días. Esto puede explicarse fundamentalmente, por la existencia de pequeños resaltes, o vegetación, debido a que los soportes de plástico se quitaron el primer día y se volvieron a poner a los tres días, y con toda probabilidad los lugares en los que se situaron los captadores, a igual distancia, aunque próximos, no eran los mismos, ni la dirección del viento idéntica.

La variación topográfica, con desniveles sucesivos, y la existencia o no de la duna litoral desarrollada en cada

ubicación de la costa para cada uno de los tres puntos, explica también que las disminuciones del depósito no sean lineales, sino con oscilaciones. Por otra parte, a partir de las primeras decenas de metros de distancia parece existir una situación de depósito muy regular en los días de calma, y con perfil similar, pero cifras más altas en los días de fuerte temporal.

Otra circunstancia se observa al comparar los datos de los primeros

Nº	Dist al mar en m.	mg de Cl/litro Día 28-3-02.	mg de Cl/litro Día 30.3.02
1	0	Perdida	145,4
2	5	5162	79,75
3	10	4048	9,795
4	15	970,8	20,17
5	20	226,2	6,757
6	25	903,4	7,516
7	30	944,9	5,859
8	35	1251	4,409
9	45	701,2	4,797
10	55	986,4	4,234
11	65	516,2	2,883
12	75	1131	2,568
13	85	681,9	2,027
14	95	196,5	0,766
15	120	173	1,104

Punto 3: Playa de Arenales (Elche).
Temporal de levante desde 27 al 30 del 3 del 2002. Muestras en captadores de spray tras 5 h de exposición.

captadores y los últimos en el día de vientos débiles, a 120 m de la costa, y los resultados entre muestras situadas a igual distancia para ambos días. Las cifras obtenidas en el mismo punto indican un orden de magnitud de la capacidad de transporte de sal, de unas ochenta a cien veces más el día de fuerte temporal que con vientos en calma, para el punto uno y similar para el segundo, aunque con mayor irregularidad, debida

probablemente a que los árboles existentes en este tramo son más abundantes aunque poseen un menor porte. En el punto 3 esta

diferencia de capacidad de transporte para ambos días se hace más patente a partir de los 30 m, que supera las 200 veces. En relación con los depósitos al final de la tabla (120 m) son similares en los 3 puntos, del entorno de 1 mg Cl/litro.

7.4.2 Análisis de los datos obtenidos y de su relación con la distancia al mar mediante las curvas de depósito concentración/distancia.

Una primera advertencia debe hacerse relacionada con el hecho de que los puntos donde se sitúan los captadores sufre un corrimiento de varios metros hacia el mar el día 30, cuando ya el temporal amainó, puesto que el primero se coloca en relación con la línea de playa que bañan las olas, y que oscila dependiendo de la intensidad del oleaje que el tercer día retrocede mar adentro. Esta variación no es muy acusada porque todavía el mar presenta olas grandes y distanciadas,

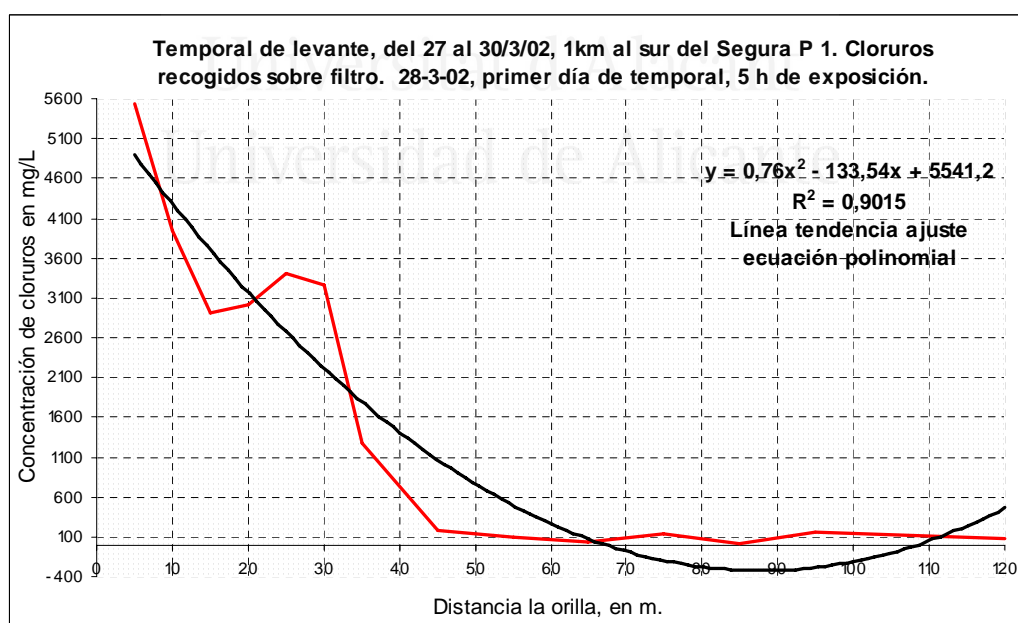
correspondientes a la agitación que todavía resta a pesar de haber amainado el viento.

Otra observación conduce a pensar que de los tres puntos, el situado más al sur, y que a priori se ha elegido porque presenta más abrigo ante el efecto del spray por tener una duna litoral mejor conservada, debería presentar los depósitos de sotavento algo menores que en el punto 2 donde la duna está muy deteriorada. Debe apuntarse también que aunque la cantidad de los depósitos de sal con la distancia al mar debe ser menor, en el punto 3 a partir de los 80 m, las dunas se ubican sobre una pronunciada cuesta, por lo que una mayor exposición por razones topográficas, puede modificar los datos al alza.

La línea que marca la evolución de los depósitos de sal con la distancia al mar permite obtener varias conclusiones:

Para el punto 1, con duna litoral conservada:

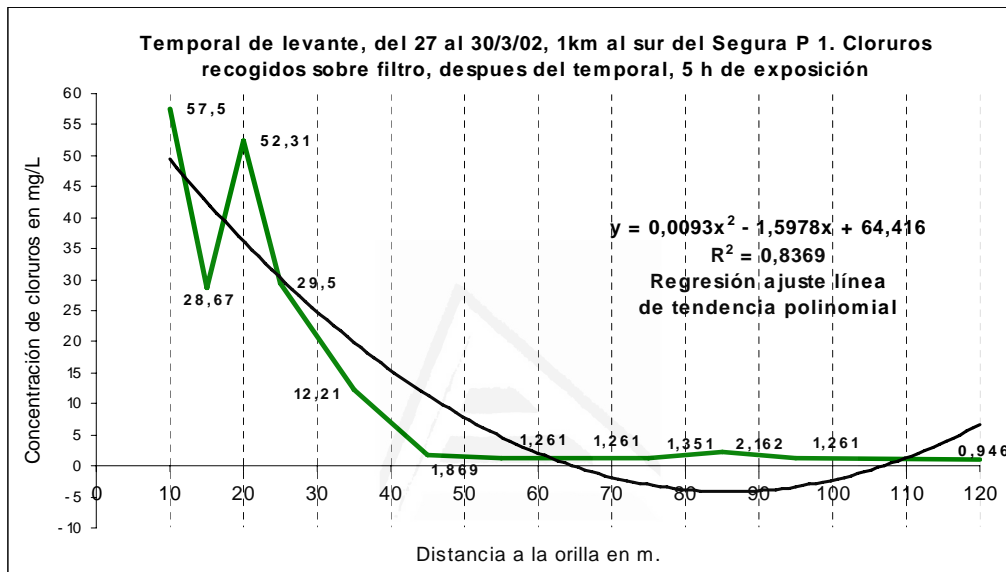
➤ La caída en las concentraciones salinas de las muestras es muy acusada en los primeros 45 m, que se reduce 30 veces, y a partir de aquí se mantiene en



niveles bajos pero bastante similares, con pequeñas diferencias que quizá puedan deberse a los pequeños resaltes y la vegetación. En esta zona de dunas

replantadas los pinos y palmeras son de escasa entidad, o están muy deteriorados en las copas, pero es inevitable un cierto efecto pantalla.

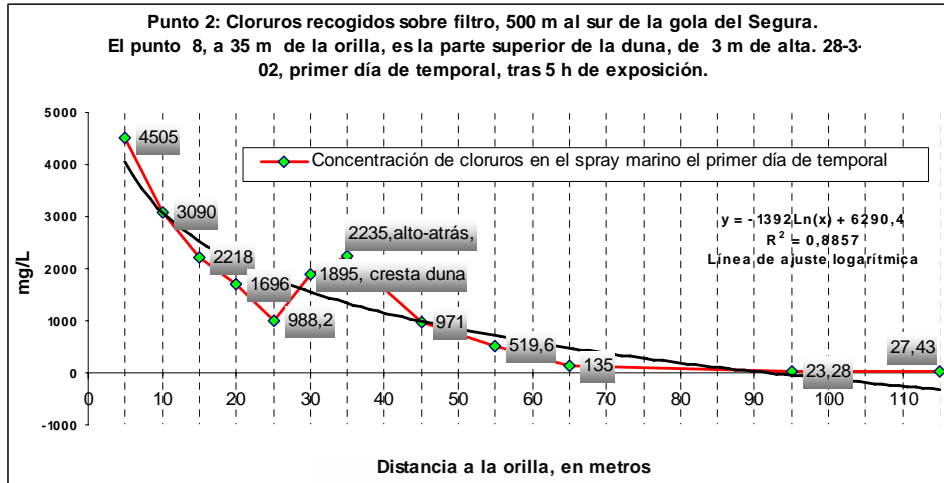
➤ En ambos casos, y en las curvas de los dos días, aparece un incremento de las concentraciones que modifica la pendiente en los primeros 45 m. Este pico es menos acusado cuando el temporal es muy fuerte, y muy significativo con



viento débil, a los 25 m. Es posible que este incremento del depósito en los captadores, a pesar del aumento de la distancia, sea deba a que el resalte dunar produce la modificación del flujo del viento que incrementa su velocidad de manera puntual en la parte superior de barlovento, probablemente como consecuencia de la concentración de líneas de flujo que luego se abren en la parte trasera de la duna litoral, disminuyendo la velocidad y por tanto la capacidad de transporte de las gotitas de sal, que se depositan en el suelo o la vegetación, y baja la concentración de sal en el aire. El proceso sería similar al que ocurre con el depósito de arena que transporta el viento. Al atravesar las empalizadas de cañas es menor la velocidad por el abrigo que esta produce y se deposita el viento a sotavento.

➤ Aunque en ambos días se produce la inflexión de la curva a los 45 metros, en el primer día los valores son unas 100 veces mayores, y supera cualquiera de ellos en máximo valor obtenido el día 30.

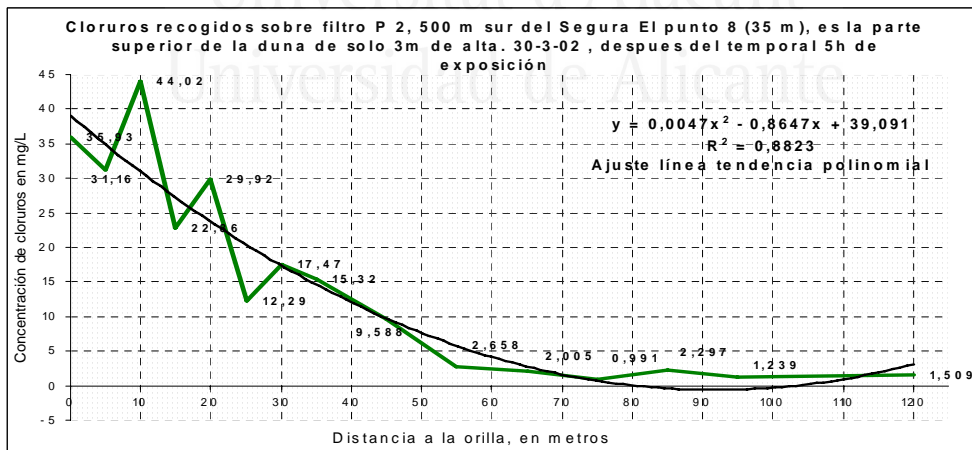
Punto 2. La duna litoral está muy arrasada, con solo 2,5 a 3,5 m de altura,



y sin vegetación:

➤ La pendiente de caída de las concentraciones de sal es aquí más suave, y se alarga hasta los 65 m con fuerte temporal, y algo menos para el día con viento más débil.

➤ Aparece también un pico en la pendiente que corresponde a sotavento,

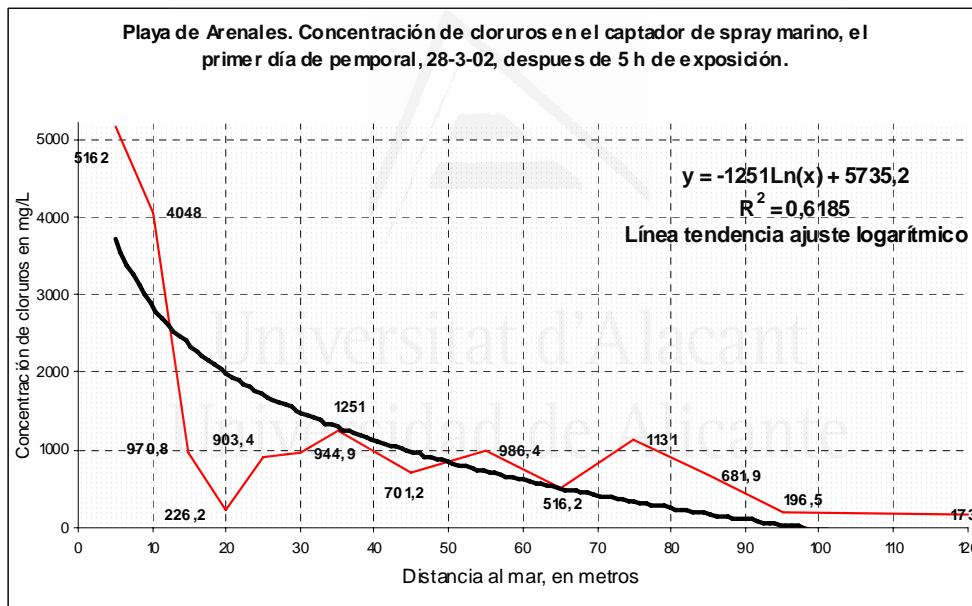


menos acusado que en el punto 1 para el día de temporal, correspondiente a la parte superior de la duna litoral más alejada de la línea de costa. En día de calma aparecen varios picos, dando una pendiente que desciende en dientes de sierra,

que probablemente se corresponda con las modificaciones de flujo debidos a pequeños resaltes.

➤ A partir de sotavento de la duna, cuando el terreno está plano, el descenso, se produce una meseta en la curva de los depósitos, que después de los 65 m se prolonga manteniendo niveles similares, aunque con pequeñas oscilaciones relativas de concentración en ambos días, puesto que las cantidades absolutas del día de temporal son del rango de 20 veces mayores hasta el final de la línea de captadores.

El punto 3, con dunas sin repoblar, está situado al norte del cabo de Santa Pola y dentro de la bahía de Alicante, muy al sur, poco resguardado por el cabo



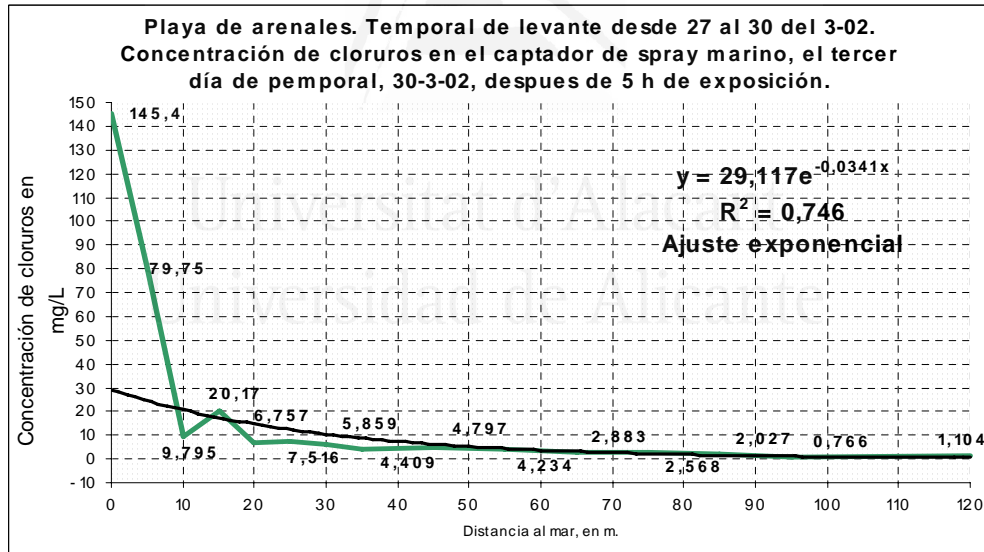
de S. Antonio, aunque las dunas fósiles posteriores quizá modifiquen el efecto de los levantes porque disminuyan en la parte más baja la intensidad del flujo de los vientos E a N. El cabo de Santa Pola sirve de abrigo de los vientos del sureste.

➤ La duna litoral es muy pequeña, de solo unos 3 m, no recrecida artificialmente, y tiene la particularidad de que a una primera zona con pequeños resaltes, pero plana, sigue una cuesta larga y pronunciada. El pico que aparecía en los puntos 1 y 2 en la curva descendente de los depósitos de cloruros,

correspondientes a la zona posterior de la cresta, y superior de sotavento, aquí no aparece, tal vez por la escasa magnitud de la duna litoral.

➤ Al pequeño abrigo que parece suponer la duna litoral provoca pequeños descensos en los depósitos inmediatos posteriores, y siguen oscilaciones en las concentraciones que apenas marcan la separación del litoral, y que aparentemente son consecuencia de las variaciones de relieve, y los abrigos de las pequeñas matas. Esta situación que produce una línea quebrada en los primeros cien metros, el día 28, con fuerte temporal, pasa a un depósito prácticamente uniforme para el día 30, donde las concentraciones son del orden de 250-300 veces menores, y los pequeños abrigos no alteran específicamente las concentraciones.

➤ A lo largo de esta línea donde se colocaron los captadores, a la duna litoral siguen pequeños relieves posteriores que van adaptándose a la pendiente



rocosa del subsuelo, que aumenta rápidamente a partir de los 150 m de donde colocamos el primer punto. El filtro colocado en primera línea, aunque sujeto al soporte parece mojado por las olas, el primer día de temporal, por lo que, ante la duda se descarta. No obstante el fuerte viento libera ingentes cantidades de spray. El soporte 8 se sitúa en la prolongación y corte de la línea de deslinde de

Arenales, aprobada por la dirección general de Costas, y que coincide con el borde este de la carretera paralela al litoral.

➤ El hecho de que los 15 captadores solo llegaran a los 120 m hace que no se dispongan de datos de depósitos en la cuesta, que posiblemente ayudaría a establecer una mejor relación entre depósitos de sales y topografía, a la vez que con la distancia al mar. No obstante los objetivos que se fijon eran los de cruzar la línea de deslinde aprobada por la administración, que se sitúa en el captador 8, a 35 m de la orilla, y establecer su posible relación con alguna observación objetiva, por lo que para esto parecía suficiente con que se prolongue 85 metros más lejos del mar. A lo largo de este transecto donde se colocaron captadores no aparece ningún dato aparente, relacionado con este indicador, que justifique la situación del deslinde aprobado.

7.4.3 Comparación de las deposiciones de spray en las arenas, bajo los captadores.

Nº de muestra	Dist. al mar en m.	mg de Cl/Kg arena. Día 30-3-02	mg de Cl/Kg arena. Día 28-3-02.
1	0	957,15	886,25
2	5	709,00	1347,10
3	10	1063,50	177,25
4	15	404,13	177,25
5	20	283,60	319,05
6	25	248,15	177,25
7	30	283,60	106,35
8	35	141,80	141,80
9	40	141,80	70,90
10	50	70,90	106,35
11	60	70,90	88,625
12	70	70,90	70,90
13	80	70,90	70,90
14	90	106,35	70,90
15	115	141,80	106,35
Punto 3, playa del Saladar, el Altet, Elche. Concentración de cloruros depositados sobre la duna. Temporal de levante, del 27 al 30/3/02			

a.- Muestras de suelo en el punto 3, playa del Saladar, en la pedanía de Elche del Altet, los días de temporal 28-3-02 y 30-3-02.

La primera cuestión que cabe destacar es que las diferencias absolutas de concentración entre el día 28 con temporal y el 30, ya pasada la marejada, son poco significativas, en relación con los encontrados en los captadores. Una segunda observación es que los valores son poco elevados, con la excepción de los correspondientes a la zona de barlovento de la duna litoral o en la playa, para ambos días, y que por otra

parte está más próximo al mar. El resto de los valores son similares en las dos series, más todavía a partir de los 25 a 30 m, sin que para estos 115 m se ponga

de manifiesto una reducción con la distancia en los valores de las muestras, salvo entre 15 y 35 m en el segundo día de muestreo.

Una segunda cuestión está relacionada con el hecho de que la muestra 1, del día 30 corresponde con arenas que el 28 estaban bañadas por las olas, sin que aparezcan valores llamativos en la concentración de cloruros, en relación con el resto, y que está en relación con la composición granulométrica de estas arenas, y su capacidad de retención de sales, incluidos los nutrientes. La diferencia de distancias al mar entre los picos de ambos días, probablemente se deba al avance de la línea de costa el día de temporal, y la consiguiente reducción de la playa.

b.- Cloruros depositados sobre la arena por el spray marino en el punto 3 el día 4/8/02, dunas sin repoblación forestal en playa del Saladar, el Altet (Elche), en ausencia de grandes temporales.

Nº de muestra	Dist al mar, en metros.	mg de Cl/Kg arena. Día 04-08-02
1	0	1418,00
2	5	1559,80
3	10	1134,40
4	15	673,55
5	20	177,25
6	25	248,15
7	30	248,15
8	35	141,80
9	40	177,25
10	50	106,35
11	60	248,15
12	70	106,35
13	80	35,45
14	90	35,45
15	115	35,45
16	140	53,17
17	165	141,80
18	190	35,45
19	215	35,45
20	240	70,90
Punto 3, dunas sin repoblación forestal en playa del Saladar, el Altet, Elche. Día 4/8/02. Desde marzo sin temporales. Concentración de cloruros depositados sobre la arena por el spray marino.		

Los tres primeros valores, que son incluso mayores que en día de temporales. Quizá pueden explicarse no solo por la proximidad al mar y el mayor depósito de spray salino que comporta, probablemente el hecho de estar tomada la muestra en agosto, con elevada tasa de evaporación y con agua salada del subsuelo que sube por capilaridad, pueda explicar mayores concentraciones que las de marzo, en estos puntos, por el depósito de sal del agua evaporada, que llega a formar pequeñas costras superficiales.

Por el contrario, a partir de los 70 metros de distancia de la orilla, con niveles freáticos más bajos, sin que el agua capilar pueda subir hasta la superficie, donde se toman las muestras y pueda producirse una capa superficial más salina, las concentraciones bajan a valores medios que son casi la mitad de los días de

temporal, y que posiblemente proceden solo del depósito aéreo. Valores más elevados a mayor distancia, en el entorno de los 150 metros, quizá tengan relación con cambios en el sustrato (hay areniscas calcáreas bajo las arenas, que a veces incluso aflora), o resaltes topográficos.

En cualquier caso parece que hasta los 240 m no aparece una secuencia mantenida con los valores muy bajos, que indiquen un punto de inflexión que marque el límite costero, mucho menos a 35- 40 m que coincide con la línea del deslinde aprobado.

Nº de muestra	Distancia al mar en m.	mg de Cl/Kg arena. Día 26-07-02.	Estado del suelo: desde duna litoral hasta pinar.
1	0	1240,75	Arena de playa.
2	5	2197,9	Arena de playa.
3	10	354,5	Duna litoral, sin pinos.
4	15	389,95	Duna litoral, sin pinos.
5	20	248,15	Duna litoral, sin pinos.
6	25	354,5	Duna litoral, sin pinos.
7	30	141,8	Duna sin pinos, arena limpia
8	35	106,35	Duna sin pinos, arena limpia
9	40	53,175	Duna sin pinos, arena limpia
10	50	53,175	Duna sin pinos, arena limpia
11	60	53,175	Duna sin pinos, arena limpia
12	70	53,175	Duna sin pinos, arena limpia
13	80	35,45	Duna sin pinos, arena limpia
14	90	35,45	Duna sin pinos, arena limpia
15	115	35,45	<i>Algo Algo de hojarasca</i>
16	140	35,45	<i>Duna sin pinos, arena limpia</i>
17	165	106,35	<i>Bajo pinos, hojarasca</i>
18	190	17,5	<i>Duna sin pinos, arena limpia</i>
18-bis	190	35,45	<i>Bajo pinos, hojarasca</i>
19	215	35,45	<i>Alto duna. Sin pinos</i>
20	240	35,45	<i>Mat orgánica ++</i>
21	265	53,175	<i>Canal Tío Batiste (pinos)</i>
Punto 1, situado 1.000m al sur del Segura. Cloruros depositados sobre la duna, en transecto coincidente con los captadores de spray. Día 26.07.02, sin temporales anteriores próximos.			

c.- Muestras de arena tomadas en el punto 1 situado 1.000 m al sur del río Segura. Día 26/7/02, y con episodios anteriores poco importantes de pequeños levantes y lebeches.

Los mayores valores vuelven a estar en la zona de playa, y también aquí la elevada evaporación estival quizá explique el depósito superficial tan alto de cloruros,

transportados desde el nivel freático muy somero, como ocurre en la playa del Saladar. La misma explicación puede valer para los bajos depósitos medidos más

atrás, donde los niveles freáticos bajan mucho, sobre todo donde son abundantes las palmeras, que pueden tener los niveles de “humedad” a más de 80 cm de profundidad.

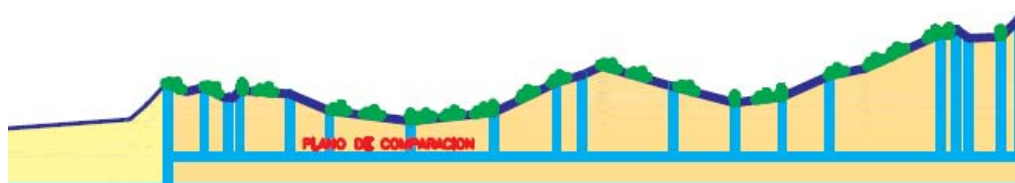
En este caso, la existencia de una duna litoral bien conservada, afectará a la aparición de variaciones más bruscas solo a partir de los 25 m, y el mantenimiento de valores altos hasta los 35 m posiblemente tenga relación con la topografía, y también ella intervenga en que se alcancen a tan solo 40 m valores muy bajos. Estas cifras se alcanzan los 70 m de distancia de la orilla en la playa del Saladar. La existencia de mantillo de acículas de los pinos, o incluso debajo de los pinos, produce escasas variaciones, y el pico que aparece a 165 m, o el menor valor a 190 m, posiblemente tenga que ver con situaciones muy locales, de orientación, topográficas protección del lavado de lluvias pasadas, etc.

Tanto en este tramo como en la zona del Altet, los valores más alejados de la orilla son superiores para los días de temporal, y mantienen una mayor homogeneidad.

7.4.4.- Análisis de los datos obtenidos del depósito de cloruros en suelo, en relación entre la distancia al mar y con la topografía.

a.- Playa del Saladar y días de temporal.

La comparación de los datos con el perfil topográfico parece indicar en las cifras una aparente correlación entre los primeros valores elevados y la duna litoral. La contradicción aparente del pico que se produce en el segundo valor del

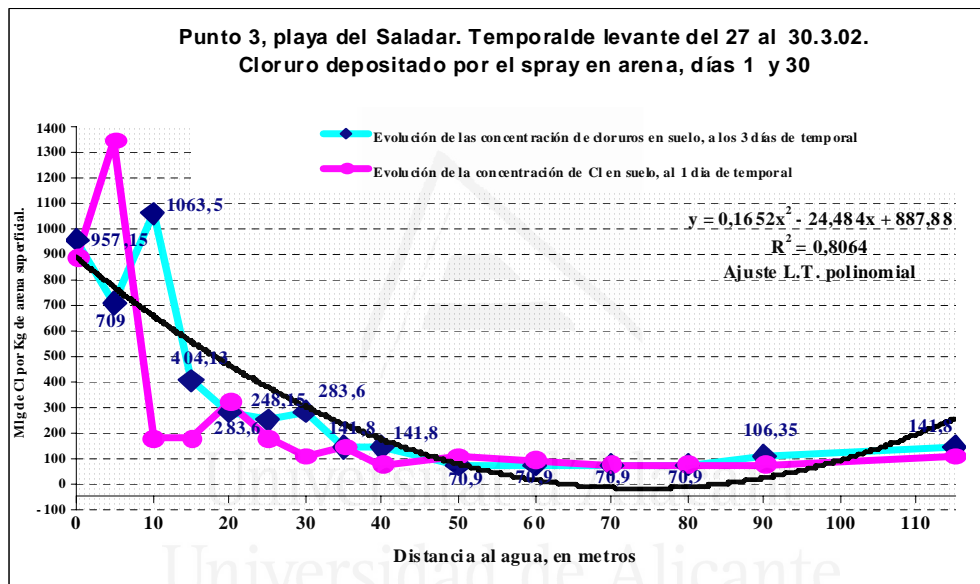


Punto 3: Playa del Saladar, en el Altet, Elche. Sección topográfica del tramo de dunas sobre el que se recogen las muestras de arena los días 27 y 30/3/02.

gráfico correspondiente al primer día de temporal y que también se produce en el segundo valor del gráfico de finales, se explica por el hecho de que corresponden a la cresta dunar de barlovento, donde se concentran las líneas de flujo del aire y por tanto se incrementa el transporte y depósito de spray cuando de nuevo

comienzan a abrirse. El valor menor del punto de la base dunar de barlovento, o las caídas bruscas de sotavento corresponden a situaciones de abrigo en relación con las el viento. La ausencia del descenso en el segundo punto del día de fuerte temporal tiene su fundamento en que la línea del agua está unos metros avanzada y entre la duna y el agua hay solo un captador.

El incremento del depósito en la parte superior más retrasada es de más del 48 % para el día de fuerte temporal y del 40 % al tercer día, valores que siendo muy elevados no alcanzan la entidad de las caídas de sotavento, que en el



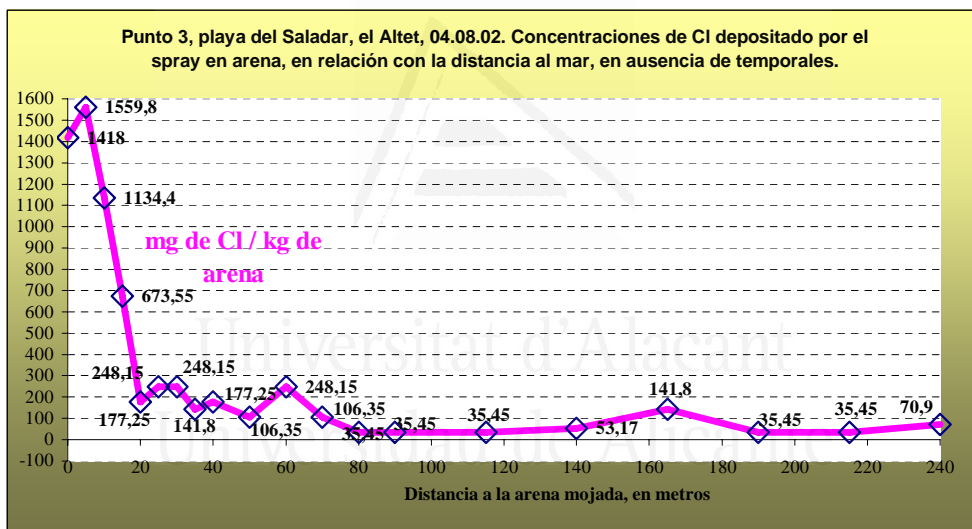
primer caso desciende casi un 87 % y en el segundo un 62 %. Como cabía esperar, aunque las gráficas son similares los cambios de valores debidos a la topografía son mucho más acusados en los días de fuerte viento, mientras que con vientos más suaves los cambios son menos bruscos, y esto para resaltes de poca altura como esta contraduna. Los altibajos posteriores pueden explicarse porque esta duna litoral del Saladar a su vez presenta pequeños desniveles, responsables de producir los dientes de sierra que aparecen en la gráfica en los primeros treinta metros. Probablemente los vientos menos intensos pueden transportar también gotitas de menor peso, con lo que los depósitos próximos a la playa tendrán menor entidad y los cambios serán menos bruscos.

Los valores progresivamente más elevados del final del transecto parecen también tener explicación con el aumento de pendiente del tramo final de la cuesta que aparece en la sección topográfica, y que invierte la tendencia monótona que se produce a partir de los cuarenta metros.

b.- Playa del Saladar y muestras del verano.



Punto 3: Playa del Saladar, en el Altet, Elche. Sección topográfica del tramo de dunas sobre el que se recogen las muestras de arena el día 4/8/02.



Además de intentar una comparación con las cifras obtenidas en los días de temporal se ha querido tener una secuencia más larga, que pudiese ofrecer valores de una evolución de los depósitos más alejados y facilitar la obtención de datos sobre descensos acusados a partir de alguna distancia concreta, al margen de la topografía. En relación con los días de marejada de finales de marzo de 2002, los valores son incluso mayores hasta los 70 m inclusive. Las que se localizan a partir de aquí hasta el final del trayecto, a 240 m son menores, aunque los valores numéricos son de magnitudes similares.

El incremento de valores a los 140 m parece vinculado a un pequeño resalte, mientras el inicio de la cuesta más pronunciada a partir de los 220 m coincide con la tendencia al alza del último valor de la serie. Por otra parte las diferencias porcentuales entre los valores más elevados y los mínimos son superiores a las que encontramos en los días de temporal. Las cantidades más bajas, que se repiten en varias muestras, son inferiores a las encontradas en los días 28 y 30 de marzo, pero a su vez son análogas a las que aparecen en verano en las dunas repobladas (34,5 mg Cl/kg arena), y en el interior de la duna, en el corte Fonteta.

El aumento de valor a partir de los 240 m, donde la cota dunar ha subido hasta alcanzar los +12 m, y que solo 65 m más adelante subirá hasta +20 m parece apuntar la idea de que tampoco esta distancia del mar es suficiente para determinar la pérdida de influencia del efecto del spray marino, puesto que de haber continuado la serie, muy probablemente podríamos obtener valores progresivamente mayores, hasta llegar a la cumbre del perfil. También el descenso del nivel freático en estas dunas, como consecuencia del verano, parece alejar cualquier influencia de aportación de cloruros por transporte capilar desde el subsuelo, y permite imputar los cloruros a la intensidad del depósito marino y la capacidad de retención de las arenas.

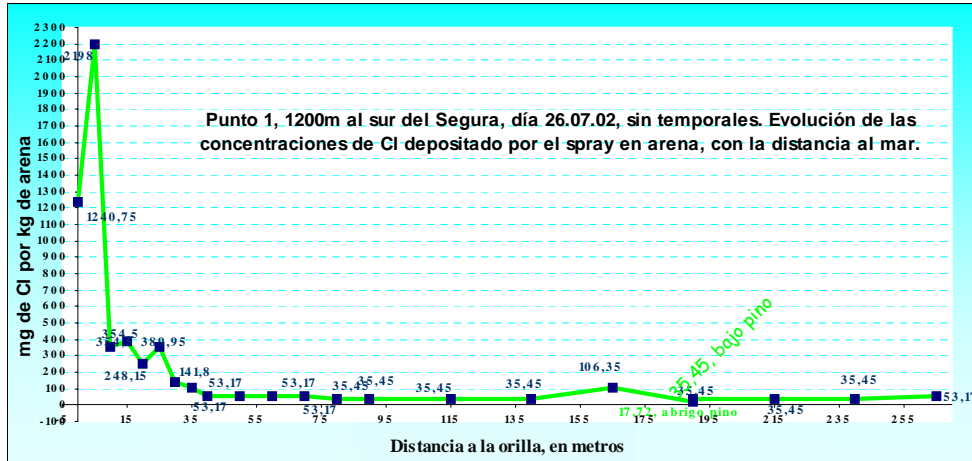
c.- Sur del río Segura y muestras del verano.



Punto1, 1200 m al sur del río Segura. Sección longitudinal correspondiente al tramo de recogida de muestras de arena, realizado en mayo de 2004.

Esta línea de muestras presenta características comunes con los valores de las arenas tomadas en verano en la playa del saladar, que tienen un valor muy alto para la muestra de la orilla, seguido de cuantías elevadas para la cresta dunar, pero mucho más bajas que en el Saladar. En la zona plana de sotavento los niveles de depósito descienden un 90 % en relación con los más altos de la playa. En la zona plana de sotavento los niveles de depósito descienden al 10 % de los existentes en la parte superior de la duna litoral, pero los valores absolutos

son similares a los que presentan las arenas de sotavento en Arenales. En este caso, el valor tan alto, 2.198 mg Cl/kg de arena en la zona de playa menos



pisoteada, guarda similitud con el dato de agosto de la playa del Saladar, y que también aquí puede tener relación con el depósito de sales y la formación de una



costra superficial a partir de agua evaporada del freático muy somero.

Los valores más altos, a 165 m no tienen explicación topográfica, quizá tenga alguna relación con la vegetación del punto de muestreo, en una

zona donde las herbáceas son casi inexistentes en esta época por el elevado calor y descenso freático, y son frecuentes las palmeras. El desplazamiento de las arenas por el viento pueda ser otro factor que explique variaciones puntuales.

Tampoco las muestras tomadas en la cuesta de barlovento de la duna siguiente que está situada a 200 m del mar, presentan valores más altos, que sí

repuntan ligeramente a sotavento de esa duna, y debajo de los árboles. La falta de temporales desde meses, y la ausencia de lavado por cualquier precipitación reciente, unido al transporte eólico, parece reforzar la idea de unas concentraciones mínimas que las arenas son capaces de retener por adsorción, y que se sitúan en los 34,5 mg de Cl/kg de arena, que también se repiten en varios puntos de Arenales.

7.4.5 Concentración de cloruros en las arenas de la playa, un km al sur del río Segura.

Las muestras de arena de playa no tienen más interés que conocer el rango de valores de retención de cloruros en estas arenas, que serían los

Muestra de arena, verano 2003	Playa	mgCl/Kg arena
Empapada a 5m de la orilla	2.1 a -50cm	5.537,29
Muy húmeda a 10m de la orilla	3.1 a -10cm	638,10
Mojada a 10 m de la orilla	3.1 a -75cm	992,60

máximos posibles para estas granulometrías, y con escasa o nula presencia de finos. Para ello se tomaron muestras de arenas empapadas en un hoyo a la



Situación de los pozos: tres al sur de la bahía del Segura, y dos al sur de la Desembocadura del río Segura.

orilla del mar, y también arenas húmedas o muy mojadas en las proximidades de la orilla.

El primero de los resultados no

parece un valor representativo de la concentración de cloruros en arenas, porque parte de los cloruros valorados debe corresponder al agua que ocupa los poros más grandes, puesto que no se ha dejado drenar el agua durante horas sino que solo se ha vertido el sobrenadante del frasco. Las concentraciones para el resto

están por debajo de los medidos en arena de la superficie en las muestras de arena de playa en verano y sin temporales, y son del mismo orden de los obtenidos en la duna litoral los días de temporal, en la playa del Saladar, y parecen expresar los máximos valores de cloruros que pueden retenerse en las arenas de la playa.

Estos datos refuerzan la idea de que los valores veraniegos tan elevados en los depósitos de Cl de la superficie en arenas de la playa, induce a atribuir parte de este depósito al dejado por las aguas que ascienden por capilaridad desde el cercano nivel freático de aguas marinas, que se evaporan con el calor estival concentrándose en la superficie, y que no solo es responsabilidad del depósito procedente del spray.

Para interpretar mejor los resultados de la acumulación superficial de cloruros en arena en otros puntos de la duna, también pareció necesario conocer si un efecto similar de depósito superficial por evaporación puede producirse a partir de aguas del subsuelo, aunque estas deban ascender desde varios metros y a través de estratos sucesivos, de arena, limos continentales y areniscas calcáreas, correspondientes a dunas fósiles. Para ello se tomaron muestras del agua de los sondeos realizados en diferentes puntos de las dunas donde se sitúa

Pozos.	Nivel piezométrico.	Situación	mgCl/ litro de agua.
1.1	-4,0m	Camino del Salidero, a 120m del mar.	2.552,4
1.2	-7,2m	Camino del Salidero, a 300m del mar.	1.630,7
1.3	-8,8m	Camino del Salidero, a 400m del mar.	1.063,5
2.1	-2,3m	Vivero, a 150m del mar.	1.630,7
2.3	-5,0m	Fonteta, junto camino, a 850m del mar.	2.233,5
Agua del mar			19.350,0
Agua dulce			5,75
Concentración de Cl en agua de pozos situados en las dunas, día 03.03.02.			

el nivel freático a diferentes cotas, con aguas salobres.

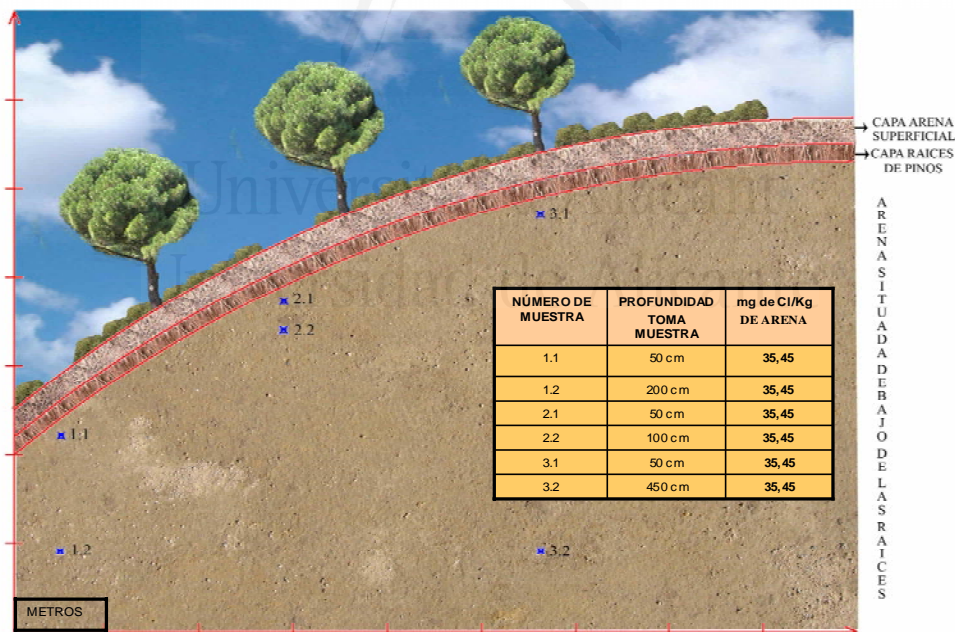
La escasa salinidad del agua de los pozos, incluso en las proximidades del mar, que oscila entre 1.500 y 2.500, y desciende a casi 1.000 mgr de Cl por litro de agua a 400 m del mar, indica que estas agua salobres pueden considerarse oligohalinas, porque están en casi todos los casos en el intervalo de los 200 mg a 2.000 mg (Escarré y col, 1997). Además de otras consideraciones sobre la dificultad de ascenso capilar a las partes altas de la duna del agua y sales, de los

datos obtenidos no se deduce que estas aguas, de tan débil salinidad, puedan tener una intervención relevante en los valores de cloruros que presentan las arenas superficiales en cualquiera de los puntos de muestreo de las dunas.

e.- Corte de duna en La Fonteta, en el que se tomaron muestras de arena a diferentes profundidades, y raíces pequeñas y muy pequeñas.

Además de la utilidad por conocer la distribución de la humedad en la duna, y que se estudia en el capítulo siguiente, se han aplicado también las muestras para averiguar datos básicos de concentración de cloruros en las arenas a distintas profundidades, y también si las raíces de los pinos, que son un sumidero de agua muy activo en estas dunas de clima seco, presentaban valores llamativos de acumulación de cloruros. Los valores de concentración salina en los diferentes puntos de muestreo son constantes y alcanzan los 34,45 mg de Cl/kg de arena.

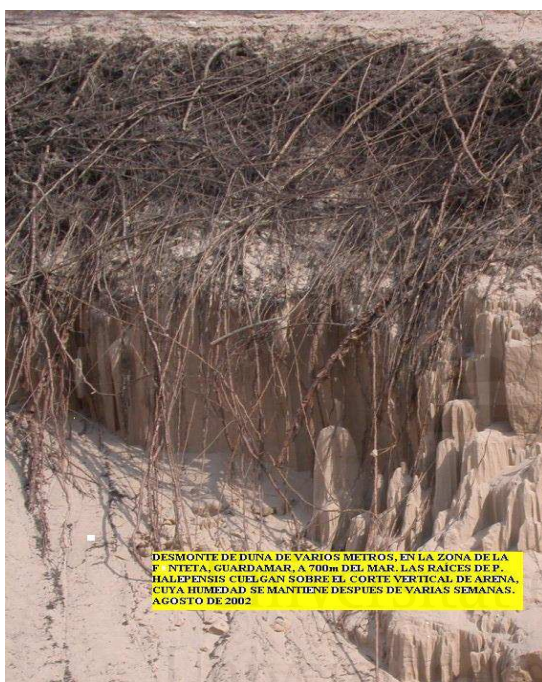
CORTE DE DUNA JUNTO AL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE "LA FONTETA". A 700m DEL MAR – AGOSTO DE 2.002. DUNAS REPOBLADAS DE GUARDAMAR DEL SEGURA



Los puntos están situados siempre por debajo de la tupida maraña de raíces y raicillas, a diferentes distancias de la superficie y del nivel freático, que estará a unos 5 m por debajo de los puntos 1.2 y 3.2, y unos 10 a 11 m más abajo de la parte más alta de la duna, si se tiene en cuenta el nivel piezométrico del pozo

construido a poco más de 100 m, al suroeste del corte dunar situado en el yacimiento árabe/ fenicio de La Fonteta.

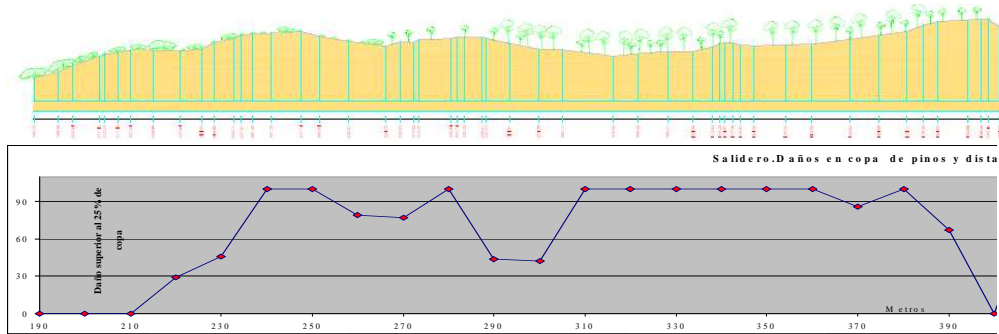
La constancia de este número posiblemente tenga alguna relación con la capacidad de retención de iones de estos sedimentos, con escaso porcentaje de finos, y muy sesgadas alrededor del tamaño 0,1 mm de diámetro, y elevada composición carbonatada.



Los valores tan moderados de las arenas contrastan con las cifras obtenidas para las raíces, 1.414, 45 mg Cl/kg de raíces, aunque estos corresponden a un volumen mucho mayor, pero como las raíces han sido solo lavadas pero no trituradas, el depósito salino corresponde solo al lavado de superficies externas. La muestra se ha obtenido a unos 35 cm de profundidad, a partir del seccionar fragmentos del tupido lienzo de raicillas que tiene solo unos centímetros de espesor, y

que parece cubrir totalmente toda la superficie. La foto está hecha varias semanas después del desmonte, por lo que las raicillas más diminutas se habían desprendido, no obstante son muy abundantes las raíces pequeñas y mayores, según puede observar en el corte de duna que aparece más arriba.

La evolución del daño con el alejamiento del mar, no presenta una clara evidencia, salvo a partir de los 400 m que parece comenzar una serie de cuadrículas con daños leves o inexistentes. Los daños graves de las últimas parcelas parecen tener más relación con el efecto sinérgico de las plagas, y



especialmente causados por Blastofagus.

De otra parte la relación entre el daño y la topografía parece evidente si se



analiza cuadrícula a cuadrícula, puesto que en la cresta de las dunas y barlovento hay una mayor exposición al viento marino, al margen de la distancia. Para ello se relaciona el perfil topográfico

elaborado por el Ayto de Guardamar en esta zona, con un gráfico en el que se representa el porcentaje de árboles que presentan daños superiores al 25 % de la copa e incluso los secos (100 %). Con este gráfico se pretende mostrar la evolución porcentual de árboles seriamente afectados, a la vez que la relación con la distancia, aunque esta manera de expresarlo solo permite expresar la idea, sin concluir la distancia del límite costero.

Como se ha dicho más arriba en trabajos de otros autores (Raventós 2001), también en esta correlación daños/ topografía aparece como evidente el mayor daño en las partes más expuestas al spray, que luego baja en las

depresiones, aunque a partir de los 400 m parece existir una menor afección a las copas al margen de la posición del árbol. Si se relacionan los daños graves con el levantamiento topográfico en toda la longitud del recorrido, a lo largo de una franja de 500 m, parece existir un efecto similar del spray sobre las hojas, sin que el factor más importante sea el alejamiento de la playa sino el topográfico. Es probable que la tendencia que comienza a apuntarse a partir de los 400 m, con una bajada brusca del efecto sobre las copas, pudiese confirmarse de ser más ancho el campo de dunas, y la longitud del recorrido, o bien utilizando otros análisis estadísticos.

b.- Transecto Vivero, situado un Km al sur del río Segura.

TRANSECTO 3. Vivero. Abril 2004		70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
Distancia a la orilla, en m.		70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
Nº parcela		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Pinus pinea. Nº de adultos.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	1	1
Nº de secos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin daño%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve %		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0
Moderado%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100
Grave%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Seco%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
P. halepensis. Nº de adultos.		0	1	4	5	14	7	8	4	0	0	0	0	1	1	14	7	0	1	1	0
Nº de secos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin daño%		0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve %		0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Moderado%		0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grave%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0
Seco%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de tocones ambas especies		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Camino																			
P. pinea+ halepensis adultos		0	1	4	5	14	7	8	4	0	0	0	0	1	1	14	7	2	1	2	1
Mod+Grave+Seco Ausencia(100%)		0	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100	100

270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610			
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0		
0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	80	0	0	0	100	75	100	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	25	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	2	5	2	1	0	0	0	0	0	2	3	11	5	3	2	0	0	1	0	0	5	9	8	4	4	6	2	4	4	1	1	1	1	1			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
abrigo duna																																					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0

En esta zona el ancho del sistema dunar alcanza algo más de 800 m, aunque el recorrido sobre la superficie es bastante mayor puesto que es un transecto donde los desniveles son muy evidentes por la gran envergadura de los médanos, y por tanto de exposición y abrigos más acusados.

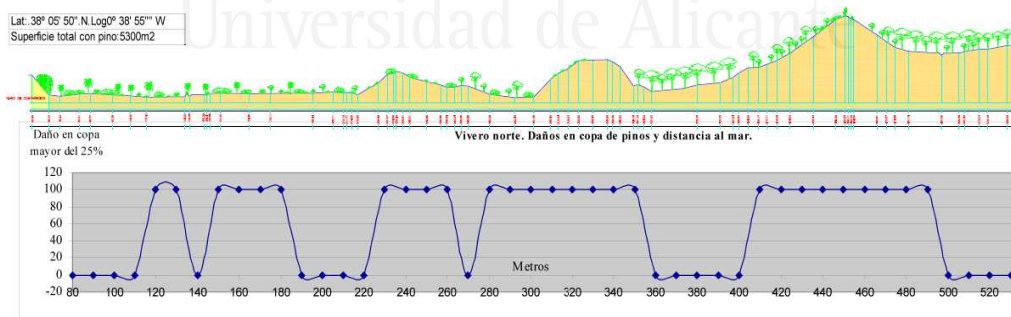
El recorrido topográfico no se extiende a toda la franja dunar, porque se superpuso la longitud del transecto de estudio de daños en las copas, al recorrido topográfico del que se disponía. Esta coincidencia permite comparar también la evolución de los daños con la disposición topográfica. Coincide su inicio (en la



contraduna litoral) con la circunstancia cada vez más escasa de conservar en

buen estado su topografía inicial, recrecida durante los trabajos de repoblación forestal de principios del siglo XX, y que parecía probable que pudiera producir algún efecto protector sobre la vegetación de sotavento. Este cordón litoral se encuentra seriamente dañado o destruido en buena parte del litoral de la bahía del río Segura.

Hasta los primeros 220 m el predominio del *P halepensis* es muy evidente, puesto que no hay ni un solo *P pinea* y además aquellos están poco afectados. En el resto hay *pineae* aunque en mucha menos proporción que en las dunas más cercanas a la población, y asimismo estos poseen mucha mayor intensidad de



daño que los carrascos. A partir de esta distancia la intensidad de deterioro y el número de ejemplares de ambas especies se hace más similar, hasta que pasados los 500 m vuelven a ser más numerosos los halepensis, pero ahora el daño es leve.

Comparando los daños con la topografía se pone de manifiesto que, al abrigo de la contraduna que llega a superar los 7 m, los daños son escasos por la protección del efecto de los levantes y el escaso porte de los árboles. Le siguen daños muy elevados conforme nos alejamos del resguardo, aunque luego se observa en la gráfica un incremento del daño muy acusado entre los 140 y los 190 m, pero que en realidad es una zona sin árboles, probablemente marras de sucesivas plantaciones, donde la competencia por el agua con las palmeras, u otros factores vinculados a la dificultad de conseguir agua, han hecho fracasar sucesivos intentos de repoblación. Coincidiendo con los mayores relieves que se producen a partir de los 220 m, la presencia de daños tiene una relación inversa con la topografía, aumenta en las cimas y fuertes pendientes, y desaparece en las vaguadas al abrigo de los vientos. En la parte distal del recorrido, y al abrigo de una duna que alcanza los 20 m de cota, los árboles de sotavento presentan daños escasos.

La relación daño/ distancia a la playa no llega a ponerse en evidencia, puesto que, en los centenares de metros de ancho del sistema dunar que abarcan nuestro transecto, no consiguen a hacerse notar los efectos reductores de los efectos del spray con la distancia, e independizarse de la situación topográfica, que si parece tener un protagonismo muy notorio.

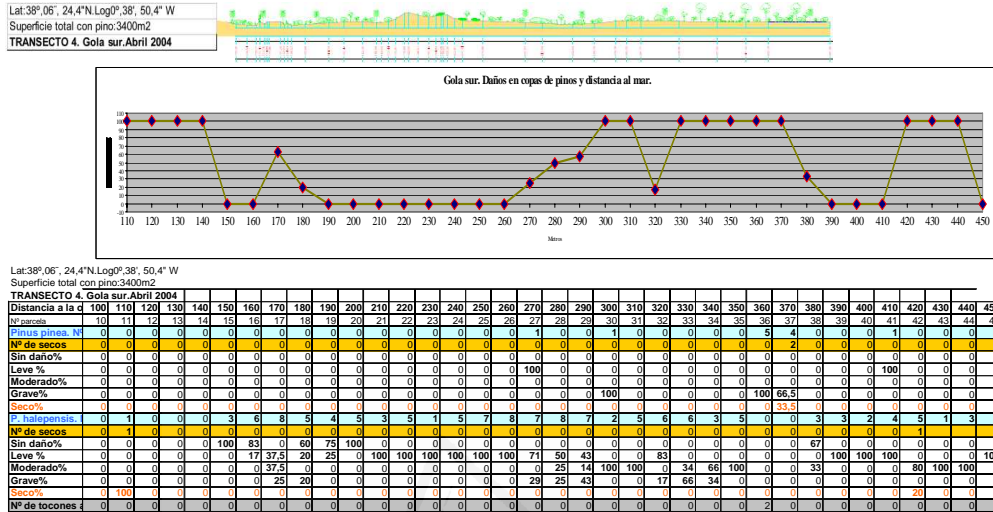
c.- Transecto Gola sur, situado quinientos metros al sur del río Segura.

Este tampoco abarca todo el ancho del arenal que en esta zona se extiende hasta los 450 m. La topografía casi plana es similar en todo el recorrido, comenzando por la zona más próxima al mar a cota +1, con un pequeño resalte litoral de 3,5 m de altura máxima donde antes había una duna litoral de más de 6 m de altura, aunque en el tramo litoral situado frente al puerto se extiende un depósito de sedimentos procedentes del dragado, de al menos ocho metros de alto, y que en la actualidad protege la vegetación situada a su abrigo mucho más eficazmente de los vientos de levante.

Otra pequeña elevación se sitúa a 180 m del mar, y asciende apenas hasta los 3 m, con lo que la protección topográfica durante todo el trayecto es apenas

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE

inexistente. Aquí los árboles son halepensis de escaso porte en más del 90 % del total de pies además de palmeras, y esta banda de protección se extiende hasta



los 270 m. No obstante, el pequeño resalte anterior seguido de un ligero descenso en la cota topográfica que se sitúa por debajo de 1 m, parecen suficientes condiciones para lograr una protección eficiente, unida a una mayor vitalidad de los arbolitos.

Aunque el perfil topográfico es muy corto y solo llega a los 380 m, y



teniendo en cuenta que es casi plano parece posible alargar más el tramo de estudio, hasta los 450 que abarca en este

lugar el ancho de las arenas. A pesar de ello la evolución distancia /afección a copa parece comportarse todavía totalmente independientes, aunque dentro del área de influencia del spray y sin que las caídas que se aprecian en los daños de las copas a partir de los 370 m supongan una clara tendencia a la desaparición de las lesiones, si bien es verdad que a partir de esta cuadrícula no aparecen lesiones graves.

Una vez más parece que la longitud del trayecto, que alcanza los 450 m no es suficiente para ver reflejada una clara modificación de la influencia del spray marino con la lejanía del mar, y es probable que de haber realizado los trabajos en los lugares donde los cordones de dunas alcanzan el ancho máximo del campo de arenas, situado algo más al sur y abarcándolo en toda su anchura, además del que se ha realizado al norte del Segura, pudieran obtenerse datos más concluyentes para establecer una relación directa distancia daños, independiente de la situación topográfica.

En todo caso parece evidente que de haber utilizado indicadores ambientales en el deslinde practicado a finales de la década anterior, existirían escasas coincidencias puesto que la franja del Dominio Público Marítimo Terrestre se extiende solo hasta los 130-140 m de distancia desde la orilla del mar, cuando todavía parece estar en la área de influencia litoral.

d.- Gola norte, situado quinientos metros al norte del río Segura.

Aunque aquí el cordón de arenas se ensancha hasta más de 1.100 m de la



orilla del mar. El trabajo de campo se adaptó al recorrido del perfil topográfico disponible, que se extiende hasta los 580 m, puesto que este recorrido es muy irregular, y para este caso no parece adecuado tener en

cuenta solo distancias, sin relacionarlo con la posición de las cuadrículas en los cordones dunares.

Como particularidad presenta el hecho de que a una duna litoral deteriorada pero no arrasada, aunque de escasa altura como en el tramo sur, sigue una superficie casi plana y con cota entorno al +1 hasta los 270 m de distancia al mar, donde ya el nivel freático se va alejando de la superficie y las

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA
MARÍTIMO TERRESTRE

arenas van subiendo hasta los +2,5 m, aunque en este recorrido los cipreses y palmeras no dan paso a los pinos hasta los 330 m, cuando ya la cota es +3 m y posteriormente asciende, hasta superar los +9 a 430 m de distancia.

En todo el inventario no hay pino carrasco y en los últimos 200 m, en casi todas las cuadrículas el daño observado en *P. pinea* es leve, salvo en dos cuadrículas en las que el deterioro es grave también en todos los árboles. Estos

Lat:38° 06', 52,7". N.Log 0º, 37', 42" W
Superficie con pino: 2800m2
TRANSECTO 5. Gola Norte. Abril 2004

Distancia a la orilla, en m.	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
Nº parcela	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Pinus pinea. Nº de adultos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de secos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin daño%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderado%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grave%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seco%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P. halepensis. Nº de adultos.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de secos	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin daño%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderado%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grave%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seco%	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de tocones ambas especies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cipreses y palmeras →

Pinus halepensis adultos	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mod+Grave+Seco Ausencia(100%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580			
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58			
0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	2	2	3	3	4	5	3	4	2	1	5	4	2	1	4	2	4	4	3	5	3	4	4	1			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	20	0	50	0	100	33	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
0	0	0	0	0	0	0	20	100	0	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	50	0	67	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

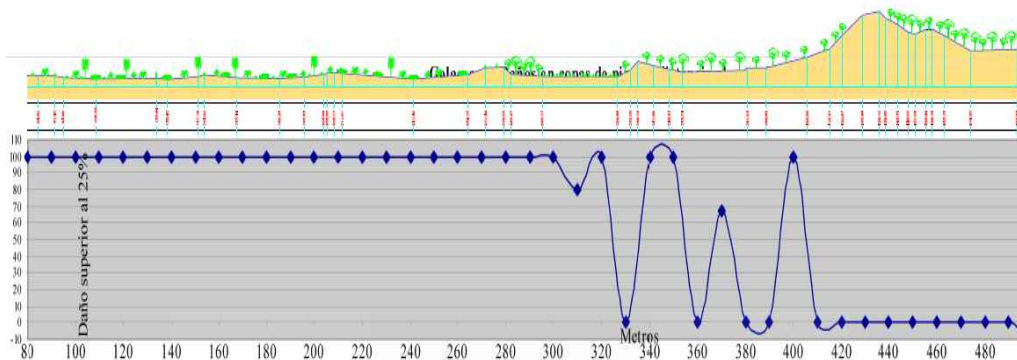
← **Cipres y palmeras**

100	100	100	100	100	100	80	100	0	100	100	0	67	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	---	-----	-----	---	----	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

datos parecen mucho más relacionados con las circunstancias topográficas, de manera que pequeños resaltes ofrecen algún abrigo más allá de los 300 m, mientras las crestas y barlovento marcan los deterioros mayores. A partir de la cumbre de la primera duna elevada que alcanza los nueve metros y a la que sigue una cota a sotavento inferior a los 5 m, ofrece suficiente protección y permite que las copas tengan un estado muy saludable, aunque con afecciones leves.

Tampoco este recorrido, analizado cuadrícula a cuadrícula, permite obtener conclusiones sobre una línea reconocible donde la influencia del spray indique un cambio en la continentalidad de la franja y permita afirmar la pérdida de influencia

determinante del mar. Quizás si el transecto llegase hasta las tierras de cultivo, abarcando el total de los más de 1000 m de ancho dunar fuese suficiente para encontrar un punto de inflexión, a partir del cual se observe un cambio de tendencia en los efectos salinos. No disponemos de un perfil topográfico fiable del



resto de franja de arenas, y en todo caso el objetivo, en relación con la posible utilidad del efecto de la sal sobre la vegetación existente no psammófila, para utilizarse como indicador (en este caso los pinos), parece resuelto en sentido favorable puesto que el daño es fácil de medir, rápido, económico y objetivo. Cuestión diferente será encontrar un tratamiento adecuado de los datos que permita determinar el punto de cambio que se busca.

e.- El Pinet, situado al norte del pueblo de La Marina (Elche), entre la primera charca de las salinas de Sta. Pola y el mar.



Este transecto presenta como diferencia, además de su disposición entre el mar y la laguna salina, el hecho de que no presenta

ningún relieve importante, solo se alcanzan los +4,62 m a 64 m de distancia del agua, aunque luego cuando nos alejamos del mar más allá de los 110 m, la cota

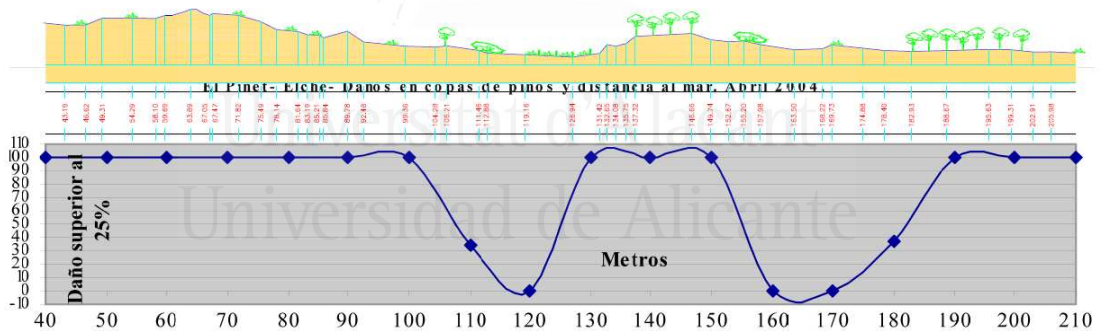
del suelo está por debajo de +1 m, y solo sube ligeramente hasta 2,63 m, para volver a caer a los niveles anteriores en las últimas cuadrículas.

Otra característica a tener en cuenta es el hecho de la situación relativa de este punto en la bahía, que se sitúa casi cinco kilómetros más al norte del anterior. Aquí el cabo de Sta. Pola ofrece mucho mayor abrigo de los vientos de NE y grandes temporales de levante, que en los puntos situados más al sur de la bahía. Las cuestiones indicadas más atrás, pero sobre todo la escasa longitud de

Lat 38° 09' 40" N. Log 0° 37' 33,9" W
Superficie total:1700m2

TRANSECTO 5. El Pinet-Elche-Abril 2004

Distancia a la orilla, en m.	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Nº parcela	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Pinus pinea. Nº de adultos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Nº de secos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin daño%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderado%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Grave%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seco%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P. halepensis. Nº de adultos.	1	2	3	0	0	1	0	7	2	0	0	0	6	5	8	0	7	8
Nº de secos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sin daño%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve %	0	0	0	0	0	0	0	66	100	0	0	0	100	100	63	0	0	0
Moderado%	0	0	100	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	25	0	100	75
Grave%	100	100	0	0	0	100	0	17	0	0	0	0	0	0	12	0	0	25
Seco%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de tocones ambas especies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
P.pinea+ halepensis adultos	1	2	3	0	0	1	0	7	2	1	0	0	6	5	8	0	7	8
Mod+Grave+Seco Ausencia(100%)	100	100	100	100	100	100	100	34	0	100	100	100	0	0	37	100	100	100



este tramo, unido a la falta de relieves destacables, y al hecho de tener en el lado de poniente una laguna hipersalina, probablemente hace de este tramo de las dunas un lugar singular. En relación con los datos que aquí interesan, encontramos evidencias en el hecho de que en las cuadrículas, donde no encontramos daño grave, más parece relacionado con la protección de la topografía. La menor intensidad del efecto del levante en este lugar mucho más al norte, y la protección de los otros árboles (que son todos halepensis de escaso porte) parece más tener más impacto que la distancia de la orilla del mar. De

hecho la gráfica presenta una geografía de daños casi simétrica, la primera mitad en relación con la segunda, y todos los árboles tienen algún grado de deterioro.

Parece como conclusión más evidente, que si consideramos el indicador de daños en copa como categórico, toda esta franja debería incluirse dentro del deslinde, puesto que la influencia marina es similar al principio tanto como al final del tramo estudiado.

7.4.5. El daño en copas de pino recapitulación del efecto dilatado en el tiempo del depósito de sal. Su dependencia de la distancia al mar, y su utilidad como indicador.

Como resultado de la rotura de olas y la formación de espumas se produce una vaporización de agua marina en la atmósfera en forma de gotas diminutas, que en esta costa cuando soplan los vientos de levante se traslada tierra adentro, produciendo depósitos salinos en partes aéreas de las plantas y en el suelo, y deteriorando o incluso matando la vegetación no propia de arenal.

De manera indirecta puede también afectar a la distribución de especies cuyo hábitat estricto es el dunar, tanto por los efectos negativos en su fisiología o morfología, como por el aporte de nutrientes que puede acarrear el viento marino.

El principio de pertenencia directa al Dominio Público Marítimo Terrestre que define la Ley 22/1988, en su Art 3º, determina que forman parte de él todas las tierras donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos, además de las playas o zonas de depósito de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas, tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marino, u otras causas naturales o artificiales. En consonancia con este criterio parece que la franja que pretendemos delimitar apoyándonos en indicadores, debe estar incluida en la clasificación y definiciones de la Ley de Costas para que pueda corresponder al dominio público. A su vez este procedimiento de deslinde debe también definirse teniendo en cuenta vínculos significativos con el medio marino, aunque en esta ley solo se hace explícito el alcance del agua por las olas durante los grandes temporales.

En otro lugar, el Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de dominio público “marítimo-terrestre estatal”, en su Artículo 4, proporciona más criterios para la determinación de la zona marítimo-terrestre y de la playa. Según este RD se considerarán incluidas en la delimitación de la playa las cadenas de dunas que estén en desarrollo, desplazamiento o evolución debida a la acción del mar o del viento marino. Asimismo se incluirán las fijadas por vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa, es decir una franja complementaria, no invadida por el mar pero estrechamente vinculada a los procesos litorales.

La vinculación legal de la acción del mar y el viento marino a la pertenencia a la playa en dunas no fijadas, además de necesidad de la defensa de la costa para las fijadas por vegetación, permite realizar propuestas de vinculación de indicadores que proporcionen una definición más precisa del límite de la franja del DPMT considerando la costa en términos de sistema, tanto por el medio físico como por la biocenosis. Estas propuestas necesitan a su vez estar sustentadas en datos que de una parte vinculen de manera ineludible su valor con la distancia al mar, y además que de las mediciones puedan obtenerse resultados relativamente concretos y objetivos, para que la interpretación de los valores obtenidos por los diferentes indicadores precise del un mínimo de subjetividad.

Análisis de la relación distancia al mar y concentraciones de cloruros o daños en copas, y metodología estadística.

La comparación de valores de cantidades de cloruros con la distancia al agua, tanto para suelos como partes aéreas, indica claramente una dependencia de ambos con la distancia al mar, con lo cual parecen indicadores que pueden adoptarse. Aunque cuestiones como la longitud de los tramos tanto para suelos como sedimentos, o su ajuste con la topografía para establecer posibles relaciones, por el cambio de las líneas de flujo del viento y su capacidad de transporte, que se observa en contradura litoral, deberían tenerse en cuenta en un deslinde. Muy probablemente en los relieves más alejados, las turbulencias y

protecciones que producen los diferentes elementos del paisaje harán menos significativo el efecto de la topografía, salvo en topografías muy acentuadas.

En relación con los datos obtenidos la correlación entre las variables distancia y cantidad de cloruros es buena. Para conocer el grado de relación entre la distancia al mar y el depósito de cloruros se aplicó una regresión y el análisis del coeficiente de correlación entre dos variables, representando la relación entre dos o más variables mediante una ecuación que permitirá estimar una variable en función de la otra. Estas ecuaciones se ajustan bien a una línea de tendencia polinómica que es una línea curva (cuando los datos fluctúan más), a una línea logarítmica que es una curva que se ajusta bien cuando el índice de cambios de los datos aumenta o disminuye rápidamente y después se estabiliza, y a la exponencial, útil cuando los valores de los datos aumentan o disminuyen a intervalos cada vez mayores. En el caso de la evolución de las concentraciones de spray en los días de temporal de marzo del 2002, tanto para los depósitos en captadores como en arenas, se ajusta bien a una línea de tendencia polinomial con valores de R^2 superiores a 0,8 y 0,9, exponencial con R^2 de 0,744, y logarítmica con valores cercanos a 0,9, que indican un grado de relación entre dos variables con correlación positiva entre fuerte y perfecta. Cuanto más cercano a +1 o -1 sea el valor del coeficiente de correlación, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables.

En relación con los datos del spray marino y los daños en copas de pino, si se analizan cuadrícula a cuadrícula el número de pinos existentes y la influencia muy local de otros árboles o pequeños resaltes hace algo complicado evidenciar esa relación distancia y efecto, por lo que dado el objetivo de obtener un criterio general, parece más conveniente agrupar las cuadrículas por tramos más largos que los 10 m de cada una. De otra parte es más representativo para evidenciar los efectos si también se suman los datos de más de un inventario, para igual distancia. El mayor número de árboles a igual distancia, de lugares diferentes, garantiza en mayor grado evaluación de la eficacia del procedimiento.

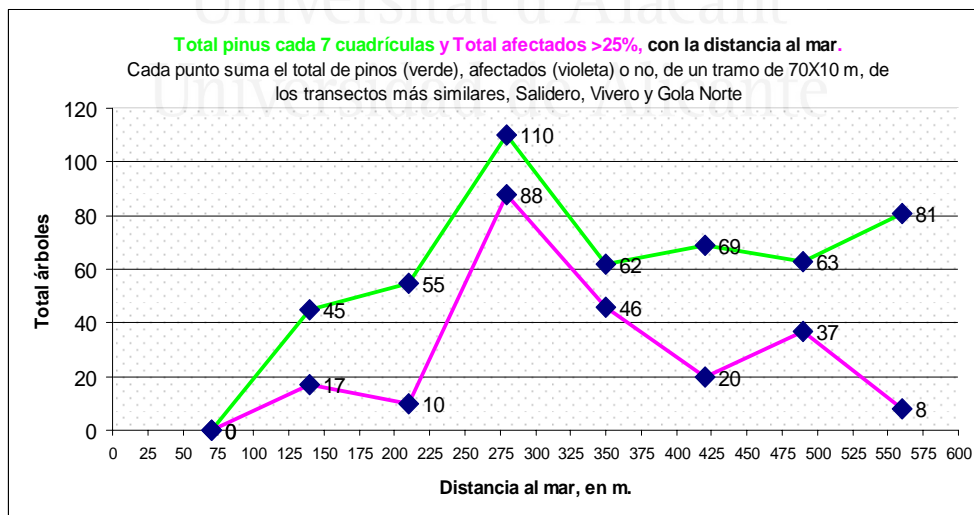
Otra cuestión relativa a la suma de datos de tramos en lugares alejados y situaciones de partida muy diferentes, es que el resultado puede no ser muy

ajuntado a lo que ocurre, por lo que a la hora de comparar los valores en las gráficas tan solo se tienen en cuenta los recorridos homologables aunque estén alejados, el de la zona del Salidero, el situado un kilómetro al sur del río Segura y el trazado al norte del río. No se utilizan los datos de los Pinet y el Gola Sur, porque son de más reciente repoblación, son los árboles de escaso porte y *Pinus halepensis*, además de no presentar relieves topográficos significativos y en cambio sí un nivel freático muy próximo a la superficie.

Para que los datos resulten homologables, dada la diferente longitud de cada uno de los tres recorridos, se consideran solo los relativos al más corto, y que llega a los 560 m. Con el fin de considerar tramos con número múltiplo del total se agrupa en ocho de setenta metros, tanto el número total de pinos como los afectados en más de un 25 % de su copa. El número total de árboles es de 485, y los afectados 226, distribuidos a lo largo de los 560 metros totales.

De esta gráfica que relaciona el número total de pinos, el de afectados y la distancia al mar se deducen varias cuestiones:

1.- El gráfico que representa el número de afectados en más del 25 % es



paralelo al del total de árboles hasta los 360 m, luego la densidad de árboles se estabiliza y aumenta al final, mientras que a partir de los 500 m disminuye bruscamente el número de afectados.

2.- Hay un menor número de pinos y porcentaje de afectados en la parte más cercana al mar, lo que parece tener relación con el hecho de que el número de marras y la supervivencia dificulta la existencia del bosque de pinos en zonas cercanas al mar, y los que sobreviven suelen ser los más jóvenes o de escaso porte, que pueden quedar protegidos por la duna litoral, puesto que por debajo de su cota disminuye el depósito de sales.

3.- Agrupados así en tramos de 70 m parece que el máximo de pinos y de afectados a 280 m tenga relación con el progreso medio de la topografía, que posteriormente puede tener un papel protector del spray, además de la creciente distancia al mar.

4.- La aplicación y metodología estadística aplicable a estos datos, debe hacerse teniendo en cuenta las diferencias topográficas o de posición en la bahía de los transectos. El objetivo no es el cálculo específico de un punto de deslinde sino la utilidad del indicador. Los resultados obtenidos, con topografías diferentes, como corresponde a los tres transectos sumados, ponen de manifiesto sin lugar a dudas la relación entre la exposición al viento marino y el deterioro de las copas.

5.- La variable que se debe establecer debería ajustarse bien a un proceso binomial, del tipo 1 o 0, donde el primero corresponde al cumplimiento de la exigencia del mantenimiento de valores por encima del 50 %, de la variable, y 0 por debajo. Probablemente esta variable deba ser la existencia en la cuadrícula (en este caso 70x10) de más o menos del 50 % de árboles dañados en su copa, y en el caso práctico del deslinde en un punto concreto podrían sumarse al menos

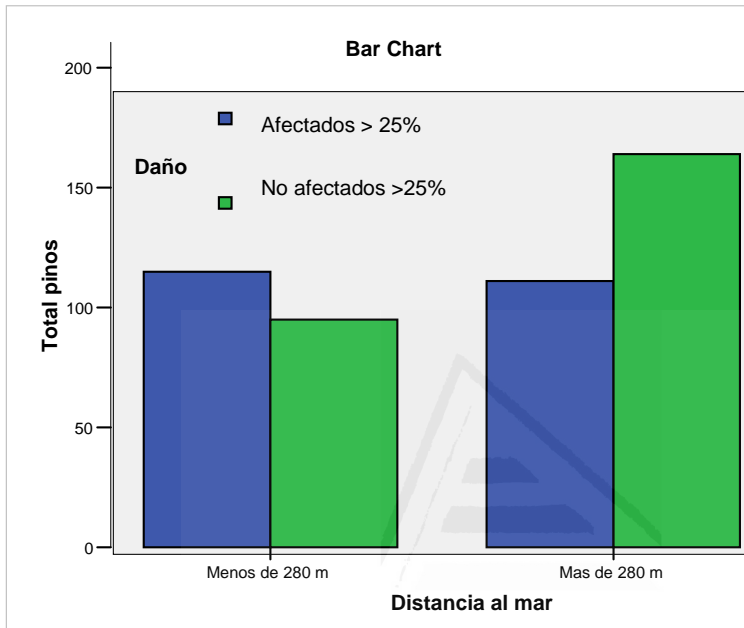
Relación distancia * daño, para ambas especies de pinos, a partir de datos de los transectos 2, 6 y 8, de 2.003

Distancia al mar	daño		Total
	afectados > 25%	no afectados >25%	
Menos de 280 m	115	95	210
Mas de 280 m	111	164	275
Total	226	259	485

dos transectos muy próximos, para obtener los valores de cada punto equivalente de deslinde con la precisión que necesita un

deslinde.

Para analizar si la distancia al mar es determinante en la cantidad de árboles con más del 25 % de su copa afectada, se construyó la tabla de contingencia, a partir de los datos de los lugares con repoblación más homogénea, el Salidero, Vivero y Gola Norte (2, 6 y 8), Se tomó la longitud del



más: corto, que se extiende hasta los 560 metros de distancia del mar, se sumaron los tres cuadrícula a cuadrícula y se consideraron dos grupos, los incluidos en los primeros 280 metros y los de los siguientes hasta el final.

Se utilizó como punto de corte la mitad de la distancia muestreada en los trabajos



Pino situado en la ribera del Segura, a 1 km del mar. Se observa el daño en copa por el lado de barlovento. 2007.

correspondientes a los lugares Salidero, Vivero y Gola Norte, de 2003, realizando una prueba Chi-cuadrado, que dio como resultado que hay una probabilidad de una relación de dependencia con probabilidad igual a 0.001. En el gráfico que muestra la relación se puede apreciar

como la proporción de afectados muy es superior en la mitad más próxima al mar (menos de 280 m).

CAPÍTULO OCTAVO: DISTRIBUCIÓN DE PSAMMÓFILAS CON LA DISTANCIA AL MAR.

8.1. INTRODUCCIÓN.

8.1.2. Distribución de las especies psammófilas en la franja marina-litoral.

El agua es un es un componente necesario de las plantas, pero además el agua transporta nutrientes en su viaje desde las raíces hasta las partes aéreas. Por otra parte, según Terradas (2001) la economía del agua está ineludiblemente vinculada a la del carbono, ya que el intercambio de gases necesarios para la fotosíntesis implica la salida del vapor de agua, del medio más hidratado (la planta), al más seco (el aire), en el proceso conocido como evapotranspiración. Por consecuencia ese proceso implica también el paso desde el suelo a la raíz, en un volumen similar.

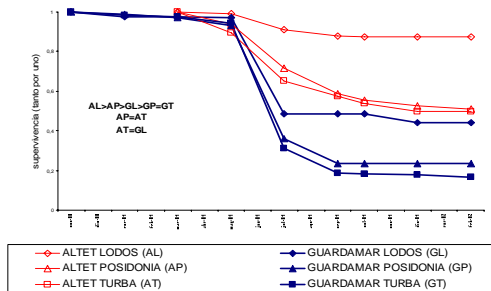
El espacio entre las partículas del suelo, tanto orgánicas como minerales, es el que corresponde a los poros y contienen cantidades variables de agua y aire. Los suelos con limo y arcilla tienen pequeños poros, y mucho mayores en los suelos arenosos, no obstante aunque las partículas y los poros son mayores en el suelo arenoso, el volumen total de los poros capaces de retener agua es menor que en los suelos limosos o arcillosos. De todo el volumen almacenado, hay un agua disponible que es retenida en el suelo por las fuerzas capilares y puede ser extraída por las plantas, y es el la cantidad que se puede retener entre la capacidad del suelo y el punto de marchitamiento. En un suelo franco las plantas pueden usar aproximadamente el 50 % del agua disponible sin estrés. A partir del 50 % puede darse el estrés (Klocke et al, 1996).

Para Seva (1982) las entradas de agua en las dunas pueden tener tres fuentes mayoritarias, la lluvia, la formación de rocío por las fluctuaciones de temperatura día- noche, y la proximidad o contacto con el nivel freático, que por capilaridad, puede proporcionar el suficiente contenido de agua al sustrato inmediato. Este agua disponible contenida en el suelo asciende por capilaridad, y es absorbida por las raíces, produciendo un transporte que consume energía solar, aunque el flujo del agua, equivalente al consumo que permite la producción,

no es una mera pérdida, sino una necesidad fundamental para el funcionamiento de las plantas (Terradas, 2001).

La necesidad hídrica probablemente esté condicionada también por la proximidad al mar porque, como encuentran algunos autores, la demanda por evaporación de las plantas puede ser incluso dos veces más alta en un lugar próximo al mar que en las zonas interiores (Ishikawa et al, 1995), lo que a su vez inducirá una distribución de especies en función de la disponibilidad de agua. Esta es la conclusión a la que llegan Ishikawa et al (1995) en relación con la distribución zonal de *Calystegia soldanella*, *Carex cobomugi* e *Ischaemum antheophoroides*, plantas psammófilas asiáticas utilizadas en repoblaciones de dunas, según la mayor a menor tolerancia a la sequedad.

Otro factor que puede tener una influencia muy local en la distribución es la temperatura. Así la situación sol o sombra puede tener gran influencia, puesto que en superficie arenosa puede alcanzar muy bien temperaturas de 45- 50 °C en las épocas más calurosas. La temperatura desciende muy rápidamente con la profundidad (Seva, 1982), debido en este caso más bien a la orientación topográfica, y el efecto de las brisas. Un tercer factor muy importante a considerar es la existencia de plantas con sistemas radicales más eficaces, como pueden serlo los de algunas sammófilas, muy competitivas por el agua, pero también el tupido lienzo que tejen las raíces de los pinos, palmeras y otros árboles en zonas repobladas.



Lledó et al, 2003.

De hecho, Escarré et al (2003) en experiencias sobre restauración de dunas usando sustratos diferentes y plantas psammófilas, en las dunas sin repoblar de la playa del Saladar y en Guardamar, encontraron porcentajes

de supervivencia muy diferentes en las dos localidades, y que es mucho mayor donde no hay repoblación forestal, probablemente como consecuencia de la competencia por el agua, que las raíces del pinar adulto capturan con gran

eficacia. Este resultado se da en todos los casos aunque es mayor el porcentaje de supervivientes en los plantados sobre lodos.

8.2. OBJETIVOS.

8.2.1. Conocer la relación de la distribución de psammófilas con la distancia al mar, y la importancia de la influencia marina en los cambios de las asociaciones vegetales.

En este capítulo se estudia uno de los indicadores posibles ligado a las comunidades que forman parte de la vegetación dunar. Se trata de encontrar algún tipo de relación entre la distribución de plantas psammófilas estrictas y su distancia al mar, cuestión esta que cumple con las premisas de un indicador, puesto que resulta relativamente fácil de determinar, además de ser un criterio metodológico exportable a cualquier punto del litoral. Aunque sea evidente, debemos señalar que en las zonas donde las dunas han sido ocupadas por cultivos o urbanizaciones no pueden usarse como indicadores los transectos de plantas, pero sí en las dunas colindantes con las que pueden establecerse comparaciones, como puede ser el caso de la playa del Saladar y Arenales del Sol al sur de la ciudad de Alicante.

Según la tesis que aquí se mantiene, de la Ley se desprende que es la inclusión en la definición legal de dominio público marítimo terrestre lo que determina o no su pertenencia al demanio, y que esta adscripción al litoral debe determinarse mediante parámetros medioambientales que determinen franjas de mayor uniformidad, o dicho en otros términos, que sirvan para marcar los límites del ecosistema dunar determinado en mayor cuantía por la presencia del mar.

Es evidente la dificultad que supone buscar la línea a partir de la cual la influencia marina debe considerarse poco importante, y por tanto servir de linde, pero no lo es menos la inseguridad de determinarlo conforme se dice en el Reglamento de la Ley: "Asimismo se incluirán las fijadas por vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa la costa". En este sentido es muy relevante admitir el criterio de que el ámbito costero de la Ley debe coincidir con una unidad natural, que puede delimitarse con parámetros físicos o geomorfológicos de distinto valor, como la existencia de

dunas actuales, y también la presencia de una biocenosis más o menos uniforme, y que no se trata de un simple criterio subjetivo de la administración.

La comunidad de seres vivos, está formada por especies adaptadas de forma muy específica al medio arenoso, y caracteriza la biocenosis, en buena parte por su capacidad para obtener agua y adecuarse al sustrato arenoso, así como por circunstancia impuestas por la proximidad del mar. De los distintos grupos de seres vivos presentes en las dunas, se estudiarán las plantas características del arenal por la sencillez que supone el trabajo de campo, la facilidad por caracterizar los grupos de especies que pueden seleccionarse e identificarse en el campo, y por la objetividad del método. De ellas se han elegido las psammófilas, y estudiado la distribución en relación con la distancia a la costa de un grupo de especies representativas de esta bahía.

8.3. MATERIAL Y MÉTODOS

8.3.1. Estudio de la distribución de psammófilas mediante recorridos perpendiculares a la playa, en relación con la distancia al mar.

El método de líneas perpendiculares al mar, divididos en cuadrículas consecutivas de dimensión uniforme tiene de interés el hecho de que permite conocer la distribución referida a la distancia del litoral, y por tanto establecer una secuencia paralela a la costa, que puede ser de utilidad para encontrar distancias a las que pueda sospecharse una pérdida determinada de la influencia marina.

Para realizar este trabajo una primera decisión será elegir las plantas que deben utilizarse en cada caso, y luego localizar los lugares representativos de la zona donde deban realizarse los itinerarios, y por tanto su número. Sin embargo la técnica concreta de deslinde exigirá el estudio de los puntos concretos que deban situarse en la línea perpendicular al mar donde se situará el mojón. Las interferencias que pueden darse por factores como la disponibilidad de agua, topografía o competencias con otras plantas son factores a considerar y que deben analizarse, en mayor grado los que pueda sospecharse que pueden generar una mayor distorsión de los datos.

8.3.2. Valoración del grado de exclusividad que muestran por el medio dunar las plantas psammófilas.

La primera valoración del grado de representatividad de las plantas que se encuentran en estas dunas se hizo a partir de los escasos datos conocidos de las

Especies más abundantes en las dunas de la bahía del río Segura a principios del siglo xx, según Mira, 1906, en las Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural.	
Especie	Nombre vulgar
Psamma arenaria R.	Et Sch.-Barrón.
Ononis Natrix L. var. <i>microphila</i>	Boiss.- Melera, mata marina.
<i>Ononis antiquorum</i> L.	
<i>Euphorbia biumbellata</i> Poir.	Lechera.
Pancratium maritimum . L	Azucena silvestre.
<i>Helichryson Stoechas</i> D. C.; var. <i>cespitosum</i> Willk.	Siempreviva.
<i>Carduus bourgeanus</i> Boiss	Cardo. (Centurea seridis ?)
<i>Convolvulus altheoides</i> L.	Correguela.
Cyperus schoenoides Gris.	Margalló.
<i>Solanum miniatum</i> L.	Jazmin de sierra
<i>Solanum sodomium</i> L.	Solimán, tomatara del Diablo.
<i>Tamarix gallica</i> L.	Taray.
<i>Juncus communis</i> L	Junco.
<i>Phragmites communis</i> Trin.	Carrizo.

especies que crecían en estas dunas antes de la repoblación forestal. De los documentos estudiados se anotaron las que se indican en la tabla adjunta. Cabe precisar que de todas estas especies, la más abundante era el barrón y luego la mata marina, que formaban pequeños rodales; de los demás, sólo se veían individuos aislados (Mira 1906).

Otras especies no psammófilas que crecían bien en las arenas, aunque sin llegar á un gran desarrollo, la caña común, *Arundo Donax* L, y la pita, *Agave americana* L, puestas en algunos sitios del arenal por los propietarios confinantes, con el objeto de defender, en parte, los cultivos, retrasando el avance de la arena por el obstáculo que ofrecen estas plantas á su paso (Mira, 1906).

De las especies presentes se han seleccionado aquellas que en lo posible sean psammófitas estrictos o al menos con gran prioridad por el medio dunar, y que estén presentes en las zonas no repobladas que pueden ser más representativas del estado natural de la vegetación, además de que sean fáciles de reconocer. Se ha considerado conveniente utilizar plantas adaptadas de arenal porque la capacidad para tolerar el rocío del spray marino es crítica para las poblaciones de las planta en los ambientes costeros. La oportunidad para una continuada microevolución para una mejor tolerancia de sal pueden producirse si hay variación en la respuesta al rocío de sal de grupos genéticos diferentes (Cheplick & Demetri, 2000).

Se estudian 18 especies distintas, que figuran en la tabla 7.3, con un total de 10 inventarios y 730 cuadrículas. Como cada cuadrícula es un rectángulo de 5 metros de longitud por 2 de ancho, la muestra realizada es de 7300 m cuadrados, con una longitud de 3650 m a los que hay que añadir unos 200 de playas.

A.- Particularidad de las plantas utilizadas en el estudio.

Las plantas psammófilas son las que tienen preferencia por los sustratos de tipo arenoso. Ellas son las que llevan a cabo la colonización de las dunas y suelen mostrar preferencias por las diferentes franjas que van desde la misma playa hasta las áreas donde la arena pierde movilidad como consecuencia del desarrollo de la cubierta vegetal. A medida que se desarrolla una vegetación más compleja hay muchas especies que son capaces de vivir en los matorrales o bosques que pueden terminar ocupando los medios de arenales, sin embargo en las fases iniciales de la colonización de las masas de arena solo los psamófitos tienen capacidad para habitar ese medio tan particular.

Para este trabajo resulta de especial interés seleccionar aquellas plantas que están ligadas de forma exclusiva al medio que constituyen las dunas litorales, y a las que se puede denominar psammófitos estrictos. La selección de este tipo de plantas se ha hecho con el mismo criterio de Bernabé (2004) que se basa, por una parte en los mapas de distribución de especies vegetales en los Países Catalanes [referencias en la tabla 3-2 de la tesis, todas las de la última columna] y por la otra en toda la bibliografía fitosociológica, en especial Rigual (1984), Bolos (1967), Bolos & Vigo (1984,1990,1995) y Costa & Mansanet (1981) en la que se destaca como especies características del ecosistema de dunas las que viven exclusivamente en ese medio.

La tabla 8.1 es una modificación de la de Bernabé (2004) que incluye la totalidad de las especies psamófitas existentes en el área de los Países Catalanes, con cuatro columnas, en la primera si se trata o no de un psammófito estricto, en la segunda su preferencia latitudinal, si la hay, en la tercera el número de localidades que aparecen en el mapa de distribución y en la cuarta la referencia de la obra donde aparece el mapa publicado.

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA
MARÍTIMO TERRESTRE

Para decidir si una especie se puede o no considerar un psammófito

	Tipo psamófito	Latitud	Nºlocalidades	Autor	
<i>Ammophila arenaria arundinacea</i>	estricto	septentrional	C	Bolòs 1998	Especies psamófitas de los países catalanes, descritas por los autores que se indican. En negrita las utilizadas en este trabajo. Se incluye tipo de psamófito, latitud, y número de localidades: A(<10 localidades), B(10-50), C(51-100), D(>100 localidades). De Bernabé A, 2004
<i>Aetheorhiza bulbosa bulbosa</i>	no estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Ambrosia maritima</i>	estricto	/	A	Bolòs 1998	
<i>Atriplex rosea tarraconensis</i>	estricto	/	A	Bolòs 1998	
<i>Blackstonia perfoliata imperfoliata</i>	no estricto	/	A	Bolòs 1998	
<i>Cakile maritima maritima</i>	estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Calystegia soldanella</i>	estricto	septentrional	C	Bolòs et al 2001	
<i>Carex extensa</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Catapodium marinum</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Centaurea seridis</i>	no estricto	meridional	B	Bolòs 1998	
<i>Crucianella maritima</i>	estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Cutandia maritima</i>	estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Cutandia memphitica</i>	estricto	meridional	A	Bolòs 1998	
<i>Cyperus capitatus</i>	estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Echinophora spinosa</i>	estricto	septentrional	A	Bolòs 1998	
<i>Echinum arenarium</i>	estricto	meridional	B	Bolòs 1998	
<i>Echium sabulicola</i>	estricto	meridional	C	Bolòs 1998	
<i>Elymus farctus farctus</i>	estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Erodium lacinatatum</i>	no estricto	meridional	C	Bolòs et al 1998	
<i>Eryngium maritimum</i>	estricto	/	C	Bolòs et al 1999	
<i>Euphorbia paralias</i>	estricto	/	C	Bolòs et al 1999	
<i>Euphorbia peplis</i>	estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Euphorbia terracina</i>	no estricto	/	D	Bolòs et al 1999	
<i>Halimifolium halimifolium</i>	no estricto	septentrional	A	Bolòs 1998	
<i>Hedypnois arenaria</i>	estricto	meridional	A	Bolòs 1998	
<i>Ipomoea imperati</i>	estricto	meridional	A	Bolòs 1998	
<i>Juniperus oxycedrus macrocarpa</i>	estricto	meridional	A	Bolòs 1998	
<i>Juniperus phoenicea lycia</i>	no estricto	meridional	B	Bolòs 1998	
<i>Lagurus ovatus</i>	no estricto	/	D	Bolòs 1998	
<i>Launaea fragilis fragilis</i>	no estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Lotus creticus creticus</i>	estricto	meridional	C	Bolòs 1998	
<i>Malcolmia littorea</i>	estricto	meridional	B	Bolòs 1998	
<i>Malcolmia ramosissima</i>	estricto	septentrional	B	Bolòs 1998	
<i>Maresia nana</i>	no estricto	/	B	Bolòs et al 1997	
<i>Matthiola sinuata sinuata</i>	estricto	septentrional	B	Bolòs 1998	
<i>Medicago litoralis</i>	no estricto	/	D	Bolòs 1998	
<i>Medicago marina</i>	estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Melilotus sicula</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Ononis natrix ramosissima</i>	no estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Otanthus maritimus</i>	estricto	meridional	B	Bolòs 1998	
<i>Pancratium maritimum</i>	estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Panicum repens</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Paspalum vaginatum</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Phleum arenarium</i>	no estricto	/	A	Bolòs 1998	
<i>Plantago crassifolia</i>	no estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Polygonum maritimum</i>	estricto	/	C	Bolòs et al 2000	
<i>Pseudorhiza pumila o maritima</i>	no estricto	/	C	Bolòs et al 1999	
<i>Sporobolus pungens</i>	estricto	/	C	Bolòs 1998	
<i>Salsola kali</i>	no estricto	/	D	Bolòs et al 2001	
<i>Silene littorea littorea</i>	estricto	meridional	A	Bolòs 1998	
<i>Silene littorea nana</i>	estricto	meridional	A	Bolòs et al 1998	
<i>Silene nicaeensis</i>	estricto	septentrional	B	Bolòs et al 2000	
<i>Silene ramosissima</i>	estricto	meridional	B	Bolòs et al 2000	
<i>Teucrium polium dunense</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	
<i>Triplachne nitens</i>	estricto	meridional	B	Bolòs 1998	
<i>Vulpia membranacea</i>	no estricto	/	B	Bolòs 1998	

Tabla 8.1. Especies Pammófitas de los países catalanes.

estricto lo primero que se hace es ver si todas las localidades que aparecen en el mapa de distribución son de la línea costera o por el contrario hay un número variable de citas en puntos del interior, y una vez confirmado el carácter estrictamente costero se debe constatar su preferencia por el substrato arenoso

en la bibliografía botánica y fitosociológica anteriormente citada. A partir de los datos utilizados se ha elaborado un listado de 18 especies que se consideran más representativos, y confeccionado una tabla en la que figuran tan solo las especies que aparecen en alguno de los transectos realizados en esta investigación, tanto los que se pueden considerar estrictos como los que, a pesar de tener preferencia por el medio arenoso litoral, pueden vivir en otros substratos, aunque aquí tienen una fuerte presencia (*Pseudorlaya marítima* y *Ononis natrix*).

En la tabla 8.2, tomada de Bernabé (2004) aparecen unos índices que pretenden expresar su menor a mayor alejamiento de la línea de costa, y el mayor

•	(nº citas)	Cakiletu m	Agropyretum	Ammophiletu m	Crucianelletu m	Índice distancia	Índice movilidad
17.	Ammophila (28)	0	0.04	0.96	0	4.3	3.07
18.	Cakile (22)	0.68	0.23	0.09	0	1.82	4.54
19.	Calystegia (29)	0.10	0.38	0.52	0	3.83	3.96
	Centaurea (7)	0.72	0.14	0.14	0	1.86	4.71
20.	Crucianella (17)	0	0	0.12	0.88	6.76	1.23
21.	Cyperus (15)	0	0.27	0.33	0.40	5.26	2.74
22.	Elymus (20)	0	0.65	0.25	0.10	3.90	4.10
23.	Eryngium (21)	0	0.33	0.52	0.14	4.62	3.37
24.	Euphorbia (10)	0	0.10	0.30	0.60	6.00	2.00
	Launaea (7)	0	0.14	0	0.86	6.43	1.57
25.	Lotus (14)	0.14	0.14	0.43	0.29	4.71	2.99
26.	Medicago (26)	0	0.23	0.58	0.19	4.92	3.08
27.	Ononis (9)	0	0	0.20	0.80	6.40	1.40
28.	Pancratium (21)	0.09	0.57	2.38	1.67	4.71	3.08
29.	Polygonum (18)	0.56	0.33	0.11	0	2.10	4.78
30.	Pseudorlaya (11)	0.18	0.09	0.27	0.45	5.00	2.63
31.	Silene (5)	0.20	0	0	0.80	5.80	1.80
32.	Sporobolus (16)	0.19	0.31	0.37	0.12	3.87	3.74

Tabla 8.2. Porcentaje de citas bibliográficas que asocian cada especie a unidad fitosociológica, y valor de los índices calculados de cercanía al mar y movilidad de las dunas.(A. Bernabé, 2.004) En negrita las especies no usadas en este trabajo.

o menor grado movilidad del substrato que soporta. Antes de estos índices se da en tanto por uno la preferencia de cada uno de los psamófitos por las cuatro comunidades que se suelen distinguir en los sistemas de dunas del Mediterráneo: *Cakiletum*, *Agropyretum*, *Ammophiletum* y *Crucianelletum*.

Estos índices son útiles para integrar dos características ecológicas de gran interés en este tipo de plantas como son su situación zonal respecto a la

influencia marina y la capacidad para soportar mayor o menor movimiento del substrato arenoso.

B.- Otros trabajos del DEUA

En los diversos trabajos realizados en duna por los investigadores del

Especies utilizadas en este trabajo	Escarré, Martín Seva, y otros. Plantas psammófilas Frecuencias %	Tesis E. Seva Frecuencias en %	Restauración de ecosistemas dunares. Escarré, Lledó et al. En prensa					
			Recolección semillas	Germi- nación	Usado plantarion- es	Plantación municipio de Gavá	Plantación Guardamar 2000	Planta- ción playa del Altet, 2001
Ammophila arenaria	NC	25,9	X	X	X	X	X	
Cakile marítima	25	1,09	X	X	X			
Calystegia soldanella	NC		X	X	X	X	X	
Crucianella marítima	36	98,7	X	X	X	X	X	X
Cutandia marítima	NC	34,5						
Cyperus capitatus/mucronatus	NC	59,06	X	X	X	X	X	
Echium sabulicola								
Elymus farctus	NC	33,7	X	X	X	X	X	X
Eryngium maritimum	NC	2,6	X	X	X	X	X	
Euphorbia paralias	NC	4,06	X	X	X			
Lotus creticus	70,8	73,5	X	X	X	X	X	X
Medicago marina	NC	43,2	X	X	X	X	X	X
Ononis natrix-ramossísima	NC	30,4	X	X	X	X		X
Otanthus maritimus	NC		X	X	X			
Pancratium maritimum	NC			X	X	X	X	
Pseudorlaya pumila o marítima		1,8			X			
Silene ramossísima	NC	60,09			X			
Sporobolus pungens	43,8				X		X	

Tabla 8.3. Comparativa de especies utilizadas en este trabajo, y presentes en otros anteriores.
NC = no consta. X = sí utilizado

Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, de forma reiterada se utilizan un grupo de psammófilas, que varía en función de la zona concreta estudiada, pero que suele contener un grupo de especies comunes.

Seva, en su tesis *Taxocenosis de Lacértidos en un Arenal Costero*, 1982, compara la flora de las dunas del Saladar, con el sistema de Doñana y otros, y más en concreto 51 especies, para las que señala su frecuencia. Sin ánimo de ser exhaustivos, además de las tesis doctorales realizadas en el Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, entre otros trabajos sobre el medio arenal

realizados por investigadores del DEUA, podemos citar el libro publicado por la Diputación de Alicante, *Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante* (Escarré, Martín, Seva, y otros, 1989), y la publicación sobre *Restauración de ecosistemas dunares*, del DEUA, y la Oficina técnica de la Devesa- Albufera de Valencia, en prensa.

De la comparación de las especies utilizadas, que se realiza en la tabla 8.3, solo *Echium sabulícola* no ha sido utilizado en los trabajos citados, pero sin

Especies utilizadas en este trabajo	Número de citas, Castellón	Litoral de Castellón
<i>Ammophila arenaria</i>	2	C
<i>Cakile marítima</i>	13	N, C, S
<i>Calystegia soldanella</i>	3	C, S
<i>Crucianella marítima</i>	1	S
<i>Cutandia marítima</i>	3	C, S
<i>Cyperus capitatus/mucronatus</i>	4	C, S
<i>Echium sabulícola</i>	3	S
<i>Elymus farctus</i>	13	N, C, S
<i>Eryngium maritimum</i>	9	C, S
<i>Euphorbia paralias</i>	6	N, C, S
<i>Lotus créticus</i>	3	S
<i>Medicago marina</i>	6	C, S
<i>Ononis natrix-ramossísima</i>	7	N, C, S
<i>Otanthus marítimus</i>	2	C, S
<i>Pancratium maritimum</i>	8	C, S
<i>Pseudorlaya pumila o marítima</i>	4	C, S
<i>Silene ramossísima</i>	5	C, S
<i>Sporobolus pungens</i>	9	N, C, S

Tabla 8. 4. N = norte. C= centro, S= sur
Especies utilizadas en este trabajo, y también en la publicación *Vegetación litoral y cambios en el paisaje de la provincia de Castellón* (1998)

embargo parece adecuado para el objetivo que se persigue en esta ocasión, puesto que resulta una especie relativamente abundante, y fácil de localizar en estas localidades, que se encuentra presente en 8 de los 10 inventarios y 142 cuadrículas, de las 730 estudiadas.

Cuestión aparte merece comentar el uso de especies que sí se utilizan en otros trabajos, como *Euphorbia paralias* presente solo en un inventario, en 4

cuadrículas, u *Othantus marítimus*, solo presentes en 2 cuadrículas del inventario nº 5, ambas en la misma zona, además con escasos ejemplares y sometidos a una gran desmesurada presión antrópica, por el pisoteo, en la duna litoral, lo que supone una clara amenaza de desaparición de ambas especies en el litoral alicantino. También presente en 3 ocasiones *Calystegia soldanella*, solo se cita en el lugar nº 10, sin que se hayan observado ejemplares en otros inventarios, aunque en la zona del Saladar se encuentran otras pequeñas manchas en la duna litoral, sometidas también a un proceso de desaparición, probablemente

irreversible, como en los dos casos anteriores. Inventariar *Calystegia*, *Othantus* y *Euphorbia* ha tenido más de preocupación por conocer el estado real de la población de las tres especies que de utilidad, puesto que su papel en los porcentajes no deja de ser anecdótico. En cada inventario la aparición de cada especie se dará en relación con su presencia o no en cada cuadrícula de suelo de 5X2, aunque luego se incluya con las especies presentes en el transecto.

En relación con las dunas de la provincia de Castellón, el libro publicado por el ayuntamiento de la capital, Vegetación litoral y cambios en el paisaje de la provincia de Castellón, (Gómez, Domingo y Mayoral, 1998), contiene un “Catálogo florístico del dominio marítimo de la provincia de Castelló”, donde se recoge el número de citas y las especies, y que en la tabla 8.4, se realiza solo para las utilizadas en el trabajo. El número de especies citadas en Castellón es de 51, incluidos las psammófilas, pero aquí solo se comparan con las utilizadas en este trabajo.

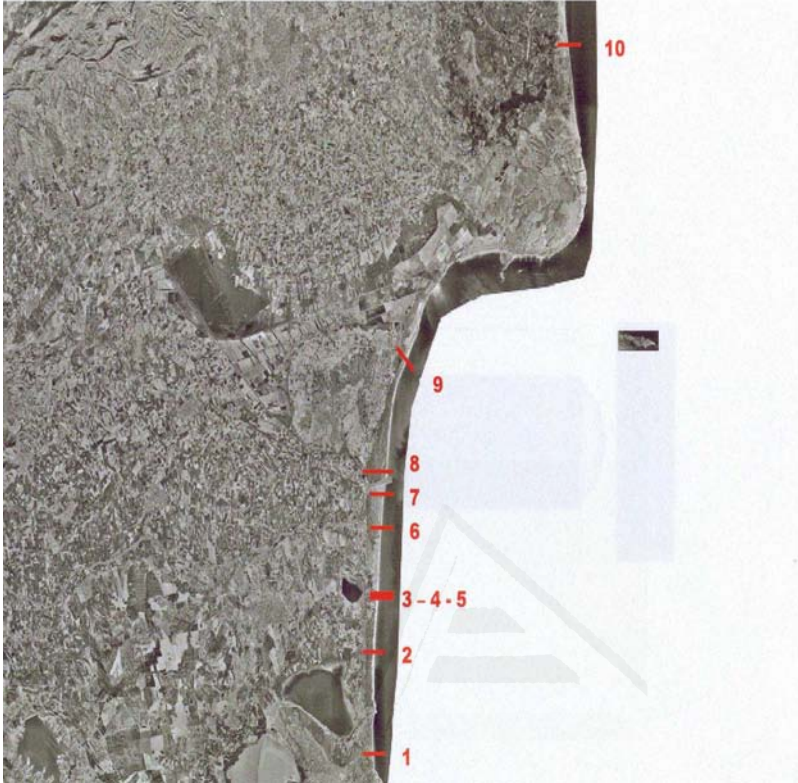
En esa publicación castellanense, las especies que aquí preocupan por el escaso número de individuos, *Othantus marítimus*, *Euphorbia paralias* y *Calystegia soldanella*, aparecen citadas en 2, 6 y 3 ocasiones respectivamente, por el contrario, otras como *Crucianella marítima* o *Ammóphila arenaria* son mucho más escasas.

8.3.3. Estructura de los transectos.

Como el objetivo de este capítulo es conocer si existe relación entre la distribución de especies y la proximidad al mar el trabajo se ha concebido como una secuencia continua de cuadrículas de dos metros de ancha por cinco de longitud, donde lo que se determina es solo la presencia o no de las especies seleccionadas y no su abundancia.

Aunque se barajó la utilización de más datos, como porcentajes de veces mínima en que debe aparecer, o cobertura se consideró más nítido el dato de presencia en la cuadrícula, y que considerado el conjunto de lugares analizados y amplitud del ámbito estudiado pareció bastante representativo. No obstante al exponer los resultados se ha eliminado del total de las especies tres de ellas,

Euphorbia paralias, *Otanthus maritimus* y también *Calyistegia soldanella*, que



Situación de los transectos: norte del cabo de Sta Pola, y bahía del río Segura

aparecen solo en uno o dos inventarios. Con ello el porcentaje de especies presentes se modifica respecto del total. Otra cuestión que puede distorsionar es la fecha en que se realizan los inventarios, que no es la

misma en todos ellos. Esto dificultó el trabajo de identificación porque hay épocas de mayor desarrollo o incluso muerte de las anuales que a veces secas son difíciles de detectar, aunque este problema se limita a pocas especies, y no parece determinante porque no se trata de contar ejemplares, tan solo anotar su presencia, aunque estén muertos.

Realizadas las comparaciones de las especies utilizadas o citadas, así como algunos transectos previos, se consideró que de las plantas de arenal presentes, aunque variables según el lugar de muestreo, un grupo de 18 especies es suficientemente amplio, y además, después de algunos recorridos pareció confirmarse que las utilizadas son suficientemente representativas de estos arenales, además de la facilidad de localización e identificación de los ejemplares, lo que acarrea menos errores y más agilidad en el trabajo de campo.

8.3.4. Estudio de la variación en la distribución de psammófilas con la distancia al mar mediante transectos: localización y características de los transectos.

Se realizaron 10 transectos, que de norte a sur comienzan en la playa del Saladar, al norte del cabo de Santa Pola, con dunas no afectadas por repoblaciones forestales y continúan en la playa del Pinet, y Guardamar hasta el sur de La Mata, con lo que se obtiene una muestra suficientemente indicativa de la utilidad de este indicador, tanto por el tamaño de la muestra como de los ambientes costeros, al menos para esta parte del mediterráneo.

El primero, como todos los demás es perpendicular al mar, y corresponde a la playa del Saladar. Incluye toda la serie de cordones dunares desde la playa hasta los solares y edificaciones posteriores, en una longitud de 410 m.

En este tramo la topografía más cercana a la playa, en los primeros 100 metros, presenta pequeños montículos que oscilan de cota +3 a la +5. A partir de aquí, se inicia una pendiente más o menos uniforme, con afloramientos de dunas eutirrenienses hasta la cota +20, a unos 300 m de la playa. Luego desciende hacia poniente con dos pequeños resaltes que descienden hasta la cota +3, ya



sobre el suelo limoso compactado de aparcamientos. El deslinde previsto no es continuación de la línea más al sur, en las edificaciones a unos 40 m de la playa, sino que se sitúa a unos 150 m

del mar. Están bien representadas las psammófilas, y con un grado de conservación de la vegetación natural aceptable, a pesar de la proximidad de la urbanización.

Varios kilómetros más al sur, en la playa del Pinet, se sitúa el segundo inventario. Esta banda posee una longitud de 225 m, que se incluyen totalmente

dentro del deslinde provisional, que en esta zona probablemente contenga también las lagunas colindantes, una vez concluido. Posee un relieve suave con ligeras ondulaciones de cota +4 como máximo, comenzando en el mar y concluyendo en la laguna salada posterior a cota 0, y una media de +2 m.



Es una faja con repoblación forestal tardía, pero con un pinar poco denso y desarrollado, que conserva bastante bien la vegetación psammópila, debido en buena parte al escaso pisoteo y menor

presión antrópica que las zonas más al sur de la bahía, por el aislamiento que supone la existencia de las lagunas, que por otra parte confieren una cierta

peculiaridad al ecosistema.



Más al sur, y a unos 150 m al norte de la desembocadura del río Segura se localiza el tramo más largo de todos, correspondiente al 8. En esta situación es más ancho el campo de

dunas que en el resto de los recorridos.

Tiene de particular este transecto, además de su longitud, la variedad topográfica y de su vegetación. A una duna litoral relativamente bien conservada, lejos del pisoteo por los malos accesos, le sigue una zona de malladas con abundante junco, para ir variando a pequeños resaltes donde comienza el pinar a

ser abundante. Excepto en las crestas de los médanos el pinar presenta un excelente estado, sobre todo en las vaguadas más alejadas del mar, donde alcanzan una densidad y altura considerable. Puesto que la cobertura es muy alta se dificulta la existencia de psammófilas y favorece el crecimiento de arbustos como lentisco, o *Periploca laevigata*, siendo escaso el sotobosque incluso de nitrófilas. No es extraño encontrar manchas grandes de musgos que cuelgan de los árboles caídos en el suelo.

A partir de los 400 m el relieve de las dunas se vuelve “abrupto”, con cotas que en los primeros cordones es de unos +10 m y más atrás llega a los +20 m, para bajar de nuevo a cota +2 m, en la parte más distante al mar. La longitud para el transecto realizado fue de 880 m. En esta zona el deslinde propuesto por la demarcación de costas se sitúa a unos 100 m de la orilla del mar, más o menos en mitad de la zona de malladas.



El primer transecto situado al sur del río Segura se numera como 7, y se localiza a unos 300 m del río. Aunque el sistema dunar es más ancho, la vegetación y topografía comienza a ser reiterativa unos centenares de metros después de la playa, por lo que alcanzados

los 585 metros de longitud, ya parecía suficiente la representatividad de la zona para el objetivo que se persigue.

Debido al relativo aislamiento que tenía esta zona, más alejada de la zona urbana, solo la existencia de un pinar relativamente denso en la parte posterior, y restos de malladas en la anterior, alteran las condiciones ambientales para la existencia de psammófilas. El pisoteo, antes escaso, parece inevitable en los futuros años, por el desarrollo urbanístico de los terrenos colindantes, salvo que

se tomen las oportunas medidas de protección, dificultando los accesos indiscriminados al pinar.

Tiene este punto una duna litoral totalmente arrasada y sin vegetación, que solo alcanza los +3,5 m de cota, cuando hace dos décadas llegaba a unos +6 metros, y que es consecuencia del pisoteo de los bañistas, y paso de vehículos a motor. Además, en el resto del recorrido, el relieve apenas presenta resaltes que superan los +2,5 m, y suelen oscilar alrededor de +1 m, correspondiendo esta zona a suelo que se inundaba en las grandes riadas, e inundado parcialmente en algunos grandes temporales, antes de construirse el puerto deportivo. El deslinde de costas se localiza en la carretera asfaltada paralela al mar, que une el pueblo de Guardamar con la desembocadura, a unos 100 m de distancia del borde del agua.

Seiscientos metros más al sur se localiza el número 6, que tiene como destacable, por el impacto del spray marino sobre la vegetación, una duna litoral seriamente



amenazada en la bahía del río Segura pero que todavía se conserva en este tramo de costa, a pesar del de claro retroceso de la playa y la enorme presión de los bañistas. También aquí el deslinde se

localiza a 100 m del mar.

La longitud del tramo alcanza los 380 m, hasta la carretera que de forma oblicua baja desde la población hasta la playa del Viver Vell. Debido a una distribución y cobertura bastante uniforme del pinar, a partir de los primeros 150 metros, el sotobosque comienza a ser bastante uniforme, aparentemente más

relacionado con la presencia de manchas densas de pinos, o crestas de la duna que otros factores.

Más al sur de la población se realizaron los tres transectos siguientes, entre 100 y 200 m al norte del hotel Campomar, en una estrecha franja arenosa, situada entre el mar y zonas de cultivos, sometida también a una fuerte presión antrópica.



Corresponden a los transectos Campomar 5, 4 y 3.

Desde la orilla del mar la franja alcanza solo unos 150 m de ancho incluyendo algo más de 30 m de playa, y con cotas que, a partir de la duna litoral (que llega casi a los +8 m) se mantienen en unos 5 a 6 m en la mayor parte de la franja, con 9 metros en algún punto, llegando hasta unos 7 de cota en la parte trasera.

Aunque tiene bandas con abundantes cañas e intenso pisoteo e incluso trasiego de vehículos a motor por la duna litoral, presenta una particularidad respecto al resto de transectos, por el hecho de aparecer algunos ejemplares de *Otanthus marítimus* y *Euphorbia paralias*, que aunque escasos son los únicos conocidos en los tramos estudiados. El deslinde provisional de la zona marítimo terrestre en esta zona transcurre coincidiendo con el límite más continental del transecto.

Unos kilómetros más al sur, y 200 m más abajo del camino del Salidero, o del Campamento, el transecto segundo tiene el ancho del total de los cordones de arena, y se extiende a lo largo de de 615 m desde la orilla del mar. Su cota más elevada no alcanza los +13 m en su parte más alejada, y acaba en algo más de +10 m sobre el nivel del mar. Va descendiendo desde la zona próxima a las viviendas en una pendiente suave, desde los 600 hasta los trescientos metros de la playa, donde sube por encima de los 9 m, para luego ir descendiendo con

suaves ondulaciones hasta la playa. Debe destacarse en este tramo el elevado grado de destrucción de la duna litoral, que no es sino una pendiente suave y prolongada que entronca con el resto de los médanos arenosos tierra a dentro.

Esta eliminación de la duna litoral se extiende a lo largo de unos dos kilómetros del frente costero, y es el resultado de un deplorable abandono a su



suerte de estas dunas. El pisoteo y los vehículos a motor, probablemente favorecidos por la climatología, han ocasionado este terrible destrozo, que amenaza seriamente la vegetación situada tierra a dentro, debilitada por el efecto del spray, que además favorece las plagas de insectos forestales, muerte de pinos y herbáceas, y rápida movilización de las arenas.

favorece las plagas de insectos forestales, muerte de pinos y herbáceas, y rápida



El deslinde previsto por costas se sitúa a unos 300 m de la orilla del mar, entre las zonas de pinos, que a esta distancia del mar son abundantes y están

bien desarrollados.

El transecto más meridional, el décimo de los realizados, se encuentra al sur de la población de La Mata, en el llamado parque del Molino del Agua, que no

es sino el resto que queda de las antiguas dunas sin fijar que se apoyaban en el cabo Cervera.

Tiene una longitud de 240 m, y se extiende por una pendiente bastante uniforme hasta la cota 22, en la parte más distante al mar, lo que le proporciona una pendiente considerable, que buza hacia noreste. Este reducto de dunas está encerrado en un muro perimetral, que lo protege de las agresiones, y permite el mantenimiento saludable de una comunidad de psammófilas, que lo cubren de forma bastante uniforme en toda la superficie. El deslinde coincide con el muro perimetral más alejado del mar.

8.3.5. Metodología estadística

Como en el caso de los datos de spray, tampoco aquí se pretende establecer puntos concretos de deslinde. No puede ser objeto de una tesis doctoral la realización de un trabajo administrativo, y en este caso, aun partiendo de que los fines son de índole eminentemente aplicada, las pretensiones son estrictamente investigar la bondad o no del uso de indicadores y seleccionar los más representativos, en términos conceptuales y a la vez prácticos, y en lo posible proponer procedimientos de trabajo.

El procedimiento concreto con el que debe realizarse el trabajo de campo previo a la obtención de los valores tiene una importancia determinante y se expondrá en el capítulo XX, pero para el caso de los transectos de psammófilas parece que es posible la aplicación de una regresión logística a partir de los datos que se han obtenido en el campo, obteniendo buenos resultados de fiabilidad siempre que partamos de homogenizar datos, y de algunas consideraciones previas:

La Regresión Logística es equivalente al análisis discriminante de dos grupos y en ocasiones se considera mucho mas apropiada. Predice directamente la probabilidad de ocurrencia de un suceso. La ocurrencia o no del suceso se asocia a una variable dicotómica que toma valor uno si el suceso ocurre y cero si el suceso no ocurre. Si la predicción de probabilidad es mayor que 0.50 entonces

la predicción es si y no en otro caso. El coeficiente logístico viene dado por la expresión:

Los coeficientes estimados ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) son medidas de los cambios en el ratio de probabilidades y x_1, x_2, \dots, x_n son las variables independientes.

$$\frac{\text{Prob}_{(evento)}}{\text{Prob}_{(no\ evento)}} = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n}$$

En nuestro caso la distancia al mar actúa como variable independiente y consideramos que el suceso ocurre, cuando en el intervalo de distancia están presentes el 50 % ó más del total de especies de cada grupo de transectos y el suceso no ocurre si hay menos del 50 % de las especies, en correspondencia la variable dicotómica tomará valor uno ó cero. Se parte además de las siguientes consideraciones:

1.- Aparentemente la existencia de arbolado en las zonas de repoblación forestal de las dunas tiene un efecto distorsionante en la distribución y presencia de las plantas psammófilas, por lo que no deben compararse datos de transectos con y sin repoblación.

2.- El punto de partida de la costa debe excluir la playa, puesto que hasta la base de la contraduna, e incluso en ella, las labores de limpieza con maquinaria, y también del pisoteo de personas y vehículos todo terreno, altera los datos o simplemente hace imposible el crecimiento de vegetación de ningún tipo.

3.- Al sumar datos de varios trasectos, que permitirán una mejor homogenización, solo puede hacerse teniendo en cuenta hacerlo hasta el punto donde coincidan los tres en el más corto.

4.- El parámetro que puede utilizarse como indicador de cambio parece razonable que sea el del número de especies del inventario, y el punto de inflexión aquél en el que ese número cae por debajo del 50 % de las presentes,

en el transecto o grupo de ellos más homogéneos que se utilizan. La aplicación estadística de los datos determinará, con los resultados la bondad o no.

5.- Los transectos más homogéneos son el 1 y el 10, que a pesar de estar muy alejados entre sí corresponden a dunas sin repoblar, y aunque sometidos a una presión antrópica considerable guardan una distribución de plantas bien conservada. El 3, 4 y 5 son cortos, sin repoblación, y bastante similares, y los 2, 6, 7 y 8 tienen mayor longitud y corresponden a zonas con dunas repobladas. El nueve, además de más corto tiene como circunstancia diferente que por atrás se encuentra una laguna que forma parte de las salinas de Santa Pola, por lo que no parece conveniente sumarlo a ningún otro.

6.- Puesto que las cuadrículas de 5X2 son pequeñas y pueden presentar grandes variaciones puntuales, parece conveniente sumar los datos de varias de ellas en transectos de mayor longitud. Para homogenizar más los datos parece conveniente sumar los de las cuadrículas de distancia igual al mar, para los transectos más homogéneos.

8.- Los datos correspondientes a la presencia de especies en porcentajes insignificantes no se tienen en cuenta. Para utilizar un procedimiento similar, al margen de la longitud de cada grupo de transectos, se divide en 10 tramos, cada uno de los cuales tiene el 10 % del total de las cuadrículas, de modo que así el tamaño y detalle está relacionado con cada punto.

8.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

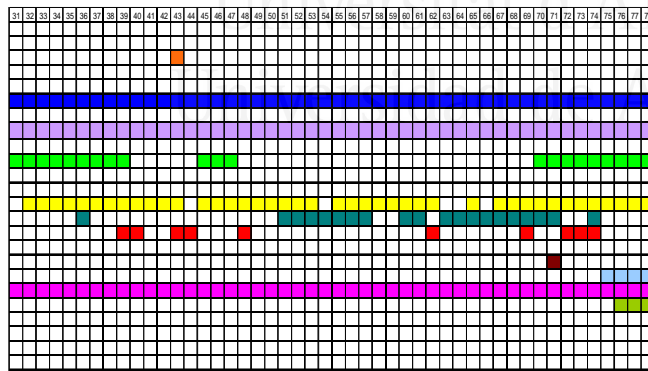
8.4.1. Análisis de los resultados: presencia de especies en cada cuadrícula. Transectos, y gráficas de porcentajes.

Los diez transectos realizados, abarcan una franja litoral que tiene unos 30 km de longitud, y contiene los principales restos dunares de la provincia de Alicante. En las 730 cuadrículas de 5 m de longitud, por 2 de ancho, perpendiculares al mar, solo se considera la presencia o ausencia de algún

ejemplar de cualquiera de las 18 especies psammófilas utilizadas.

Del estudio de los transectos se pretende encontrar una relación causa efecto entre la influencia del mar y la distribución de las especies utilizadas, y por tanto si puede utilizarse la vegetación, o al menos las psammófilas estudiadas en estos transectos y la variación relativa del porcentaje de especies con la distancia al mar,

Playa del Saladar		23/08/2002																														
Inventario 10	Aeróstat, 100m Nord	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Nº cuadrículas: 78	20m strips																															
Especies presentes: 11																																
<i>Astragalus maritimus</i>																																
<i>Callitriche maritima</i>																																
<i>Crucianella maritima</i>																																
<i>Cyperus capitatus macronotus</i>																																
<i>Echium subulcola</i>																																
<i>Elymus farctus</i>																																
<i>Eragrostis maritima</i>																																
<i>Eragrostis pectinacea</i>																																
<i>Lotus creticus</i>																																
<i>Medicago marina</i>																																
<i>Ononis maritima</i>																																
<i>Oenothera maritima</i>																																
<i>Panicum maritimum</i>																																
<i>Psidium maritimum</i>																																
<i>Silene maritima</i>																																
<i>Sporobolus pungens</i>																																
<i>Agave</i>																																
<i>Carpobrotus</i>																																
Aritmo																																
Especies presentes por cuadrícula		5	3	5	6	5	6	5	5	4	1	4	4	5	5	4	4	5	3	3	4	4	6	4	6	8	7	3	3	4	3	



como indicador, o bien descartarse a favor de otras combinaciones. Y en todo caso si, del cruce de la información obtenida a partir de varios indicadores, puede derivarse que el sistema de dunas litorales puede cortarse en franjas diferenciadas, paralelas al mar, o bien deducirse que es un sistema con suficiente homogeneidad en el biotopo y la biocenosis que resulta indivisible, y en todo caso es un ecosistema vinculado tan estrechamente por su origen y particularidad al

medio marino, que en este caso no puede fragmentarse salvo que se consideren sistemas dunares de una cierta profundidad, hacia tierra.

La estación del año en la que se realizaron los trabajos de muestreo fue a finales de la primavera y principios del verano, y aunque en estos meses ya están muertas muchas de las plantas anuales pueden distinguirse secas, como el caso de *Silene* que en agosto está seca.

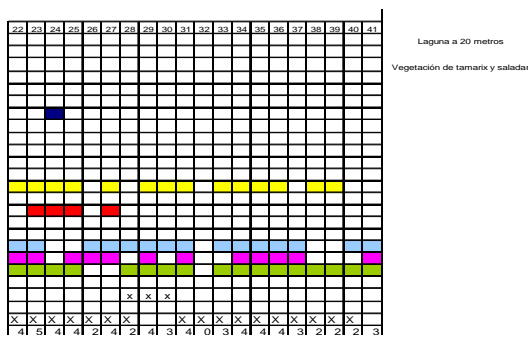
Un primer análisis de las cuadrículas del tramo número 10, de la Playa del Saladar, al norte del cabo de Santa Pola, permite resumir que el número de especies presentes es de 11, en el total de las 78 cuadrículas, y que las más frecuentes son *Crucianella*, que solo está ausente en 1 cuadrícula, *Silene* en 12 y *Cyperus* y *Lotus* ausentes en 17. No hay repoblación forestal ni especies alóctonas usadas para fijar las arenas. La duna litoral no está recrecida artificialmente, y en esta playa, como en todos los puntos no hay plantas.

EL PINET		24/08/2002																				
Inventario 9	20m plays	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Nº cuadrículas: 41	El Pinet, 100m N																					
Especies presentes: 11																						
<i>Ammophila arenaria</i>																						
<i>Cakile maritima</i>																						
<i>Calystegia soldanella</i>																						
<i>Crucianella maritima</i>																						
<i>Cutandia maritima</i>																						
<i>Cyperus capitatus/macronatus</i>																						
<i>Echium subulverbia</i>																						
<i>Elymus farctus</i>																						
<i>Eryngium maritimum</i>																						
<i>Euphorbia paralias</i>																						
<i>Lotus creticus</i>																						
<i>Medicago marina</i>																						
<i>Ononis maritima-ramosissima</i>																						
<i>Ornithopus maritimus</i>																						
<i>Panicum maritimum</i>																						
<i>Pseudorhiza marina</i>																						
<i>Silene ramosissima</i>																						
<i>Sporobolus pungens</i>																						
Agave																						
Carpobrotus																						
Arundo																						
Pino																						

El mayor número de especies se localiza en el entorno de los 150 m de la orilla del mar, y también a partir de los 370 m. No hay pues un punto en este recorrido a partir del cual pueda encontrarse una

variación significativa, incremento o descenso que sea representativo, y que pudiese determinar un cambio en el medio donde situar un posible linde costero.

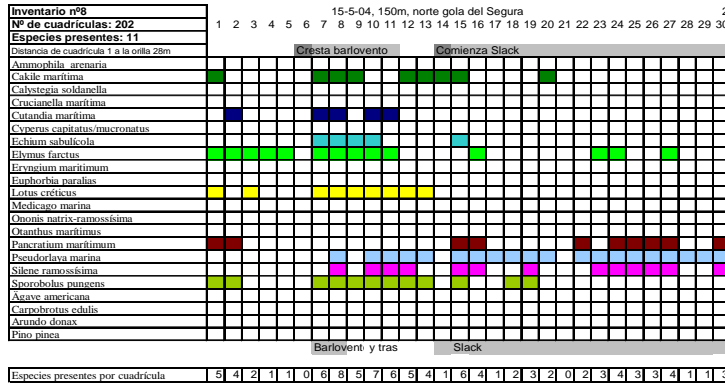
Contrasta esta evidencia con el hecho de que tanto el deslinde



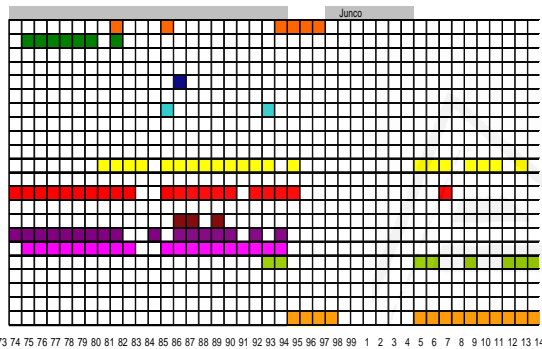
previsto, a unos 150 m del mar, o el que parecería ser el razonable si se continúa con el criterio del límite realizado en el tramo colindante hacia sur de Arenales del Sol, siguiendo una línea, aparentemente arbitraria, al menos para este indicador,

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE

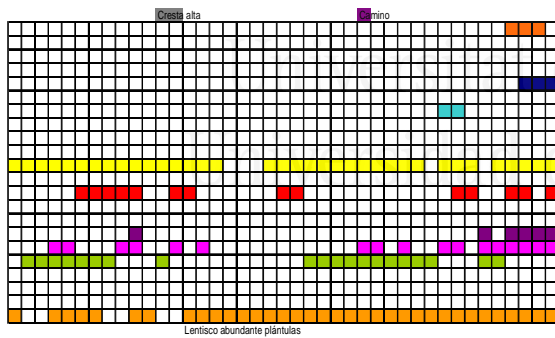
(del borde este de la carretera). El 9, más al sur, en la playa del Pinet, tiene 210 m



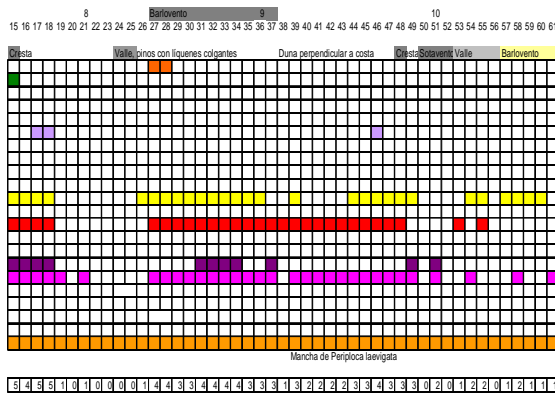
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72



73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161



15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61

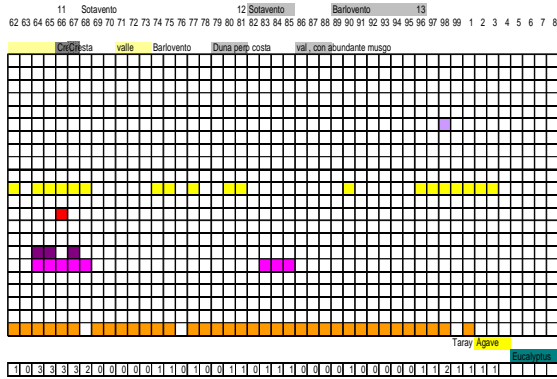
3 4 5 5 1 0 1 0 0 0 1 4 3 3 4 4 4 4 3 3 3 1 3 2 2 2 2 3 3 4 3 3 3 0 2 0 1 2 2 0 1 2 1 1 1 1

de longitud y 41 cuadrículas, las especies más frecuentes son *Sporobolus*, que falta en 5, *Lotus* en 7 y *Pseudorhiza* en 13. Aquí sí se produjo la repoblación forestal,

aunque los pinos son de poca altura y densidad por tratarse de la fase más tardía, y además la duna litoral está bien conservada. La presión antrópica, aunque alta no es comparable a la del los transectos más al sur del Segura. *Elymus* aparece como no compatible con la masa forestal, y muy poco compatible *Cyperus*, *Cutandia* y *Ammophila*.

No aparece tampoco un límite claro que separe franjas, aunque en este caso el deslinde probable engloba toda la franja de dunas, y eventualmente las lagunas colindantes, tierra a dentro. Aquí, al contrario que en la playa del Saladar, del estudio de las gráficas aparece un cambio entre los 110 y los 120 m, con una presencia menor del 40 % de las especies,

aunque pudiera tener relación con la proximidad a las lagunas hipersalinas situadas a poniente.



El tramo al norte de la desembocadura del río Segura, número 8, es el más largo de todos, con 202 cuadrículas, además de presentar la mayor variedad en su recorrido. Sustratos de cotas bajas con juncos,

cercanas a la duna litoral, las dunas de mayor altura y vaguadas con pinos muy altos y gran cobertura, completan la descripción de una zona donde la presión antrópica es moderada, por la dificultad de accesos.

El número de especies presentes es de 11, y las más frecuentes son *Lotus*, *Silene* y *Ononis*. Dado que en este caso si hay una acusada disminución del número de especies por cuadrícula, conforme se avanza hacia el interior, podemos tomar como referentes las primeras 150 cuadrículas, en las que *Lotus* falta en el 30 %, *Silene* en el 50 % y *Ononis* casi en el 70 %.

Las malladas, la cobertura elevada de los pinos en las partes más alejadas de la costa, que alcanzan mucha altura y crean un hábitat más adecuado para especies nitrófilas, unido a la protección del spray marino que ofrecen las altas dunas, además de que en el tramo final hay una plantación de eucaliptos muy altos y densos que no permiten el desarrollo de sotobosque, dan a este lugar unas condiciones que le hace diferente al resto de los estudiados.

En este tramo, a partir de los 700 m del mar el número de psammófitos desciende definitivamente por debajo del 30 %, aunque ya en los 600 cae por debajo del 40 %. El deslinde realizado por la Demarcación de Costas del MMA, a unos 200 m recae en una zona donde no hay ninguna situación de cambio en la distribución de las especies de arenal, ni aparecen cambios apreciables, al menos en la distribución de las especies estudiadas. En las zonas muy claras de pino, aunque muy escasos ejemplares aparece también *Elymus* y *Echium*.

INDICADORES ECOLÓGICOS COMO ELEMENTOS DE SOPORTE DEL ACTO ADMINISTRATIVO DE DESLINDE DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE

Inventario 6	2007/2008	horte.cases.Batlaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
N cuadrículas: 75	Impugnada																																			
Especies presentes: 14																																				
<i>Amaranthus acetos.</i>																																				
<i>Callieranthus</i>																																				
<i>Chenopodium album</i>																																				
<i>Chenopodium maritimum</i>																																				
<i>Cyperus tenuis</i>																																				
<i>Cyperus tenuis var. maritimus</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				
<i>Echinochloa crus-galli</i>																																				

los 40 m de playa no tienen prácticamente vegetación. Donde el pino es alto y espeso solo aparece *Pseudorlaya*, *Silene* y en menor frecuencia *Echium*.

El deslinde previsto en este transecto, a poco más de 150 m de la orilla, no presenta tampoco ninguna característica que pueda explicar el cambio que supone la pertenencia o no al dominio público, desde la perspectiva de la distribución de las especies psammófilas.

El tramo 1 corresponde al resto dunar situado el sur de la población de La Mata, en la actualidad encerrado en el perímetro del parque del Molino del Agua. Tiene un recorrido perpendicular al mar de 38 cuadrículas, y 13 especies

Inventario 1	25/08/2002	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38							
Nº cuadrículas : 38	La Mata sur																																													
Especies presentes: 13	50m de playa																																													
<i>Ammophila arenaria</i>																																														
<i>Callitriche maritima</i>																																														
<i>Calystegia soldanella</i>																																														
<i>Crucianella maritima</i>																																														
<i>Cutandia maritima</i>																																														
<i>Cyperus capitatus/macrodonatus</i>																																														
<i>Echium subulicoides</i>																																														
<i>Elymus farctus</i>																																														
<i>Eryngium maritimum</i>																																														
<i>Euphorbia paralias</i>																																														
<i>Lotus creticus</i>																																														
<i>Medicago maritima</i>																																														
<i>Ononis natrix-craniosissima</i>																																														
<i>Ornithopus maritimus</i>																																														
<i>Puccinellium maritimum</i>																																														
<i>Pseudorlaya maritima</i>																																														
<i>Silene ramosissima</i>																																														
<i>Sporobolus pungens</i>																																														
Agave																																														
Carpobrotus																																														
Arundo																																														
Pino																																														
Especies presentes por cuadrícula		2	2	1	4	3	4	5	6	5	7	6	7	7	8	7	8	7	9	9	10	8	11	9	8	9	7	7	7	8	8	8	7	7	9	7	7	7	7	7	7	7	7			

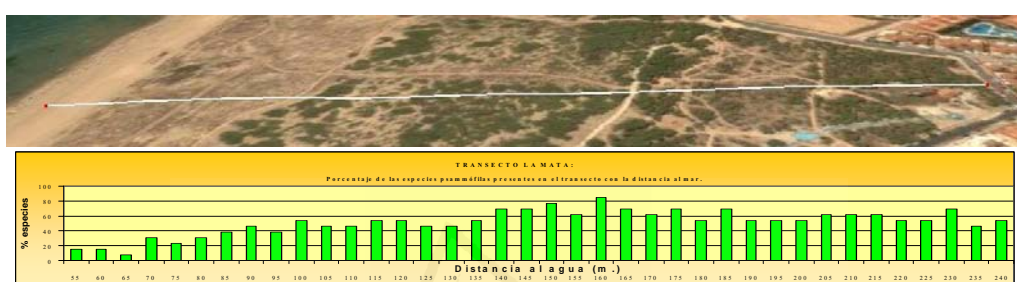
presentes. Las más frecuentes son *Elymus* y *Ononis* que solo faltan en 4, y *Silene* en 5.

No aparece tampoco ninguna zona de cambios en el inventario que pudiera ser usada para interpretar un borde de influencias, pero aquí

el deslinde realizado no permite establecer comparaciones dentro del ámbito dunar, puesto que es un resto de un campo de dunas mucho más amplio, y el deslinde sitúa toda la duna que resta en la zona marítimo-terrestre, que por otra parte presenta una cobertura bastante uniforme, e incluso aumenta los porcentajes tierra adentro, con lo cual solo cabría una delimitación costera todavía más alejada del mar. No hay repoblación forestal, ni tampoco plantas alóctonas que se hayan usado para fijar las dunas.

8.4.2. Relación entre los datos de porcentajes de presencia de especies en las cuadrículas de los transectos, representados en gráficas, con la topografía.

Este inventario 1 de La Mata se realizó en el resto dunar que queda más al sur de la provincia de Alicante, asentado sobre una suave pendiente hacia el mar está rodeado de viviendas y zonas totalmente urbanizadas, con lo que la presión



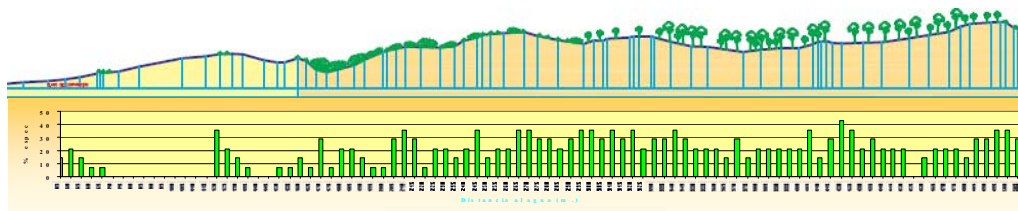
TRANSECTO 1, RESTO DUNAR AL SUR DE LA MATA
Foto aérea del transecto y porcentaje de especies psamófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

antrópica es alta. Probablemente la ausencia de árboles y tratarse de **viviendas** que suelen ocuparse solo en verano, cuando la insolación es muy alta, puede haber influido en que el grado de deterioro de la comunidad psamofítica no sea excesivo, y represente un buen ejemplo de lo que cabría encontrar a principios del siglo XX en la zona de arenal repoblada en el resto de la bahía del Segura.

Tampoco hay médanos significativos, sino pequeños relieves, de manera que la distribución de plantas parece tener más relación con las presiones externas que con la distancia al mar. De una parte en el primer tramo litoral las arenas están poco fijadas, con lo que es más difícil el desarrollo de las comunidades vegetales, que a partir de los 85 m del agua en todas las cuadrículas están presentes más del 50 % de las especies presentes en este transecto, y en alguna de ellas supera al 80 % de las presentes en todo este inventario, sin que pueda observarse una tendencia clara a la reducción de su número, y eso a pesar del deterioro sufrido en la parte más distal de la costa, que acaba en una pequeña arista rodeada de edificaciones, y donde la acumulación de residuos puede haber afectado negativamente a la presencia de alguna de las especies.

Este tramo de 240 m de longitud, y en relación con el porcentaje de especies presentes en las cuadrículas no presenta ninguna modificación significativa por el relieve, y tampoco a esa distancia parecen invertirse las condiciones que permiten el desarrollo de las psammófilas, con lo que el deslinde, en función de este indicador, cabría situarlo más alejado del mar.

El inventario 2, al sur del camino del Salidero, se realiza a unos 3.700 m



TRANSECTO 2, AL SUR DEL CAMINO SALIDERO

Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar

más al norte que el primero, en pleno sistema dunar repoblado, y con la duna litoral muy alterada.

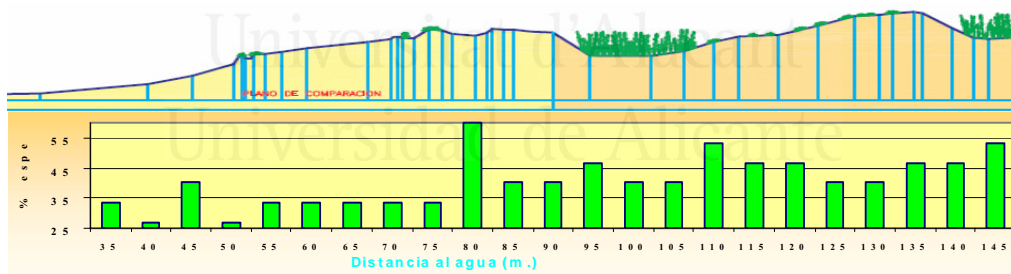
Aunque la longitud de la suma de cuadrículas alcanza los 615 m, lo que supone el total del cordón de dunas en este punto, el perfil topográfico del que se dispone solo llega a los 505 m, por lo que será a esta traza a la que pueda referirse la comparación.

El tramo del recorrido más próximo al litoral apenas si tiene algunas especies entre los 45 m y los 65 m, que luego desaparecen hasta los 120 m en la zona más alta de la extensa duna litoral móvil, producto de la destrucción de la contraduna litoral de esta zona, sometida a intenso pisoteo estival. La duna litoral ha desaparecido más al sur, y los lebeches han transportado las arenas hacia esta zona, donde ha invadido y sepultado árboles de escaso porte y la vegetación herbácea. En sotavento de esta duna vuelve a desaparecer la vegetación, para volverse más abundante en las dunas fijas, aunque el pinar no permite que la cantidad de psammófilas sea muy abundante en cada cuadrícula. No obstante el total de especies es de 14, y sin embargo solo en una cuadrícula se supera el 40 % de las existentes en el inventario.

La mayor densidad de especies se produce en las partes altas de la duna, coincidiendo con los resaltes, quizá como consecuencia de la dificultad de crecimiento bajo el pinar más denso y abrigado de los levantes, o la menor competencia hídrica con los árboles. Cabe deducirse que las herbáceas que se estudian no tienen una clara relación con la topografía, y que incluso la mayor exposición al spray marino en partes altas y de barlovento son los hábitats más adecuados.

La totalidad del transecto presenta porcentajes de especies en cuadrículas que se mantienen hasta el final e incluso se incrementan en la zona de barlovento y cumbre de la última duna que aparece en el perfil topográfico. No se puede encontrar ningún punto en esta línea recorrida por el perfil y la gráfica donde aparezca un punto de cambio que permita ubicar una línea de delimitación del sistema terrestre siguiendo este indicador, con lo que se puede concluir la pertenencia de esta banda al sistema litoral, donde la influencia del mar sigue manteniéndose hasta el final del recorrido.

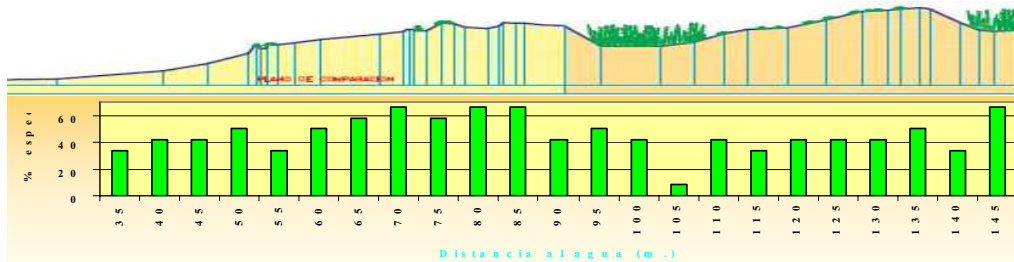
Los transectos 3, 4 y 5 están situados junto al hotel Campomar, al norte,



TRANSECTO 3, 50 m AL NORTE DEL CAMINO DEL HOTEL CAMPOMAR
Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

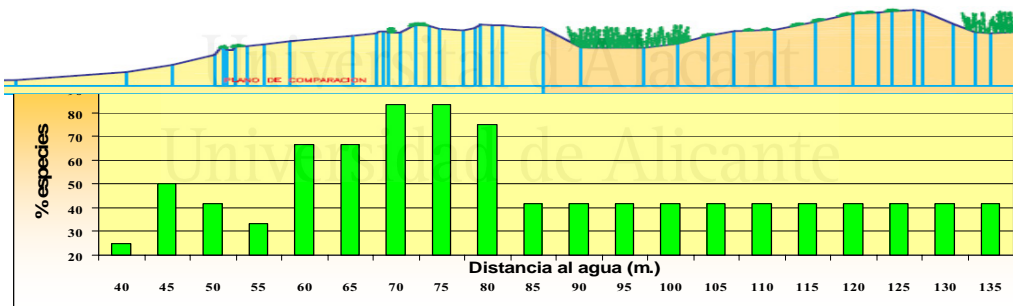
en una estrecha franja litoral de unos 140 m, que tiene la particularidad de no tener más presión antrópica que la propia de los residentes del hotel y algunos caminantes, porque en la parte de poniente tan solo permanecen tierras de cultivos y sin urbanizar, que si bien producen modificaciones por las tareas agrícolas colindantes, estas son poco significativas por tratarse de tierras en práctico abandono.

En el inventario 3, situado más al sur tiene 15 especies, frente a 12 del 4 y 5. En el primero de ellos no se produce el descenso del porcentaje de especies con el distanciamiento del mar, sino que permanecen al final en los niveles más altos, pero si hay un bajo número al principio, coincidiendo con la presencia de *Carpobrotus*. Igual ocurre con el cuarto que también posee valores constantes y y



TRANSECTO 4, 100m AL NORTE DEL CAMINO DEL HOTEL CAMPOMAR
 Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

elevados hasta el final. En la parte central del tramo se produce un descenso como consecuencia de la existencia de un denso Cañar con presencia de *Carpobrotus*. La aparición de esta especie en el último tramo del 5 provoca a su vez un nivel más reducido del número de especies que en los otros dos, donde



TRANSECTO 5, 150 m AL NORTE DEL CAMINO DEL HOTEL CAMPOMAR
 Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

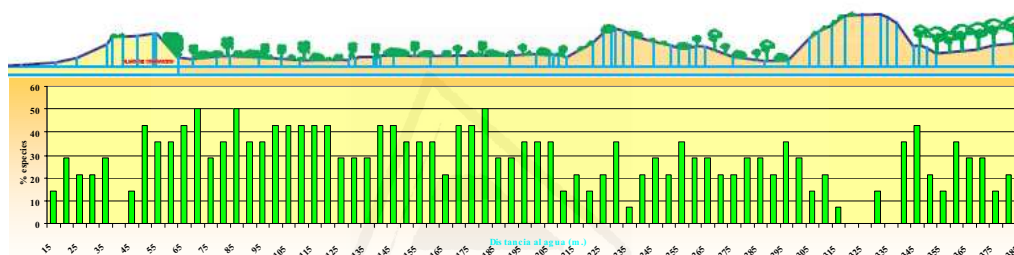
está menos presente. Debe tenerse en cuenta, al comparar con el corte topográfico, que solo se dispone de una sección, y que corresponde de manera aproximada con el transecto cuarto. El quinto tiene en realidad un relieve más plano en su segunda mitad.

Para estos transectos, con excepción del 5, no se produce un descenso en el número de especies con la distancia al mar, y en los tres casos más que relación con la topografía, es la existencia de especies muy invasoras lo que

modula el número de especies presentes (*Carpobrotus*, *Ágave* y *Arundo*), que en todo caso es importante. Tampoco en esta banda cabría segregarse ningún tramo como no perteneciente al dominio litoral, sino que toda la franja estaría incluida.

Unos 3800 m más al norte, se realizó el inventario 6, donde la duna litoral estaba bien conservada, y se prolonga hasta los 385 m de distancia de la orilla, coincidiendo con la longitud del perfil disponible.

El número de especies del total de las que se inventarían es de 14, y de ellas el máximo presente en una cuadrícula es del 50 %. En este lugar el deslinde de Costas, que delimita el dominio litoral, se sitúa a los 120 m, sin que en el



TRANSECTO 6, VIVERO, 1 Km AL SUR DEL SEGURA:
Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

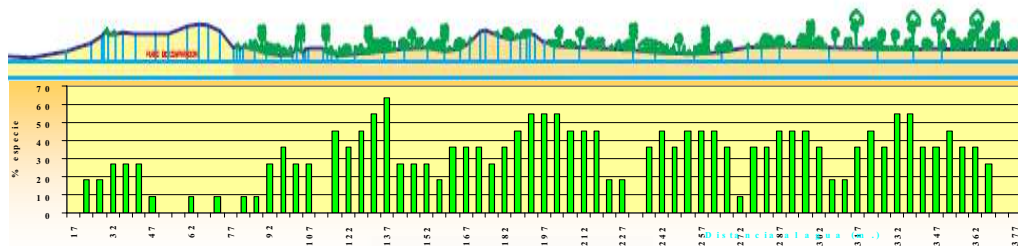
inventario aparezca como un punto destacable y diferente. La duna litoral no tenía un elevado porcentaje de especies, quizá debido a que se encontraba sometida a intenso pisoteo y parcialmente alterada, sobre todo a sotavento.

Tampoco las crestas dunares más alejadas del mar presentan valores altos de especies, probablemente por la competitividad por el agua con las raíces de los pinos, pero también por el elevado índice de evaporación del agua en estas partes de las dunas con densidad muy baja de pinos, con lo que es probable que sea la dificultad por conseguir agua lo que limite la presencia de especies en esta época del año, a finales de julio, cuando se realizó el inventario.

En este caso, y teniendo en cuenta que el porcentaje máximo en una cuadrícula es del 50 % de las presentes en el transecto, la mitad de esas especies se mantienen en las cuadrículas casi por encima del 25 % hasta el final, y en este caso también debe tenerse en cuenta que en la parte distal del recorrido el pinar es tupido y la posibilidad de crecimiento de las plantas psammófilas es

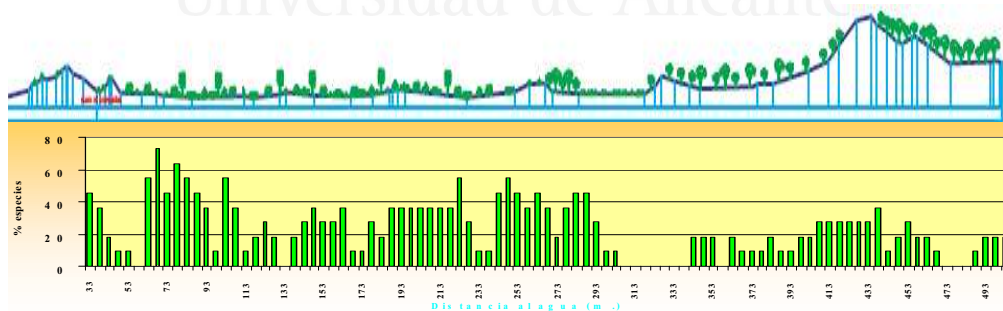
reducida. Tampoco parece que esta distancia sea un punto de inflexión preciso para señalar un cambio en la pertenencia al sistema litoral o terrestre, y situar aquí el límite del dominio público.

En el inventario 7, situado cerca del puerto deportivo la duna litoral estaba muy alterada, y sus arenas eran móviles y por tanto la densidad de especies muy



TRANSECTO 7, VIVER VELL 500 m AL SUR DEL SEGURA:
Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

baja, reducida a especies bien adaptadas de *Cakile*, *Elymus* y *Lotus* y ausentes en alguna de las cuadrículas. El relieve es casi plano, salvo un pequeño resalte, con abundante pino joven, palmera y *Juncus* sp, con lo que el relieve parece jugar aquí un papel secundario en favor de las especies con las que compiten los psammófitos. El deslinde aprobado se sitúa a 110 m del mar, que coincide cuando el número de especies comienza a situarse en porcentajes altos, que se mantienen casi hasta el final de los 370 m. La ausencia de especies de arenal que



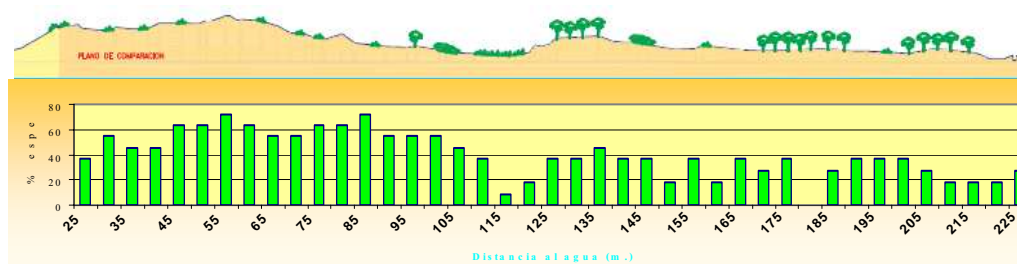
TRANSECTO 8, GOLA NORTE, 150 m AL NORTE DEL SEGURA:
Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

se estudiaron, al final del perfil, deben más a la competencia interespecífica con las especies de malladas que a la topografía.

Al norte de la desembocadura, en el trayecto 8, se desarrollan varios cordones dunares, que en los más alejados alcanzan gran envergadura en relación con el resto de la bahía. Comienza con una duna litoral parcialmente destruida como consecuencia del retroceso de la línea litoral y la falta de aportes de sedimentos por el río. Continúa una zona plana, resto de antiguas malladas hoy aterradas, pero que en épocas de abundantes lluvias se encharcan, donde crecen palmeras y especies de juncáceas y algunos cipreses que apenas logran sobrevivir.

Coincidiendo con las manchas más densas de *Juncos sp.* en el recorrido, entre los 300 y 350 m desaparecen las especies de arenal, que comienzan a estar presentes con la aparición de pequeños resaltes de arena, que luego dan paso a dunas de mayor porte donde se hacen más numerosas las especies estudiadas. El número total de especies que aparecen en este inventario es de once, y la media por cuadrícula es del entorno del 30 % de las 11 para cada una. La topografía no parece ser el problema para el desarrollo de las especies, aunque son más abundantes en sitios llanos que en la duna alta, pero a sotavento de la duna más elevada cuando desciende la altura y se hace más denso el pinar disminuye el número.

Una vez más aparece la competencia con otras plantas en los primeros 350 m como el factor más importante que limita la aparición de las especies



TRANSECTO 9, PLAYA EL PINET –ELCHE-
Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

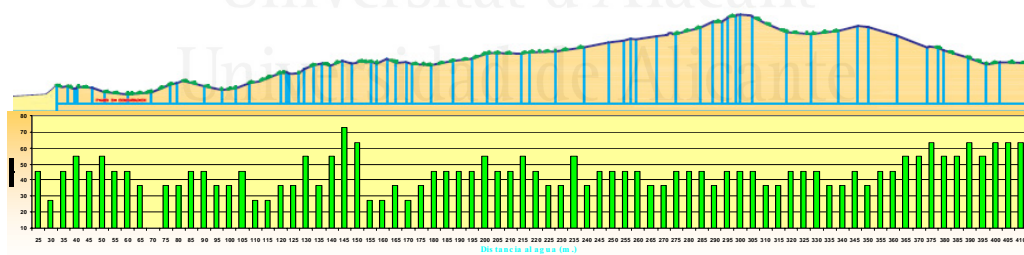
seleccionadas. En las partes más alejadas del mar donde incluso pueden observarse plántulas de lentisco y líquenes en los árboles, el medio parece más adecuado para el desarrollo de plantas nitrófilas y continentales, probablemente como consecuencia de la proximidad del serrato de La Marina a poniente, una

mayor disponibilidad de agua dulce en las proximidades del río y las líneas de corriente freáticas que desde las vegas descienden hacia el mar.

Si tenemos en cuenta solo este indicador probablemente podríamos situar las proximidades de la parte más distal de este transecto como el punto en que se produce una pérdida media de especies superior a la mitad de las especies que aparecen en la media de las cuadrículas. Considerando el total del tramo, excepto la playa, con 1000 m la media de especies por cuadrículas es de 2,24 aproximadamente, es decir el 20,36 %, y la línea de tendencia ajustada corta a unos 550 m de la costa.

Aunque la zona entre las lagunas y el mar se incluye dentro del deslinde en la playa del Pinet en La Marina, donde se realizó el número 9, y por tanto contenida como Dominio Público, la comparación con el perfil topográfico es interesante para acreditar que las especies son más abundantes en la zona donde la duna es más alta, y menos en la más baja y alejada del mar, pero próxima a la laguna hipersalina. Es una faja arbolada con pino carrasco joven, sin grandes relieves dunares, aunque son frecuentes los resaltes de poca entidad.

La evidencia de una relación negativa entre escaso relieve, proximidad del



TRANSECTO 10, PLAYA DEL SALADAR –ALTET/ELCHE-
Perfil topográfico y porcentaje de especies psammófilas, en relación con las totales presentes en el transecto, y con la distancia al mar.

nivel freático de la laguna salada, además de la competencia con otras especies, puede ser el factor que hace disminuir el número de especies de plantas de arenal en las cuadrículas a partir de la mitad del transecto, antes que la relación con la distancia al mar.

El inventario del Altet, el más al norte de los realizados, y ubicado al sur de la bahía de Alicante está próximo al cabo de Sta. Pola por el sur. Tiene la

vegetación autóctona mejor conservada, y está incluido en un campo de dunas todavía extenso, aunque parte de él aparece sustituido por suelo urbanizado. Este inventario 10 recorre perpendicular al mar unos 400 m de suelo de arenal, con pequeños resaltes, aunque las dunas sin compactar cubren y se adaptan al relieve inferior ya estabilizado que forma una larga cuesta, que en el último tercio invierte la pendiente buzando hacia el interior continental.

La comunidad vegetal que se asienta está constituida por especies de arenal, en general herbáceas, que son o no psammófilas estrictas, y además en la parte posterior, hacia poniente al no existir cultivos, ni tampoco suelo urbanizado, la presión antrópica no parece tener éxito ninguno, de manera que a lo largo del recorrido lejos de disminuir el porcentaje de especies se incrementa, y el relieve más alto apenas si parece representar un ligero descenso en la biodiversidad psammofítica entre los 240 m en que comienza a subir y los 360 m en que vuelve a descender hacia poniente, pero sin que bajen los porcentajes por debajo de los valores de la primera mitad.

En este caso, si solo se tiene en cuenta este indicador, la totalidad del trozo debiera incluirse dentro del sistema litoral, formando parte de la franja de transición marítimo continental, pero condicionada fundamentalmente por la cercanía marina.

8.4.3. Perspectivas de establecer relaciones entre la distancia al mar y la distribución de psammófilas e importancia de las modificaciones introducidas por la topografía. Posibilidades de uso en relación con la propuesta de indicadores.

Como cabía esperar de una cuestión tan compleja como la estudiada, tanto en la pretensión de establecer relaciones entre variación de la presencia de especies con la distancia al mar, como de la influencia de la topografía y disponibilidades hídricas, el análisis y discusión de los resultados necesita ser analizado de manera seccionada, de modo que derivado de los resultados y discusión concretos se puedan plantear los de carácter más genérico, y analizar su posible utilidad como indicador de límite de la franja litoral.

Una cuestión primera, que por evidente no debe obviarse, es que el ancho de la franja dunar tan variable en las dunas del sur de Alicante, que oscila desde algo más de 100 m incluida la playa, hasta algo más de un kilómetro, puede quedar totalmente incluida dentro del dominio público, según el criterio que aquí se sigue, con lo que aparentemente podría no ser de utilidad esta concepción del dominio público litoral a partir de la definición de su naturaleza legal y el uso de indicadores que corroboren la extensión de la franja en la que puede constatarse esta naturaleza, por no encontrar el límite que se busca. Si todo el cordón de dunas debiera incluirse como un mismo sistema en estos campos de arena litorales, no solo no cabría fraccionar la franja, sino que de haber sido más ancha y tener (o haber tenido) presencia de arenas (condición indispensable según la definición legal), todavía encontraríamos que no aparece una frontera que indique el final del dominio público marítimo terrestre, y de los datos obtenidos, debería concluirse su total naturaleza demanial.

8.4.3.1. El efecto de la topografía.

De la comparación entre los cambios que se producen en la asociación de especies, medida en función de los cambios del porcentaje del número de especies presentes del total del tramo, con relación a la distancia al mar y la topografía pueden resumirse algunas cuestiones que resultan de interés:

1.- En los dos puntos, playa del Saladar y La Mata, donde no se produjo repoblación forestal y la flora presente es fundamentalmente la característica del arenal del sur de Alicante, se pone de relieve que para estos recorridos perpendiculares al mar el porcentaje de especies no presenta ninguna modificación significativa por el relieve. En el punto Playa del Saladar, en el relieve más alto, apenas si aparece representado un ligero descenso en este porcentaje entre los 240 m en que comienza la cuesta y los 360 m de distancia al mar en que vuelve a descender hacia poniente, pero sin que bajen los porcentajes por debajo de los valores de la primera mitad del tramo.

En los sitios tres cuatro y cinco, de algo más de 100 m de longitud, escasos relieves y alguna depresión, la existencia de un denso cañar, con presencia también de *Carpobrotus* en la hondonada, parece como el factor más relevante en

la distorsión de porcentajes. La aparición de esta última especie algo más abundante en el último tramo del transecto cinco provoca a su vez un nivel más reducido del número de especies que en los otros dos.

2.- En los cinco lugares restantes la relación con la altura y este de los médanos parece positiva. Así, en el segundo o Salidero, donde hay dunas de cierta entidad las herbáceas que se estudian no tienen una relación negativa con la topografía, e incluso la mayor exposición al spray marino en partes altas y de barlovento (este) parecen ser los hábitats más adecuados.

En las demás dunas repobladas se producen a su vez situaciones coincidentes con las de Salidero donde hay médanos elevados. Así encontramos en el sexto, el transecto Vivero o el octavo, el Gola Norte, que tampoco la topografía más elevada aparece como el problema para el desarrollo de las especies, aunque son más abundantes en sitios llanos que en la duna alta. No ocurre así a sotavento de la duna más elevada, porque cuando desciende la altura y se hace más denso el pinar disminuye el número.

El buen desarrollo de las especies psammófilas, en barlovento y lugares llanos pero a varios metros de cota de los transectos anteriores, contrasta con la escasez de especies en los lugares llanos y bajos o deprimidos y con nivel freático muy superficial. Así en el séptimo, al sur del puerto donde el relieve es casi plano, salvo un pequeño resalte, con abundante pino joven, palmera y juncos el relieve parece jugar aquí un papel secundario en favor de las especies con las que compiten los psammófitos. Algo similar ocurre en el noveno, el Pinet, donde también las especies son más abundantes en la zona donde la duna es más alta, y menos en la más baja y alejada del mar, pero próxima a la laguna hipersalina.

1.- Efectos de la topografía sobre la disponibilidad hídrica.

Además de los datos relacionados con el estudio de los flujos internos de agua, de la observación de los transectos y los porcentajes de especies presentes no se deduce una disminución con la altura sobre la duna. Sí parece tener relación con la situación de barlovento en la cumbre en dunas repobladas, pero no en las que no hay árboles, y también con la presencia de dunas amarillas,

incluso cerca de la playa, donde la presencia de especies se reduce o incluso desaparecen. Por el contrario, la presencia de una masa forestal desarrollada sobre los médanos, indica la existencia de un flujo considerable de agua permanente desde las capas inferiores saturadas hasta cerca de la superficie, y que a la vez que en condiciones estivales eso puede suponer un esfuerzo y una gran dificultad para el crecimiento y desarrollo reproductor de las plantas.

En este sentido, en la experiencia realizada en la cresta de la duna litoral se pone en evidencia el diferente estado de las plantas de la columna y las mismas especies del entorno a finales del verano, derivado posiblemente de que la profundidad a que se encuentra la humedad en condiciones naturales de la duna dificulta la supervivencia, en contraste con la columna experimental que tiene el nivel piezométrico a $-1,45$ m, y permite un elevado grado de humedad a -60 cm, por lo que presentan un excelente estado vegetativo de las plantas de la columna, en contraste con las silvestres que pueblan la duna

Esta hipótesis permite explicar las observaciones realizadas en el corte de duna de la Fonteta realizado en el mes de agosto, donde aparece una capa superficial seca de unos 60 cm de potencia, que se detiene en la capa de raíces, y más abajo todo el núcleo de la duna con un contenido en agua que en volumen se ajusta un promedio del 2,5 % para toda la arena de las muestras tomadas por debajo de un metro de la superficie. Ese volumen se corresponde con un potencial hídrico del entorno de los 20 centibares, al margen de su altura, en relación con el nivel freático, quizás en base a la densa red de raicillas que crean una capa tan densa que es capaz de actuar en gran parte de los poros, creando una especie de polo de atracción continuado donde la diferencia de potencial hídrico en la parte de arena situada por encima de las raíces permite la disponibilidad de agua sin un esfuerzo excesivo de las plantas. Estos números son a su vez del rango de los obtenidos en la columna litoral, que ofrecen un nivel de esfuerzo para las plantas de la experiencia, en el entorno de los -25 kPa.

Una elevada tensión más arriba de las raíces impediría el desarrollo y la supervivencia de las plantas que tomen el agua entre las de los pinos y la superficie, y a su vez imposibilitaría la autorregeneración del bosque y la

supervivencia de los arbolitos de las repoblaciones recientes, salvo en zonas con calvas, o veranos con lluvias. Coincide este planteamiento con lo observado en 2001 y 2002 para una plantación de psammófilas, *Lotus*, *Elymus* y *Centaurea*, utilizados en experiencias de restauración de dunas en Guardamar por Lledó et al (2003). Frente a porcentajes del 90 al 80 % de supervivencia en el año 2002, contrasta que en septiembre de 2001 solo se alcanzó el 40 %, pero esto parece más relacionado con el hecho de que en otoño e invierno de 2001 la precipitación fue de unos 80 litros, frente a más de 170 del mismo periodo en 2002, que con cuestiones topográficas. También en primavera y verano fue más desfavorable para 2001, 30 litros de lluvia frente a 49 l/m².

La competencia por el agua y la menor capacidad de captura entre las especie herbáceas, y estas con las arbóreas determinará que tras un largo periodo sin recarga superficial se produzca una capa seca hasta llegar al nivel de humedad marcado por capas tupidas de raíces, como en el caso del pinar. Estas absorben la humedad de manera que el agua sube desde el nivel freático sin que exista ninguna capa seca intermedia que lo interrumpa, puesto que causaría la interrupción del bombeo. En caso de sistemas radicales menos tupidos y capaces de absorber agua, si la columna es muy elevada las plantas con sistemas radicales superficiales morirán. La profundidad de la humedad estará relacionada con la persistencia en la evaporación del suelo y el tiempo transcurrido sin nuevas aportaciones, capaces de volver a rellenar esta capa superficial de arriba a bajo, hasta completar toda su potencia sin ninguna discontinuidad.

Así pues se produciría un “tirón” por succión desde las raíces, como consecuencia de la diferencia de potencial hídrico, sumado al que genera la diferencia de potenciales arena seca superficial/ arena húmeda, de modo que al igual que la diferencia de potencial, más negativo en las hojas que en el suelo o las raíces genera una tensión en la columna de agua que tira hacia arriba, tal y como sostiene Terradas (2001), también esta suma de tensiones en relación con las raíces y la tensión con que el agua es retenida por el suelo, debe producir el ascenso capilar por las arenas. La geometría del poro es mucho más compleja que los tubos capilares simples, pero el agua está bajo presión negativa debido a las fuerzas del tubo capilar (Klocke et al, 1996).

No aparece pues el factor más importante para generar la distribución una relación directa entre presencia de especies y topografía, sino que deben tenerse muy en cuenta las cuestiones relacionadas con la competencia con otras especies o la presencia de masas de agua de características muy diferentes, puesto que hay modificaciones tanto en zonas deprimidas como crestas, y además depende de la posición. La disponibilidad de agua parece más ligada a otras especies con quien compita que con la distancia al mar y altura.

8.4.3.2. Distribución de psammófilas con la distancia al mar. Posibilidades de uso en relación con la propuesta de indicadores.

Un primer aspecto es el análisis por especies, en el razonamiento de su presencia en los distintos transectos en una posición más o menos alejada del mar. En este sentido solo parecen tener una clara vinculación con la playa, ligada a una mayor nitrofilia y suelos poco estabilizados, aunque con sequedad moderada, *Calystegia soldanella*, *Euphorbia paralias* y *Cakile marítima*, que son plantas anuales halonitrófilas y que prefieren suelos enriquecidos por los aportes de materia orgánica procedente del mar. En el caso de *Cakile* además su fruto es una silícula que se divide en partes y cada una de las cuales contiene una semilla; estas partes flotan en el agua del mar y así se diseminan por toda la costa.

Las tres son muy escasas en estas localidades, probablemente como consecuencia de la limpieza de las playas con maquinaria, que además de impedir aportes de restos de algas y otros destruye las plantas más cercanas a la playa, además del intenso pisoteo a que están sometidas que remueve las arenas menos fijadas y provoca el aplastamiento de las plantas, impidiendo además el desarrollo de nuevas plántulas.

Otro aspecto que aparece como evidente en los transectos donde hay repoblación forestal es la incompatibilidad de *Medicago marina*, *Cakile marina* y *Eryngium maritimum* que no están presentes cuando hay pinos, salvo en pocas cuadrículas situadas cerca de la parte de sotavento de la contraduna litoral destruida, en los transectos al sur del río Segura, donde los pinos son además de escaso porte. También es difícil encontrar en la misma cuadrícula *Elymus farctus* y pino, que solo aparece acompañándoles en alguna punto cercano a la

contraduna litoral. La presencia de *Calystegia soldanella*, *Euphorbia paralias* u *Otanthus maritimus* con pinos no se da, y tampoco en los transectos donde aparecen, playa del Saladar o Campomar hay pinos.

El resto de las especies, aunque evidentemente tienen una fuerte competencia con los árboles, sí pueden desarrollarse en los claros, y en todo caso crecen o florecen en los meses menos secos del año, ya sea primavera u otoño, cuando la capa de arena situada entre la superficie y las raíces de los árboles tiene suficiente humedad, bien porque no la ha perdido, o porque las lluvias de otoño han recargado ya esta primera capa donde están situadas la mayor parte de las raíces de las especies estudiadas, y en todo caso la disponibilidad de agua es mayor.

A la hora de plantear cual debe considerarse el punto de corte con el borde exterior de la franja litoral parece claro que debe hacerse teniendo en cuenta la asociación de especies psammófilas. Y al determinar el punto la cuestión decisoria es el parámetro que debe considerarse. En este caso parece que un punto objetivo es en el relacionado con el porcentaje de especies presentes, en relación con el total de las presentes en el transecto. Se trata de calcular el punto en el que a partir de él las especies presentes, es menor que la mitad de las totales presentes. De esta manera determinamos cuando la influencia marina determinante junto a las arenas de la existencia de estas especies, y en una correlación lineal, es menor de la mitad del valor mayor. Esto representa un valor objetivo y fácil de calcular, relacionado tanto con las especies presentes como con la distancia al mar.

Siguiendo este criterio, los diez puntos estudiados en el trabajo aportan un resultado que parece coherente con lo que se observa durante el trabajo de campo, lo que permite considerar razonable la propuesta de utilizar los cambios en la distribución de psammófilas con la distancia al mar como un buen indicador.

En las zonas repobladas no parece posible referir el cambio del sistema, el borde externo a la presencia en las cuadrículas del 50 % de la especies del transecto, puesto que la fuerte competencia con el bosque limita el desarrollo de las psammofitas. Para estos puntos cabrían otras interpretaciones para modificar

el porcentaje a la baja del 50 %, como la no inclusión de especies poco o nada compatibles con los pinos al calcular porcentajes y considerar solo especies presentes en el pinar, o bien de la suma de datos de más de un transecto próximos pueda minimizarse esta distorsión. El análisis de la distribución de psammófitos a lo ancho del pinar y sus porcentajes permitieran determinar el número de especies presentes características del ecosistema costero.

Parece muy importante el efecto de la repoblación forestal en este caso al norte del Segura, que contrasta de manera visible con los dos transectos de alguna entidad donde no hay repoblación, la Playa del Saladar y La Mata, donde al final de los 410 m en el Saladar y de los 240 m de La Mata la presencia de especies es mayor que junto al mar y que por tanto, en las condiciones de los transectos, la franja litoral, considerando solo este dato, es mucho más ancha que la existente. En ambos casos debe recordarse que esta franja de arena fue más ancha y hoy ha desaparecido en parte. La ausencia de arena en cualquier periodo de tiempo impediría poder prolongar el ancho de esta franja, que para el caso de lugares donde se pudo haber extraído, reforzaría el papel de otros indicadores que si puedan medirse más allá del borde actual de las arenas, tales como el análisis de fotos aéreas de los vuelos de 1957 o 1930, donde se disponga, además de comparar con los efectos o medidas del spray marino, o bien comparar la presencia de psammófitos en zonas conservadas próximas.

8.4.4. Aplicación estadística y probabilidad.

Consideraciones generales:

En relación con la metodología estadística seguida, después de agrupar los datos correspondientes a los transectos se encuentran evidencias de los cambios con la distancia al mar. Con las matizaciones expresadas, en relación con la necesidad de tratar de forma conjunta los datos de los transectos, se relacionan solo aquellos que tienen en común el máximo de condicionantes, tales como existencia o no de repoblación forestal, el nivel freático y presencia de salinas, y de su recorrido se unen los datos de cuadrículas equidistantes al mar, obviando los tramos más largos y que no aparecen en la mayoría de los agrupados.

Los transectos se agrupan en tres bloques, el 1 y 10 que no tienen repoblación forestal, el 2, 6, 7 y 8 que si la tienen y el 3, 4 y 5 que son muy similares, sin repoblación y con la parte trasera de la zona ocupada por cultivos. Las longitudes de se ajustan a los más cortos de cada bloque, excepto en el segundo que son similares, y las cuadrículas se agrupan de manera que haya entre ocho y diez puntos en cada uno de ellos, sumando así el 10 % aproximado de las especies presentes en el bloque de transectos de los que se trate.

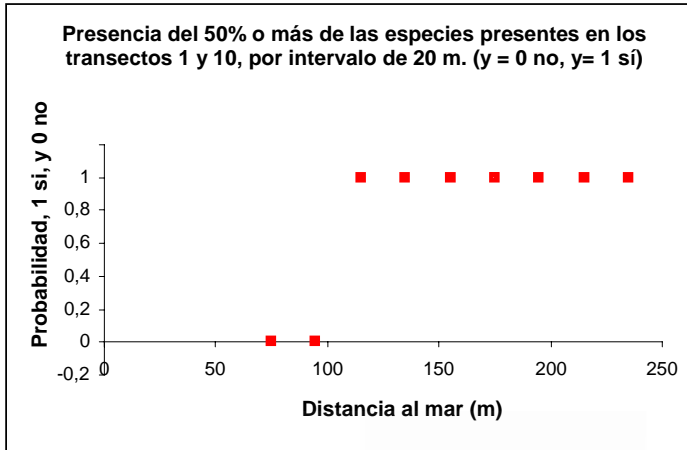
Dado que se trata de encontrar los puntos de cambio que puedan delimitar la zona de transición mar- continente, el litoral dominio público marítimo terrestre de la Ley de Costas de 1988, parece razonable considerar el lugar a partir del cual las especies presentes están por debajo del 50 %, partiendo del criterio de que a partir de que esta zona de transición varía sus características por debajo de la mitad de sus valores, podemos considerar que estamos ya fuera de la franja costera. Puesto que este punto puede no ser nítido a los datos se aplica la probabilidad en tanto por uno de encontrar al menos el 50 % de las especies, que en algunos casos resulta contundente, y se pasa de 0 a 1, mientras en otro la probabilidad es superior al 60 % y se va incrementando con la distancia al mar, con lo que el ajuste resulta muy bueno en los tres bloques.

En relación con el número de especies utilizadas, y teniendo en cuenta que de las 18 especies observadas tres de ellas, *Otanthus marítimus*, *Euphorbia paralias* y *Calystegia soldanella* se encuentran solo en 2, 3 y 4 cuadrículas de las 783, se decidió descontarlas del análisis considerando que su presencia no es relevante para tomar decisiones, es por ello que se consideran solo 15 del total de especies a contabilizar.

Este criterio de dentro- fuera, es decir $y \geq 50\%$ o menor, se ajunta bien a una regresión logística, $y= 0$ si es menos del 50 % de especies presentes e $y= 1$ si es mayor del 50 %. Para realizar el análisis de regresión logística consideramos que estuvieran presentes más de del 50 % del total de especies presentes en el grupo. Se homogeneizó la distancia con que se trabajó en cada grupo con la finalidad de evitar que la falta de mediciones en algunos tramos desvirtuasen los resultados.

Resultado del análisis para los transectos 1 y 10

Los transectos 1 y 10 , que no han estado sometidos a la repoblación



forestal iniciada a principios del siglo XX, tienen observaciones hasta 235 y 410 m respectivamente. Se trabajó entonces con los casos en que la distancia era menor o igual a 235 metros y no se tuvieron en

consideración los 55 metros de playa.

El total de especies diferentes en el grupo es 14. El diagrama de dispersión que resulta del tratamiento de los datos representa la presencia o no (1 ó 0) de 7 o más especies presentes, distancia en metros. La ecuación clasifica

$$\frac{\text{Prob (50\% o más)}}{\text{Prob (menos del 50\%)}} = e^{-177.014 + 1.685 * \text{distancia}}$$

Probabilidades de encontrar mas del 50% de las especies, en relación con no encontrarlas en función de la distancia al mar. Transectos 1 y 10.

Transectos psammófitas 1 y 10 Distancia al mar	Probabilidad más del 50 % de especies (1), o no (0)
55 - 75	0
95	0
115	1
135	1
155	1
175	1
195	1
215	1
235	1

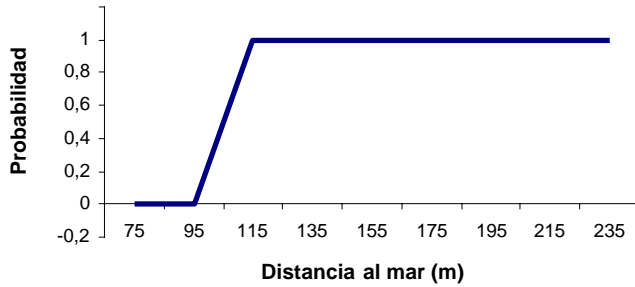
correctamente el 100 % de los casos.

Las probabilidades de encontrar al menos el 50 % de las especies en relación con no encontrarlas, en función de la distancia son las que aparecen en la gráfica correspondiente a los 1 y 10.

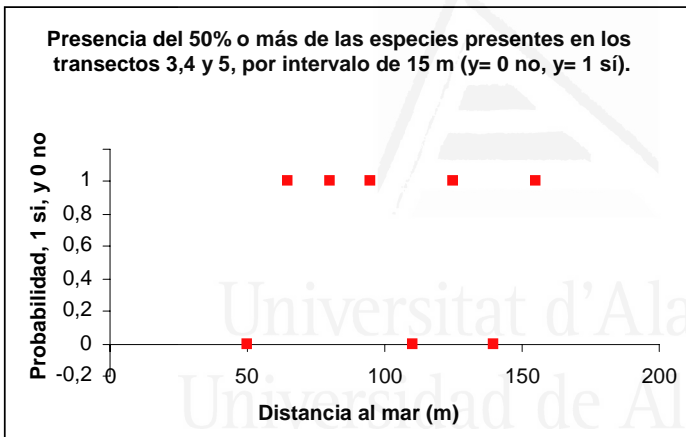
Gráficamente puede constatarse que en este bloque sin repoblación forestal, a partir de los 95 metros, y hasta el final del transecto más corto, de 235 m en La Mata, la probabilidad de que los tramos de 15 m tengan al menos el 50 %

del total de las especies presentes en ambos transectos es muy elevada, casi del 100 %.

Probabilidad de encontrar el 50% o más de las especies presentes en los transectos 1 y 10.



Resultado del análisis para los transectos 3, 4 y 5



Los transectos 3, 4 y 5 tienen observaciones hasta 155, 155 y 140 m respectivamente. Se trabajó entonces con los casos en que la distancia era menor o igual a 155 m ya que dos de los tres transectos llegan hasta 155 metros, no se tuvieron en cuenta los 35 metros de playa donde nunca hay vegetación.

$$\frac{\text{Prob}_{(50\% \text{ o más})}}{\text{Prob}_{(\text{menos del } 50\%)}} = e^{0.165 + 0.03 * \text{distancia}}$$

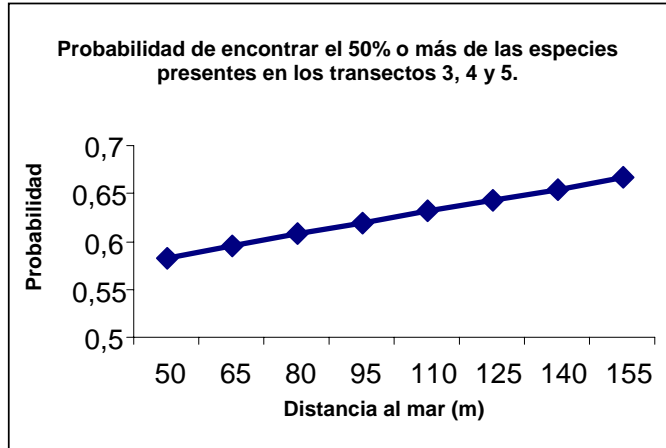
Probabilidades de encontrar más del 50% de las especies, en relación con no encontrarlas en función de la distancia al mar.
Transectos 3, 4 y 5.

El total de especies diferentes en el grupo es 15. El diagrama de dispersión

que aparece a continuación representa la presencia o no (1 ó 0) de 8 o más especies por cada 15 m, en relación con la, distancia al mar, en metros. La ecuación clasifica correctamente el 62.5 % de los casos.

Las probabilidades de encontrar más del 50 % de las especies, en relación

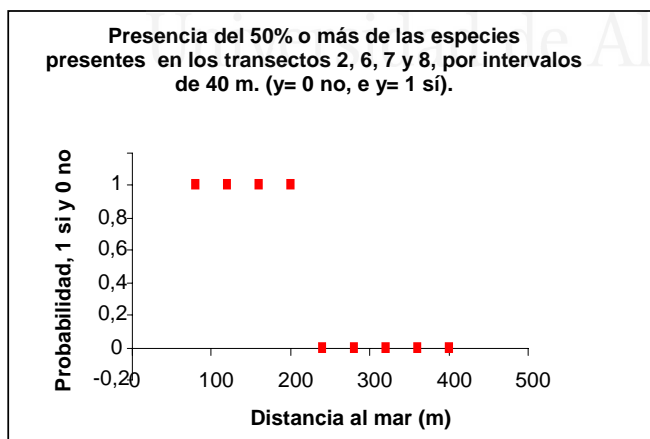
Transectos psammófitas 3, 4 y 5	
Distancia al mar	Probabilidad de más del 50 %
35 - 50	0,58283
65	0,59515
80	0,60735
95	0,61942
110	0,63134
125	0,64311
140	0,65470
155	0,66612



con no encontrarlas en función de la distancia al mar, son crecientes con al

alejarnos de la playa, llegando a 0,7 en el final, a 155 m. Estos datos son congruentes con lo observado en el campo, puesto que se trata de una franja estrecha y relativamente bien conservada, que tiene incluidos cañares y diente de león que dificultan la presencia de psammófilas, además de una fuerte presión por pisoteo. De los resultados se estima que a partir de los 35 m y hasta 155 se puede encontrar más del 50 % de las especies.

Resultado del análisis para los transectos 2, 6, 7 y 8



Los transectos 2, 6, 7 y 8 tienen observaciones hasta 615, 390, 585 y 1035 m respectivamente. Se trabajó entonces con los casos en que la distancia era menor o igual a 390 metros. Se

ha desestimado en el análisis los 40 metros de playa.

El total de especies diferentes en el grupo es 14. El diagrama de dispersión

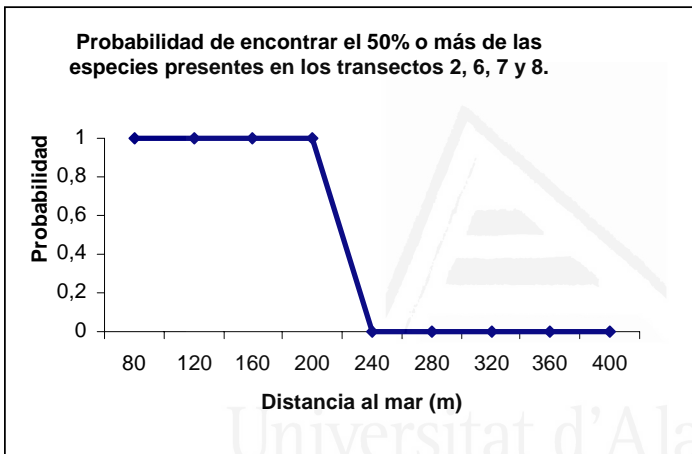
$$\frac{\text{Prob}_{(50\% \text{ o } \text{m}\acute{\text{a}}\text{s})}}{\text{Prob}_{(\text{menos del } 50\%)}} = e^{190.162 - 0.864 * \text{distancia}}$$

Probabilidades de encontrar mas del 50% de las especies, en relación con no encontrarlas en función de la distancia al mar. Transectos 2, 6 7 y 8.

que resulta de los datos presenta la presencia o no (1 ó 0) de 7 o más especies presentes en cada tramo de 40 m, y en relación con la distancia al

mar en metros. La ecuación clasifica correctamente el 100 % de los casos.

Las probabilidades de encontrar al menos el 50 % de las especies en

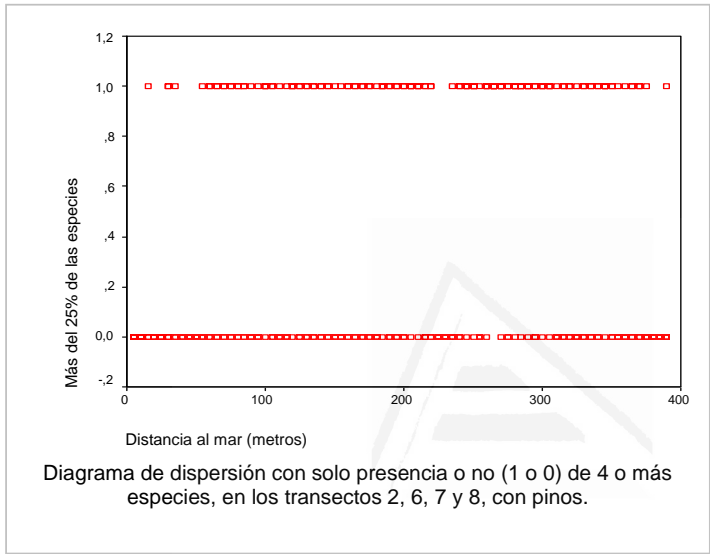


Transectos psammófitas 2, 6 7 y 8.	
Distancia al mar	Probabilidad de más del 50 %
40 - 80	1
120	1
160	1
200	1
240	0
280	0
320	0
360	0
400	0

relación con no encontrarlas, en función de la distancia son casi del 100 % en todos los casos, primero sí (1) hasta que cae bruscamente, a partir de los 200 m, y es no (0). A diferencia de los dos grupos de transectos estudiados anteriormente, en este caso el comportamiento es prácticamente a la inversa debido a la presencia de árboles. Las probabilidades de encontrar más del 50 % de las especies toma su valor máximo desde 40 hasta 200 metros, sin embargo de esta distancia en lo adelante la probabilidad es mínima (cero).

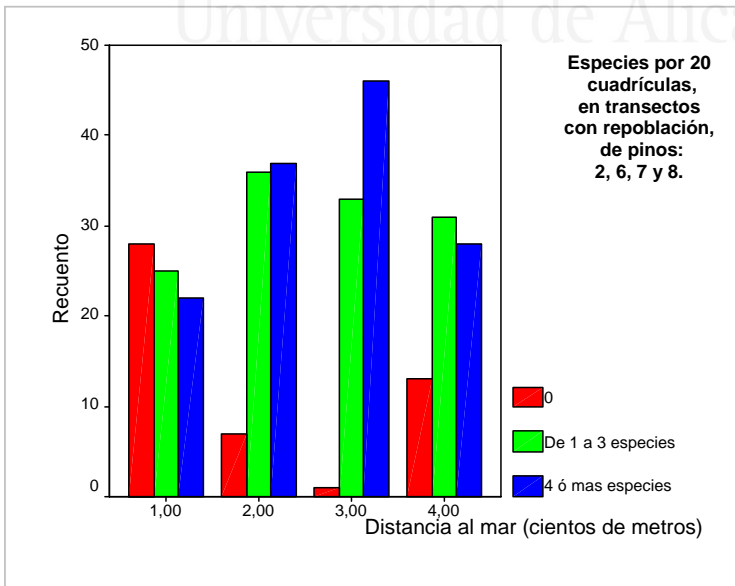
Asociación entre las dos especies de pinos y las especies de psammófitas. Análisis para los transectos 2, 6, 7 y 8, con repoblación forestal.

El total de especies diferentes en el grupo es 14, y solo para presencia o ausencia del 25 %, no aparece una distancia definida. Sin embargo si pueden extraerse conclusiones interesantes sobre la relación entre las especies de



psammófitas y la presencia de pinos. El diagrama de dispersión que aparece a continuación representa la presencia o no (1 ó 0) de 4 o más especies presentes, y la distancia en metros.

Como se aprecia del propio diagrama de dispersión, no hay una distancia definida a partir de la cual están presentes las especies. Sin embargo, y en



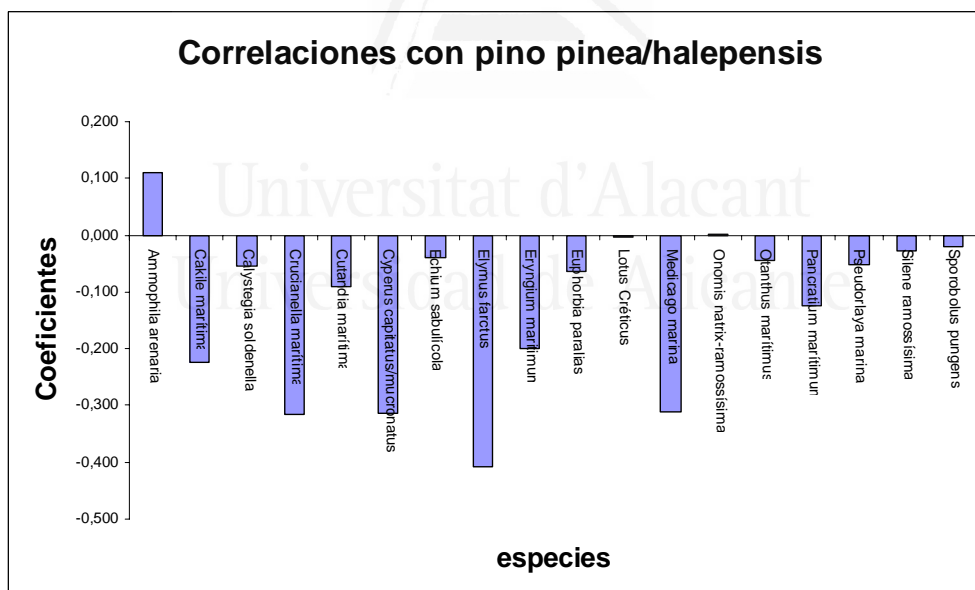
relación con la presencia de pinos, si consideramos las variables distancia al mar en cientos de metros y la variable cantidad de especies por cuadrícula, la codificamos con valor 1 si hay cero especies, 2 si están

presentes entre 1 y 3 especies y 3 si están presentes 4 ó mas y el resultado de la prueba de dependencia fue significativo ($p \leq 0.001$), con un coeficiente de contingencia de 0.355. El gráfico con el recuento de cuadrículas obtenido muestra que el mayor número de cuadrículas con 4 especies o mas se encuentra entre 200 y 300 metros de distancia al mar, aunque en relación con los otros bloques de transectos aquí el número de especies es menor, poniendo en evidencia la marcada influencia de los pinos con las especies de arenal que se analizan.

Asociación *Pinus pinea/halepensis* con otras especies.

Para determinar el grado de asociación del *Pino pinea/halepensis* con las restantes especies de plantas psammófilas se determinó el coeficiente de correlación Rho de Spearman.

Como se observa del gráfico de presencia de especies en la suma de las 60 cuadrículas correspondientes a los tres trozos de 100 m, de solamente la



Ammophila arenaria esta asociada positivamente con el pino, mientras otras como *Elymus*, *Cyperus*, *Medicago* o *Crucianella* sufren una fuerte incompatibilidad.

Esta relación negativa con los pinos confirma las observaciones realizadas al analizar la influencia de la disponibilidad hídrica, y restringe el tratamiento estadístico que deba darse a la presencia del número de especies en los análisis

estadísticos de los transectos repoblados, así como las especies de plantas psammófilas consideradas, que puede ser diferente en función del grado de afectación a cada especie. Los resultados de la regresión logística estarán pues condicionados por las especies arbóreas introducidas, así como su edad y densidad.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

CAPÍTULO NOVENO: EL DESLINDE COMO ACTO ADMINISTRATIVO. EXIGENCIA DE CRITERIOS EQUITATIVOS COMO GARANTÍA DE OBJETIVIDAD Y SEGURIDAD JURÍDICA.

9.1. INTRODUCCIÓN

9.1.1. Bases ambientales en los criterios que inspiran algunas normas legales vigentes.

En el capítulo primero se han puesto de manifiesto diversos factores que han incidido negativamente sobre la conservación del litoral, revalorizado por el cambio en las costumbres humanas y por la aparición del turismo como fenómeno de masas. Esta nueva situación, a la que de forma extensa se refiere el preámbulo de la Ley de Costas de 1988, es consecuencia de varios factores, y en general, en actuaciones inconexas, sin la necesaria coordinación entre la legislación del dominio público marítimo y la del suelo, sin tener en cuenta la interacción tierra-mar, ni la necesidad de establecer medidas que garanticen la conservación de estos espacios singularmente sensibles al deterioro, ni los costes externos a la propia acción ni la rentabilidad o valor social del medio (Ley 22/1988). En realidad los cimientos son más profundos que la simple descoordinación y, en buena medida, son el resultado de políticas concretas de fomento de ocupación del litoral, cuyo objetivo conducía, forzosamente, a la situación de deterioro actual.

Este éxodo masivo de las ciudades, consecuencia, en buena parte, del estrés ambiental, y la aparición de nuevas formas de concebir las vacaciones, acarrea graves alteraciones del litoral, y fundamentalmente se produce sobre las playas y dunas. Si a esto se une la ya histórica consideración de focos infecciosos e improductivos de los terrenos pantanosos o marismas, a los que no solo se permitía desecar o enterrar, sino que además se incentivaba, podrá explicarse fácilmente la situación actual. Un claro ejemplo es la Ley Cambó, de 24 de Julio de 1918, que propiciaba concesiones sobre estos terrenos, convirtiéndolos en dominio privado del que realizaba su transformación.

De igual manera, tal y como afirma Blasco Díaz : “No es difícil, sin embargo, encontrar actuaciones en este sentido en tiempos más recientes, como se hizo por ejemplo por medio de la Orden Ministerial 14 abril 1981, que otorgaba en concesión a una Corporación Local la marisma de Riomayor, autorizándole para rellenar una parcela de terreno de la zona marítimo - terrestre de la citada marisma, para ulterior construcción del Parque Público y un Colegio de Enseñanza General Básica” (Blasco Díaz, 1989).

Es a partir de la perspectiva los valores medioambientales que la propia Constitución impone, en su artículo 45, y de las exigencias que se derivan de su artículo 132.2, cuando desde los poderes públicos y el Legislativo se produce una revisión generalizada de los criterios degradadores de estos ecosistemas, y que inspiraban algunas de las normas anteriores.

En este sentido, y como cabía esperar, también en las resoluciones judiciales se produce la revisión de los criterios, antes orientados a incentivar la ocupación del litoral, y que se evidencian a partir de las sentencias del propio Tribunal Supremo, como alguna de las dictadas sobre humedales que se habían desecado anteriormente. Así, la Sentencia de 22 de diciembre de 1995 (RA 9687), entiende que “la existencia primaria del dominio público por naturaleza, como es el caso de la zona marítimo-terrestre, viene ligada a hechos naturales, pudiendo verse alterada su configuración como consecuencia de afectaciones o desafectaciones provocadas por fenómenos naturales”. Por tanto, «si a consecuencia de fenómenos naturales el mar avanza invadiendo propiedades colindantes con la zona marítimo - terrestre se produce ope legis una afectación determinante de su inclusión en el dominio público, en la medida en que el supuesto es incluíble en las previsiones del artículo 132.2 de la Constitución Española y de los artículos 3 y 4 de la Ley de Costas»

De modo que un terreno desecado al amparo de una concesión sobre marisma vuelve a recuperar su carácter marismeno, y por tanto posee la naturaleza demanial, al verse inundado por las propias aguas, uniendo la propia Ley a éste hecho físico la consecuencia jurídica de revertir al dominio público lo que en su día salió del mismo (Blasco Díaz, 1999)

No menos explícito es el reconocimiento del valor medioambiental del litoral, y su consideración como recurso, a lo largo del mismo preámbulo de la Ley de Costas, y que supone un cambio de gran relevancia en los criterios de la administración. La ocupación del litoral, que antes fue el objetivo prioritario de las normas y de las políticas incentivadoras del desarrollo turístico, es ahora, por el contrario, el problema que se busca solucionar. "Este doble fenómeno de destrucción y privatización del litoral, que amenaza extenderse a toda su longitud, exige de modo apremiante una solución clara e inequívoca, acorde con la naturaleza de estos bienes, y que, con una perspectiva de futuro, tenga como objetivos la defensa de su equilibrio y su progreso físico, la protección y conservación de sus valores y virtualidades naturales y culturales, el aprovechamiento racional de sus recursos, la garantía de su uso y disfrute abierto a todos" (Ley 22 de Costas de 1988).

Esta nueva manera de valorar la costa se extiende ampliamente a todo nuestro ámbito cultural. Tal y como ya se ha puesto de manifiesto en el capítulo primero, proliferan las iniciativas públicas y la publicación de trabajos y promulgación de normativas muy diferentes para ordenar y proteger las costas marítimas, en los países de nuestro entorno, desde el llamado <soft law>, o derecho flexible, que constituyen la mayor parte de las normas y acuerdos internacionales, hasta Leyes muy específicas para la protección del litoral o del medio marino, como la de Costas del 88.

Entre las acciones encaminadas a la protección medioambiental, evitar la degradación y preservar estos valores, quizás, el documento europeo comunitario más significativo sobre este espacio es la Carta Europea del Litoral, de 8 de octubre de 1981, acordada por la Conferencia Plenaria de Regiones Periféricas Marítimas de la Comunidad Económica Europea. En el se estipula que su finalidad es << contribuir a una mejor toma de conciencia de la población del continente, que debe sobrepasar el estado emocional para influir sobre los comportamientos cotidianos o estacionales de los usuarios>>.

Como objetivos de la carta se incluye una estrategia global de la política de Europa sobre el litoral, que implica «organizar el litoral europeo para permitir

conciliar las exigencias del desarrollo y los imperativos de protección». Al mismo tiempo se indica que deben ser complementarios de los objetivos nacionales, regionales y locales, pues resulta «necesaria la acción vigorosa y coordinada a escala continental», debiendo asumir las Instituciones Europeas su responsabilidad.

La Ley de Costas de 1988 es una de las normas que caen dentro de la influencia de este estímulo proteccionista, tal y como está redactado en su Exposición de Motivos, en el sentido de que en la misma se recogen los criterios contenidos en la Recomendación 29/1973 del Consejo de Europa, sobre protección de zonas costeras, así como los que aparecen en la Carta del Litoral de 1981 de la Comunidad Económica Europea y en otros planes y programas de la misma.

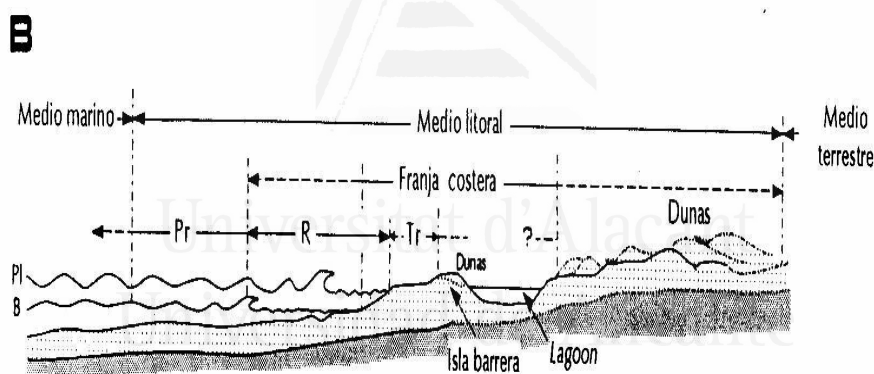
Pero no es solo esta Ley de 1988 la que incide la protección del litoral, sino que otras normas de gran impacto social como la Ley 4/1989 de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre, poseen probablemente mucha mayor repercusión en la protección del Medio Ambiente. Pero de forma específica también en el espacio litoral, puesto que se refiere a él de manera concreta cuando en su capítulo segundo, art. 10, se refiere a los espacios naturales protegidos, incluye "1. Aquellos espacios del territorio nacional incluidas las aguas continentales, y los espacios marítimos sujetos a la jurisdicción nacional, incluidas la zona económica exclusiva y la plataforma continental". Opta además por una vía contundente para conseguir los fines propuestos por la Ley 4/1989 que no se aleja mucho de los procedimientos que incluye la vigente Ley de Costas, <<10.3. La declaración de un espacio como protegido lleva aparejada la de utilidad pública, a efectos expropiatorios de los bienes y derechos afectados>>.

Esta misma norma, más adelante, en el art. 21.3 contempla el supuesto de que además alguno de los bienes señalados en el artículo 3 de la LC -las riberas del mar, de los ríos, del mar territorial y las aguas interiores y los recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental-, sean objeto de protección mediante la declaración de espacio natural, lo que añade una

posibilidad más de actuación sobre los terrenos colindantes y afectados por las servidumbres previstas en la Ley de Costas de 1988, tanto en el estricto ámbito de regular los usos y actuaciones como en de poder expropiar los terrenos.

9.1.2. La extensión del dominio público marítimo terrestre a suelo de gran valor medioambiental: dunas y zonas inundadas o inundables por el agua del mar.

El paso de ampliar la extensión de la protección litoral desde las playas, hasta la inclusión de áreas dunares y encharcadas colindantes, implica no solo el deseo de conservar lo que todavía no se ha degradado, sino que va mucho más allá al reconocer la naturaleza demanial de estas franjas costeras que interaccionan con el mar, hasta el extremo de que es precisamente su relación con el medio marino lo que determina su inclusión legal en la zona marítimo-terrestre, aunque esta no lo sea directamente con el agua del mar, sino con el



(Pedraza Gilsanz, Javier de, et al. GEOMORFOLOGÍA).
Delimitación y estructura del medio litoral en : A, playa; B, lagoon-isla barrera Leyenda: pleamar(PI); bajamar (B); ribera (R) ; trasribera (Tr); preribera interior (Pr).

medio, en general.

Pero al mismo tiempo que supone un objetivo loable, desde la perspectiva de la conservación del Medio Natural, presenta determinaciones contundentes con el objetivo de preservar el Dominio Público Marítimo Terrestre. No obstante el instrumento necesario para poder aplicar los objetivos de la Ley, el deslinde del suelo cuyas características corresponden a las diferentes categorías del Dominio

Público Marítimo Terrestre (Stcia del TS de 16.04.2003), presenta dificultades de aplicación y al no contener descripciones claras o procedimientos precisos para determinar su inclusión, lo que ocasiona que el traslado de los preceptos léxicos de la Ley tengan problemas de ser trasladados sobre el terreno, por la dificultad de establecer los límites, introduciendo así considerables dosis de incertidumbre.

En este sentido afirma Meco Tebar que “además en esta zona se da cabida a las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, a los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar (art. 3.1 a) LC). Lo cual en la mayoría de los casos no será más que una puerta abierta a la libre interpretación del técnico que en el momento lleve a cabo la delimitación oportuna. Pues nada dice la Ley al respecto de lo que deba entenderse por cada uno de estos conceptos” (Meco Tebar, 1998).

En cuanto a las playas y dunas, que han sido las más concernidas, la Ley 22 ha supuesto una ruptura con respecto a la LC de 1969 que las definía en su art. 1.2 como «las riberas del mar o de las rías, formadas por arenales o pedregales en superficie casi plana, con vegetación nula, o escasa y característica», al entender ahora que son aquellas «zonas de depósito de materiales sueltos, tales como arenas, gravas, y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas, tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marino, u otras causas naturales o artificiales» (art. 3.1 b) LC). En el caso de las zonas inundadas o inundables lo novedoso ha sido su inclusión, que antes no se contemplaba.

Al considerar incluidas en la delimitación de la playa “las cadenas de dunas que estén en desarrollo, desplazamiento o evolución debida a la acción del mar o del viento marino, y las fijadas por la vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa” (Real Decreto 1471/1989 , Art 4), se pone de manifiesto una consideración dinámica, próxima a la que se tiene de la interacción entre los distintos elementos del ecosistema, a la vez que se reconoce la interdependencia y fragilidad.

Su inclusión es importante por cuanto indica que están siendo valoradas en su justa medida, invirtiendo un rumbo en las normas y las políticas que había conducido a que buena parte de las playas, sobre todo del litoral mediterráneo, presenten un deterioro urbanístico que a alcanzado no sólo al paisaje de las costas, sino también al equilibrio natural de las playas y sistemas dunares.

La existencia de numerosas edificaciones, levantadas sobre campos de dunas impide la regeneración de las playas, al mantener con aquellas un equilibrio dinámico, y constituir la principal fuente de sedimentos y medio de defensa natural contra la erosión marina, al margen de la alteración de las otras fuentes, ríos y costas, en los que interviene la dinámica litoral. Además de dañar el frágil ecosistema dunar, y especialmente por ello, por su escasa presencia a lo largo de las costas, y la especialización de la flora y fauna que albergan, que determinan el valor ecológico y social.

Frente a esta importante función, los sistemas dunares fueron precisamente los que en pocas pasadas sufrieron un mayor proceso urbanizador degradatorio de su entorno -con paseos marítimos, la apertura de viales, aparcamientos y urbanizaciones -, o el uso de las arenas para la construcción de



Salinas de Sta Pola, junto al pueblo de La Marina. Entre ellas y el mar existe un cordón de dunas litorales que no alcanza los 100 metros de anchura.

carreteras. Además, y de forma indirecta modificando las corrientes especialmente al edificarse sus proximidades, e incluso sobre las mismas dunas numerosas pantallas arquitectónicas, estas

modifican la dinámica litoral y, en consecuencia, el transporte de sedimentos, además de impedir el intercambio de arenas con la playa alterando la estabilidad de la costa.

Además, en esta franja de dominio público se incluye a las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, a los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la infiltración del agua del mar (art. 3.1 b) de la L. C. Estas depresiones interactúan directamente con el mar, en tanto la existencia o no de agua o su nivel, depende de mareas o temporales. A su vez, y de manera complementaria, la vegetación y la fauna características existentes están también vinculadas a estos vaivenes, tanto como al tipo de sustrato o el clima.

Las relaciones ecosistémicas entre dunas y estas depresiones, proceden de una parte de su inestabilidad, debido a las presiones naturales a que están sometidas. De otra a que, en ambos casos se da una tasa elevada de actividad biológica, aunque su riqueza específica es pequeña, y las especies presentes suelen presentar un grado muy elevado de adaptación.

Algunas circunstancias, como las fluctuaciones de agua marina, producidos por las mareas o el oleaje, las aportaciones de agua dulce y las variaciones del nivel freático, los vaivenes dunares producidos por el viento, la posible aportación de agua por capilaridad, a la flora dunar, y las interacciones entre las distintas poblaciones, explican esa interacción. Y de otra parte provoca que las comunidades que se desarrollan y sus estrategias sean el resultado de la adaptación a un medio físico inestable y muy relacionado, y dan como resultado un ecosistema con menor nivel de complejidad y madurez.

Por el contrario, “en los medio físicos más estables, para un mismo nivel de aportación de energía externa, aseguran un grado más alto de permanencia de las comunidades y un mayor nivel de anticipación de los organismos que allí viven” (Enciclopedia Catalana, Litorales y Océanos, Tomo 10, 1994).

El hecho de que sean, por definición de la Ley zona marítimo terrestre, y por tanto dominio público, proporciona una cobertura legal extraordinaria para proteger estos frágiles ecosistemas. De una parte por su consideración demanial, y de otra por la limitación que se hace de sus usos. Por lo que: “la relación entre ambas actividades jurídicas -ordenación de usos y protección medioambiental - resulta cuanto menos evidente en diversos supuestos” (Blasco Díaz, 1999).

9.1.3. La ampliación y protección del litoral no es una consecuencia inmediata de la Ley

Las definiciones legales suponen la extensión del dominio público, puesto que la Constitución faculta al legislador para determinar los bienes que integran el dominio público estatal, pero su adscripción al demanio requiere la realización del deslinde administrativo.

Ya Sánchez Blanco había puesto de manifiesto que el carácter demanial del dominio marítimo estaba a expensas de la realización del deslinde administrativo. Un acto administrativo de deslinde, que actualice los «puntos de referencia» legales para la determinación del dominio marítimo que aquél realiza. (Sánchez Blanco, 1979.)

De esta manera, la Ley de Costas fija algunos de los bienes (zona marítimo - terrestre, playas, mar territorial y recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental) que de modo necesario formarán parte de él. Si bien, tan sólo atribuye a estos conceptos un contenido consistente en su valor léxico, sin elevar a rango constitucional las definiciones legales que existían previamente según resuelve la STC, 149/1991, de 4 de Julio.

La determinación física sobre el litoral, del territorio que se amplía, se hará bien sobre terrenos públicos adscritos a otra administración, o bien sobre propiedades particulares, por lo que resulta inevitable el conflicto de intereses, y exige la “búsqueda y consiguiente enjuiciamiento de soluciones que tiendan a aunar los distintos intereses en presencia, esto es, por un lado los intereses públicos cuya pretensión se centra fundamentalmente en la consecución de una protección más eficaz para el dominio público marítimo - terrestre que la que hasta el momento presente se le ha venido dispensando y, por otro, los intereses privados cuyo interés tiende a la salvaguarda de los derechos adquiridos sobre bienes que, o bien eran, o bien han pasado a ser de dominio público” (Fabiola Meco, 1998). Más contundente resulta esta misma autora, al referirse al objeto que persigue el legislador con esta Ley cuando afirma “la verdadera intención del legislador de costas no era definir o delimitar el contenido de los derechos de los

particulares en la zona de dominio público, sino suprimir las titularidades privadas allí existentes, y atribuir las mismas a la Administración Pública”.

La extensión del dominio público a bienes que no reúnen las características típicas de los que en el Derecho histórico han recibido esa calificación en función de su naturaleza, pero a los que se otorga ese carácter, precisamente para protegerlo, pone en evidencia el hecho de que “el legislador ha hecho uso de la institución del dominio público como técnica de atribución de un régimen jurídico de especial protección” (Blasco Díaz, 1999).

Esta nueva configuración que el legislador ha realizado de la zona litoral, que se aleja de la simple protección de las playas, “determina una mayor extensión del dominio público marítimo-terrestre y, por tanto, un mayor adentramiento en zona de propiedad privada”, (F. Meco, 1998).

No obstante, este evidente objetivo de protección del litoral de la Ley de Costas, posee dos grandes dificultades en su cometido, de una parte el hecho de que la delimitación del dominio público exige primero la realización del deslinde, y en segundo lugar la existencia de numerosas propiedades que permanecerán ocupando el demanio, en forma de concesiones administrativas. De este modo, si de una parte resulta evidente, que esta redefinición que el legislador de costas ha efectuado de algunos de los bienes integrantes del dominio público marítimo-terrestre, como es el caso de marismas, o playas, han supuesto una extensión de los anteriores criterios de la Ley del 69, un adentramiento en zona de propiedad privada, y por consiguiente una mayor extensión de la superficie del dominio público, podemos concluir que, también lo es el hecho de que, solo la práctica del deslinde administrativo permitirá conocer la extensión real del demanio costero (Meco Tebar, 1998).

9.1.4 Interés medioambiental de las servidumbres legales de protección y zona de influencia, como franjas de amortiguamiento.

La Ley de Costas del año 1988, además de ampliar el demanio tiene otro efecto efectivo limitador sobre el derecho de la propiedad, las servidumbres que impone en el suelo privado colindante.

Estas bandas de suelo, paralelas al dominio público, con diferente amplitud y grado de limitaciones, tienen como objeto disminuir la presión y minimizar las interacciones antrópicas con el litoral. La servidumbre de tránsito, de seis metros, y la de protección, que se extiende hasta los cien metros, inciden en el uso del suelo, limitándolo a las actividades agrícolas o ganaderas, y en todo caso prohibiendo su uso residencial. Se pretende evitar así las aglomeraciones humanas sobre esta franja del territorio, con el objetivo de que debe soportar una baja presión, derivado de su escasa capacidad, y que a su vez atenúe los posibles efectos sobre dunas o zonas inundables, cuyos ecosistemas son



La zona de influencia, hasta los quinientos metros, tiene como objetivo evitar la acumulación de viviendas cerca del litoral, y evitar la formación de pantallas arquitectónicas.

extraordinariamente frágiles, y su capacidad de carga muy pequeña.

La “servidumbre de tránsito recaerá sobre una franja de 6 m, medidos tierra adentro a partir del límite interior de la ribera del mar. Esta zona deberá dejarse permanentemente expedita para el paso público peatonal y para los vehículos de vigilancia y salvamento, salvo en espacios especialmente protegidos (Ley 22 de 1988, Art.27. 1.). Mientras, en la de protección se prohíbe la construcción de viviendas pero “se podrán realizar sin necesidad de autorización cultivos y plantaciones”(Ley 22, Art.24. 1.)”.

Además se establece la servidumbre de acceso público y gratuito al mar “sobre los terrenos colindantes o contiguos al dominio público marítimo-terrestre, en la longitud y anchura que demanden la naturaleza y finalidad del acceso” (Art. 28. 1). Otras limitaciones están relacionadas con la prohibición de extraer áridos en las desembocaduras de los ríos, y además los yacimientos de áridos, emplazados en la zona de influencia “se declaran de utilidad pública a los efectos de su expropiación” (Art. 29. 2). Esta ordenación del litoral, imponiendo limitaciones más allá del dominio público marítimo-terrestre, confirma, más todavía, la relación que Blasco Díaz establece entre las prácticas jurídicas que suponen la ordenación de usos y protección medioambiental.

Pero admitiendo lo novedoso de los contenidos legales de esta Ley 22/1988, estas limitaciones que el Estado establece sobre el derecho de propiedad son ya expuestas por Royo Vilanova, cuando afirma “que el Estado busca fundamento a las limitaciones que se imponen al derecho de propiedad en: a) el dominio eminente del Estado; b) en la primitiva forma común de la propiedad o en la extensión del dominio público; e) en la necesidad de resolver el conflicto o la colisión de derechos entre el interés particular y el público, que exige el sacrificio del primero en aras del segundo; d) en el consentimiento presunto de quien viviendo en el Estado ha de sufrir las consiguientes limitaciones en su propiedad particular; e) en la condicionalidad krausista, que considera a ciertos bienes particulares como medio indispensable para el cumplimiento de los fines de interés general; y f) en la justa reciprocidad con que debe corresponder la propiedad inmueble a las ventajas que recibe del Estado (Royo Vilanova, 1936).

Otros autores más recientes, y dentro de los países de nuestro ámbito cultural, encontramos también autores como Khal, que justifican esas limitaciones de los derechos contraponiendo el de “propiedad” al de “conservación del medio ambiente”, por ser evidente la tensión dialéctica entre ambos, y “ al ser evidente que el ejercicio del derecho de propiedad puede traer consigo perjuicios para el medio ambiente, al igual que la perspectiva medioambiental puede entrañar importantes limitaciones sobre la propiedad privada” (Kahl, 1996)

En consonancia con el redactor alemán, afirma Díaz Blanco que “tiene razón este autor cuando indica que la fórmula «conservación del medio ambiente versus derecho de propiedad» entendida como antinómica, olvida, en realidad, que una efectiva protección medioambiental constituye el presupuesto necesario para el aprovechamiento cabal de las facultades que integran el derecho de propiedad, pues los peligros medioambientales podrían acarrear la desaparición de las condiciones necesarias para el desarrollo de actividades productivas (como la industria turística), y, en consecuencia, determinarían la degradación fáctica, el ámbito material sobre el que recae el derecho fundamental de propiedad que se convertiría en un nudum ius (Díaz Blanco, 1999).

Esta relación entre protección del medio ambiente y la inclusión dentro del dominio público de áreas litorales que constituyen ecosistemas de gran valor y fragilidad, y que se perfecciona con el establecimiento de servidumbres, es además confirmada por la Sentencia del Tribunal Constitucional 149/1991 (FJP), que avala estos argumentos al entender que “tanto para asegurar la integridad física y las características propias de la zona marítimo-terrestre como para garantizar su accesibilidad es imprescindible imponer servidumbres sobre los terrenos colindantes y limitar las facultades dominicales de sus propiedad, afectando así, de manera importante, el derecho que garantiza el artículo 33.1 y 2 de la Constitución Española”.

En relación con la legislación de Costas y el Ordenamiento Urbanístico, esta es también una herramienta de primer orden para ordenar la zona costera, de modo que destacados autores, ya para la Ley de Costas de 1969, con mucho menos impronta en sus objetivos y determinaciones, llegan a señalar que” por la intensidad y energía que de las medidas de protección del litoral que establece la Ley de Costas, en su conjunto constituyen un ordenamiento urbanístico completo de los espacios costeros que se impone al que encabeza y preside la Ley del Suelo.”(Fernández, 1983).

En relación con las servidumbres de tránsito y protección, en la vigente Ley de Costas además de una protección del paisaje se incide directamente procurando mantener el equilibrio entre playas y zonas colindantes, que aunque

siguen manteniendo la propiedad privada, no pueden albergar otros usos que los agrícolas y ganaderos, salvo construcciones “ que sean de excepcional importancia y que, por razones económicas justificadas, sea conveniente su ubicación en el litoral, siempre que, en ambos casos, se localicen en zonas de servidumbre correspondientes a tramos de costa que no constituyan playa, ni zonas húmedas u otros ámbitos de especial protección”, entre los cuales deben considerarse las dunas.

Mientras las limitaciones impuestas en la zona de influencia buscan que no se produzca modificaciones en la intensidad y dirección de los vientos, afectando la dinámica litoral y el transporte de sedimentos, más lejos todavía llega el legislador en su intento de proteger la costa, pretendiendo incidir sobre ámbitos propios de otra legislación y otras competencias, como la exigencia de las limitaciones de extraer áridos en los cauces de ríos y ramblas, que pretenden, si no restituir en lo posible las fuentes de sedimentos a las playas, sí evitar las disminuciones de aportes, que directamente traerán consigo regresiones en las playas.

Esta pretensión de intervenir impidiendo la modificación de los aportes de sedimentos al mar, que acaban produciendo retroceso en las playas y disminución de aportes que pueden acabar alterando la dinámica litoral y afectando a los cordones dunares, choca de frente con el hecho de que las competencias directas en la extracción de áridos en los cauces está regulada también por normas como al Ley de Aguas y otras que de ellas se derivan, y la autorizaciones directas corresponden a la Confederaciones Hidrográficas. Esta dificultad de coordinación de objetivos posiblemente podrá soslayarse, al menos parcialmente con la unificación de gestión de los territorios, de manera que las nuevas Demarcaciones unifican la gestión de ambos demonios, el marítimo y el hidráulico.

No obstante, y a pesar del indudable valor léxico de las determinaciones legales, tanto para el dominio público, definido “de forma más acorde con su realidad natural” por la Ley, como las servidumbres que impone, vinculadas a su vez a la determinación del demanio, “debe hacerse notar la dificultad que en

ocasiones ofrece la comprensión y concreción de los conceptos que la Ley utiliza para determinar dichos bienes, que en orden a su aplicación práctica en conflictos con propietarios colindantes exigirían ya en principio una intervención cualificada sobre la definición material de los mismos”(Blasco Díaz, 1999).

9.2. EL DESLINDE, CLAVE DE LA NUEVA REGULACIÓN DE COSTAS.

9.2.1. El papel de los deslindes administrativos

La Ley de Costas del 88, al dar cabida en la zona marítimo-terrestre a nuevos medios, dunares e inundables, y modificar la definición que de la ribera del mar o de las rías tenía la Ley anterior, exige la realización de nuevos deslindes acordes con los nuevos contenidos. Esta ampliación del litoral público determina que su efecto está muy lejos del que se consigue con un deslinde civil, puesto que el deslinde civil solo pretende separar dos propiedades correspondientes a bienes privados, sean estos de titularidad privada o pública, el deslinde costas debe determinar los límites en función de la pertenencia a cualquiera de las categorías legales que establece la Ley 22 de 1988. Se trata aquí de *una determinación de pertenencia a una franja en función de su naturaleza legal, y no en base a unos mojones, construcciones o incluso permanencia en el registro de la propiedad.*

El deslinde que impone la nueva Ley de Costas, genera, por el contrario, necesariamente tensiones, porque además de adentrarse en suelo privado, debe hacerse en base a definiciones con “referencias vagas, y a conceptos que tampoco van acompañados en la mayor parte de los casos de explicitación alguna, y que en las contadas ocasiones en que lo van, más que clarificar enturbian aún más, si cabe, el correcto entendimiento de estos conceptos y, por consiguiente su materialización” (Meco Tebar, 1998).

En relación con la Ley del de Costas 1969, ya Sánchez Blanco (Sevilla, 1979) puso claramente en evidencia que la determinación del dominio público «natural» se producía en el caso de las zonas marítimo - terrestres, por «mediación de la Administración para delimitar tales bienes», mediante el

deslinde, máxime cuando tal operación administrativa, de «especial tacto y cuidado», ha de realizarse concretando conceptos jurídicos indeterminados, operación administrativa «muy lejana de la simple verificación de las connotaciones definitorias de la categoría jurídica, y la inclusión del bien en ella, sin necesidad de mediar acto administrativo» (Sánchez Blanco, 1979).

La importancia del acto de deslinde en la Ley del 88, no es menor, sino que, tanto para los diversos autores consultados, como las sentencias de Tribunal Supremo más recientes, coinciden en considerarlo como el instrumento central de la Ley, aunque le asignan solo un carácter instrumental. Este deslinde, tal y como reconoce la STS 28-12-1999, tiene un mero carácter de establecimiento de límites del dominio público con la propiedad privada, sin asignar derechos de propiedad, “el deslinde no es título suficiente para sustentarla, al tener un mero carácter delimitador de los bienes considerados como dominio público en cada momento y, por tanto, carecer de la condición de inmutable, si esa delimitación sufre alteración, bien por cambios naturales, bien por definición legal”, pero también es cierto que además de tener consecuencias muy trascendentes sobre la propiedad privada en este caso la tiene sobre el medio ambiente.

Esta consideración del deslinde es, por otra parte, la consecuencia inmediata de la aplicación del Art. primero de la Ley, donde se fija como Objeto y finalidades de la Ley: “tiene por objeto la determinación, protección, utilización y policía del dominio público marítimo-terrestre y especialmente de la ribera del mar”, y en Art. 2.º se fija, como el fin primero, de la actuación administrativa sobre el dominio público marítimo-terrestre el “determinar el dominio público marítimo-terrestre y asegurar su integridad y adecuada conservación, adoptando, en su caso, las medidas de protección y restauración necesarias”.

El acto administrativo de deslindar tendrá como efecto la protección del dominio público marítimo terrestre que incluya, y constituye por tanto una herramienta muy poderosa a favor de la Administración. Este acto tiene para los particulares afectados por el deslinde un efecto desequilibrador, en cuanto a las garantías de defensa de sus derechos tradicionales, y parece necesario

reequilibrar la balanza mediante los medios adecuados de protección jurídica, y los estudios científico-técnicos precisos.

Este criterio aparece sustentado por la STS 9207 de 1999, de la Sala Contencioso-Administrativo, Sección 3ª, cuando afirma que “La fijación de los datos fácticos, tal como objetivamente refleja el resultado de la prueba, es el punto de partida necesario para la aplicación del derecho por el órgano judicial para resolver el litigio. La Sala ha examinado detenidamente toda la prueba practicada en la primera instancia teniendo en cuenta los alegatos de los apelantes, y tras la correspondiente deliberación, llega a la conclusión de que es necesario aceptar la valoración de la prueba hecha por el Tribunal «a quo», con lo que resulta imposible sustituir aquella valoración por la que, subjetivamente, expresan los apelantes”.

En el mismo sentido, pero esta vez, en contra de los criterios de la Administración, se expresa la Resolución 1999\3407 de la Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección 5ª, y cuyas razones tomó de otra anterior del TS 1999 \678, que resuelve un caso análogo:

“1ª Si se examina el informe emitido por la Demarcación de Costas puede deducirse que no estamos en presencia de un dictamen con las exigencias de rigor propias de este tipo de actos, sino de una mera afirmación unilateral, sin más apoyatura, acerca del carácter demanial de un determinado terreno.

2ª La Administración ha hecho tal afirmación sin que se haya practicado deslinde, sin que el Estado haya realizado acciones reivindicatorias frente a los títulos de propiedad particulares, razones por las cuales lo emitido por la Administración no puede considerarse un «informe vinculante y preceptivo» del artículo 112 a) de la Ley de Costas”.

Y continúa más adelante el tribunal reafirmando la necesidad de valorar datos y pruebas concretas, cuando dice que “la Administración del Estado no puede favorecerse de una alegada fuerza vinculante de sus informes cuando en ellos se limita a afirmar, sin más, el carácter demanial de un bien, ya que con esa

pretensión está ejerciendo competencias que no le corresponden, por ser propias de los Tribunales de Justicia”.

Sentencias mas recientes, dictadas en Recursos de Casación, como la de 3-2-2000, RJ 2000 \322, profundizan en la misma dirección: “el Tribunal de instancia ha realizado una valoración de los elementos probatorios que obraban en el expediente y en los autos, y atendiendo a los informes emitidos -en especial el informe final e informes de la demarcación de costas de 12 de marzo de 1987 y 10 de abril de 1988, y el presentado en vía administrativa elaborado por la Licenciada en Ciencias del Mar, señora B - deduce que la zona que se configuraba como playa tras la berma en el acto recurrido no lo era, conforme a las definiciones que de «playa» se contenía, tanto en el artículo 1.1 de la Ley 28/1969 (RCL 1969\756 y NDL 30789), como en el 3.1 b) de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas (RCL 1988\1642). Se trata, por tanto, de subsumir en el concepto jurídico la realidad apreciada por el Juez a través de los distintos datos con que cuenta y se desprenden de la prueba”.

Estas decisiones del alto tribunal confirman lo que se decía más atrás, en el sentido de que efectivamente el deslinde es la clave de la nueva regulación de Costas, al que atribuye poderosos efectos, pero esta capacidad de la Administración debe ejercerse sin olvidar los derechos de los particulares, en cuyo caso corresponde a los tribunales corregir las desviaciones. En este sentido concluye la misma STS 2000\322 , que “es cierto que el apartado 1 de ese artículo (Art 12 LC de 1988) indica que el deslinde será aprobado por la Administración del Estado, pero, si lo hace de forma ilegal, los Tribunales en el ejercicio de su función revisora deben imponerle el sentido de esa aprobación”.

9.2.2. La demanialidad de los terrenos incluidos en el nuevo deslinde.

La Ley de Costas vigente establece en su Art. 7. “Conforme a lo dispuesto en el artículo 132.1 de la Constitución (RCL 1978\2836 y ApNDL 1975-85, 2875), los bienes de dominio público marítimo-terrestre definidos en esta Ley son inalienables, imprescriptibles e inembargables.” Y más adelante, al referirse a los terrenos incluidos dentro de la zona delimitada por el deslinde, y la posibilidad de

enclaves privados, dice “A los efectos del artículo anterior, no se admitirán más derechos que los de uso y aprovechamiento adquiridos de acuerdo con la presente Ley, careciendo de todo valor obstativo frente al dominio público las detenciones privadas, por prolongadas que sean en el tiempo y aunque aparezcan amparadas por asientos del Registro de la Propiedad. (Artículo 8, L.C.).

La protección del litoral y su demanialización requieren que se practique previamente el deslinde, para delimitar la franja costera que configura el dominio público, y se concluya el resto del procedimiento, con todo el esfuerzo administrativo y económico que supone. Por ello algunos autores, como Gonzalez Varas, no comparten el criterio del legislador sobre la idoneidad de la opción elegida y consideran que “podía haber optado el legislador en aplicar toda la energía y el dinero del Estado en impedir nuevas transgresiones a la Ley de Costas de 1969 y por establecer, simultáneamente en la legislación urbanística, toda clase de prevenciones por la vía de estándares legales contra nuevas construcciones en la zona marítimo terrestre y zonas aledañas, sin dejar esta regulación a los planes de urbanismo, como, por otra parte se ha hecho en la propia Ley de Costas” (González Varas, 1995).

No obstante, ha sido otra la decisión adoptada por el legislador y la realización de este deslinde viene determinada en el Art. 11 de la Ley “para la determinación del dominio público marítimo-terrestre se practicarán por la Administración del Estado los oportunos deslindes, ateniéndose a las características de los bienes que lo integran conforme a lo dispuesto en los artículos 3, 4 y 5 de la presente Ley”. Esta exigencia de la norma legal ha llevado a que autores como González Varas (1995), afirmen de manera taxativa que “puede, en fin, sentarse que el deslinde es la clave de la nueva regulación de Costas al ser el instrumento decisivo por el que se logra el desiderátum legal de protección de la zona demanial marítimo-terrestre”.

Y más adelante profundiza sobre los efectos añadiendo que “ hoy, junto a la declaración de la posesión y titularidad dominical a favor del Estado que realiza el deslinde, lo esencial es que el deslinde es un acto que crea, modifica y extingue

una situación jurídica subjetiva de otros sujetos y de la propia Administración. El deslinde crea titularidad dominical sobre determinados bienes (los deslindados) y extingue los derechos subjetivos dominicales sobre los sujetos con titularidad registrales sobre aquellos” (González Varas, 1995).

No obstante, la singularidad de la opción elegida por la Ley, al adentrarse de forma generalizada en las propiedades colindantes con el dominio público, puede generar una tensión social, cuya intensidad dependerá del número de propietarios afectados, y la adentración en las propiedades, dado que a través de la práctica del deslinde, la Ley de Costas “no contempla una privación singular del dominio, sino un cambio generalizado de la titularidad del bien” (Meco Tebar, 1998).

Estas opiniones niegan la preeminencia del valor de las inscripciones registrales sobre la demanialidad del suelo deslindado, y su valor no es otro que el de explicar el hecho de que esta preeminencia implica la adscripción al Dominio Público litoral, pero ello debe comportar también compromisos de indemnización prevista por la Ley, a los propietarios registrales, que se ha resuelto en forma de concesión administrativa a 30 años, renovables por otros 30.

Los plazos se recogen en la disposición transitoria primera y siguientes:

1 “En virtud de lo dispuesto en el artículo 132.2 de la Constitución española, los titulares de espacios de la zona marítimo-terrestre, playa y mar territorial que hubieran sido declarados de propiedad particular por sentencia judicial firme anterior a la entrada en vigor de la Ley de Costas pasarán a ser titulares de un derecho de ocupación y aprovechamiento del dominio público marítimo-terrestre, a cuyo efecto deberán solicitar la correspondiente concesión en el plazo de un año a contar desde la mencionada fecha. La concesión se otorgará por treinta años prorrogables por otros treinta, respetando los usos y aprovechamientos existentes, sin obligación de abonar canon, y se inscribirá en el Registro a que se refieren los artículos 37.3 de la Ley de Costas y 79.3 de este Reglamento (disposición transitoria primera de la Ley 22 de Costas).

2. Transcurrido el plazo previsto en el apartado anterior sin que se haya solicitado la concesión, la misma se otorgará de oficio por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, salvo renuncia expresa del interesado.

3. La concesión se otorgará con arreglo a lo previsto en la Ley de Costas, aunque limitada a los usos y aprovechamientos existentes a la entrada en vigor de la misma, quedando el resto de la superficie de antigua propiedad privada sujeto al régimen general de utilización del dominio público marítimo-terrestre. La prórroga por un nuevo plazo de treinta años deberá ser solicitada por el interesado, dentro de los seis meses anteriores al vencimiento, y se otorgará salvo que la concesión estuviere incurso en caducidad.

4. El anterior propietario tendrá derecho preferente, durante un período de sesenta años, para la obtención de las concesiones para nuevos usos o aprovechamientos que puedan otorgarse sobre la totalidad de la superficie de antigua propiedad privada. Dichas concesiones se ajustarán íntegramente a lo previsto en la Ley de Costas y en este Reglamento, incluyendo la limitación de plazo y la obligación de abonar canon. La preferencia para la obtención de estas concesiones podrá instrumentarse mediante cualquiera de las modalidades previstas en la disposición transitoria segunda, apartado 4, de este Reglamento”.

Aunque pueden darse diversos matices, en cuanto a la interpretación de la intención de la Ley, si parece haber amplia coincidencia en cuanto a los objetivos, ampliar y proteger la zona marítimo terrestre, de manera que “la Ley de Costas 22/1988 de 28 de Julio, y su Reglamento 1471/1989 de 1 de Diciembre, han supuesto un giro radical respecto a la situación de degradación y privatización que el dominio público marítimo -terrestre vivía al amparo de la legislación sectorial anteriormente vigente”. (Meco Tebar, 1998)

Aunque pueda resultar cuestionable para algunos autores la imposibilidad de que dentro de la zona marítimo terrestre puede haber algún enclave privado, el hecho es que este criterio coincide con el expresado en las Resoluciones del Tribunal Supremo cuando afirma “después de la entrada en vigor de la Ley de Costas de 1988: resulta ajena a cualquier reclamación relacionada con la efectividad de los derechos de propiedad y posesión sobre la misma por lo que

los derechos demaniales reconocidos por sentencia civil firme anterior sobre la zona marítimo-terrestre suponen una conversión en el derecho a transformarse en una concesión sobre los aprovechamientos existentes en favor de los titulares y en un derecho de preferencia a obtener concesiones sobre los futuros aprovechamientos del resto de las fincas, siendo esta conversión, según ha declarado el TC, un medio de compensación por la privación del bien” (Sentencia de 23-11-1999. Recurso de Casación núm. 1763/1994).

No es menos precisa la resolución Civil del TS de 14-1-2000 cuando afirma: “ La presunción a todos los efectos legales del artículo 38 de la Ley Hipotecaria, de la existencia y pertenencia de los derechos inscritos, junto con el mandato normativo contenido en el artículo 1.3 de la misma Ley cuando establece que los asientos del Registro están bajo la salvaguardia de los Tribunales y producen todos sus efectos en tanto no se declare su inexactitud en los términos establecidos en la Ley, coordina perfectamente con el régimen de la Ley de Costas”.

En efecto, ésta, si bien establece que las inscripciones registrales no tienen valor obstativo frente al dominio público, exige la previa determinación del carácter demanial de los bienes a través del oportuno deslinde (Art 11 de la Ley 22 de 1988), cuyo resultado no prejuzga la existencia de otro previo por cuanto, en su caso, debe practicarse uno nuevo para adecuarlo a las características fijadas por la Ley (disposición transitoria primera.4) siendo su resolución definitiva la que, al constatar la existencia de las características físicas previstas por la propia Ley, declara la posesión y la titularidad dominical a favor del Estado, sirviendo como título suficiente para rectificar aquellas situaciones registrales contradictorias con el resultado de tal deslinde (Artículo 13.2, Ley 22 de Costas)”.

Estas resoluciones del alto tribunal recogen lo expresado en el Art 13.1 de la Ley: “El deslinde aprobado, al constatar la existencia de las características físicas relacionadas en los artículos 3, 4 y 5, declara la posesión y la titularidad dominical a favor del Estado, dando lugar al amojonamiento y sin que las inscripciones del Registro de la Propiedad puedan prevalecer frente a la naturaleza demanial de los bienes deslindados”, pero con la exigencia preceptiva

de realizar el deslinde previo, y la de “ constatar la existencia de las características físicas previstas por la propia Ley”, cuestiones estas que coinciden con los planteamientos mantenidos como objetivos de esta tesis.

Dos cuestiones aparecen aquí como fundamentales, una el hecho de que las características físicas que recoge la normativa son muy imprecisas, pero el deslinde debe adaptarse a ellas, con la subjetividad que conlleva, y por otro lado, el hecho de que la realidad física del litoral no cambiará por la aplicación de la Ley, por el hecho de que los propietarios del suelo se convierten en “concesionarios” a sesenta años y eso después de que “la Administración deba aplicarse antes a la ardua tarea de instruir el procedimiento de deslinde” (Parada, Ramón, 1995).

El resultado pues, de todo el esfuerzo administrativo no es la detección y el desalojo de las superficies privadas, dentro de la zona marítimo-terrestre, y la consecución de un litoral sin edificaciones ni sujetos ocupadores, sino que el hecho de “haber rehusado a un sistema de compensación basado en una indemnización (en vez del sistema de concesión como compensación) ha tenido también su precio: la demanialidad de la Ley de Costas es, finalmente, una «demanialidad ocupada», una zona marítimo -terrestre de todos pero ocupada particularmente, pues no ha sido aquella una «demanialidad sin concesiones». (Gonzalez Varas, 1995).

Otra posibilidad de un demanio sin ocupar, a través de convenios urbanísticos que permitan aprovechamientos de edificabilidad fuera de la zona marítimo terrestre a los propietarios registrales, y salvando a su vez las servidumbres de protección, parecen definitivamente desestimadas por la administración de Costas, con lo que parece difícil, otra demanialidad que no sea la ocupada, al menos durante 30 años. Tampoco parece posible recurrir a los acuerdos con la administración local y autonómica correspondientes, para que puedan determinarse de manera común los límites de la Costa allí donde la dificultad en el deslinde conduzca al litigio, y con las salvaguardas que resulten necesarias pueda obtenerse el suelo incluíble en el demanio por la vía del planeamiento urbanístico y las cesiones que procedan.

9.3. ATRIBUCIÓN DE LOS LITIGIOS EN MATERIA DE COSTAS A LA JURISDICCIÓN CONTENCIOSO ADMINISTRATIVA

Como ya se ha establecido más atrás el hecho de que todos los terrenos que quedan incluidos dentro de la zona marítimo -terrestre, después del deslinde adquieren el carácter de públicos, pasando a formar parte del demanio costero. Con la resolución del deslinde, tal y como se contiene en el artículo 13 de la Ley de Costas, la Administración se declara a sí misma titular dominical de todos los bienes afectados por él, y en consonancia puede tomar posesión de los bienes deslindados, incluidos aquellos que estén protegidos por el registro de la propiedad. Es decir, no es necesaria una acción reivindicatoria ante los tribunales, ni por tanto una sentencia judicial.

Una vez realizado el deslinde, para el propietario de suelo que resulte incluido en el d.p.m.t. y esté inscrito en el registro de la propiedad, el interdicto no sirve frente al acto ejecutorio del deslinde, si pretende retener la posesión del bien, con tal que la administración haya cumplido escrupulosamente el procedimiento, o la Administración realice la recuperación posesoria cumpliendo los trámites legales, con lo que el interés procesal se basará en la posibilidad de la suspensión del acto administrativo. De esta manera estamos ante un “planteamiento procesal puramente administrativo, que es lo que a logrado la Ley de Costas de 1988” (Gonzalez Varas, 1995). Así pues, la única posibilidad del sujeto está en lograr que, tras la revisión del acto de deslinde administrativo por los tribunales, estos lo anulen y con ello invaliden la atribución de derechos que ha realizado el acto de deslinde.

Pero la revisión del procedimiento de deslinde no tiene porqué limitarse solo a comprobar si se han respetado las reglas del procedimiento, sino que puede ser mucho más amplio, y desarrollar un completo enjuiciamiento de la legalidad del deslinde, y lo que es fundamental, si se ajusta a los parámetros legales que sirven para establecer los límites de la zona marítimo terrestre, tal y como se recogen en el Art 3º y 4º de la Ley y el Reglamento. La suspensión del acto de ocupación, por parte de la Administración, sirve también para garantizar cautelarmente a los propietarios registrales la indemnización prevista por la Ley.

En este sentido se expresa la Sentencia del Tribunal Supremo, de 21 de julio de 1994, dictada ya en aplicación de la Ley del 88, que suspende la pretensión administrativa de ocupar la parcela de un concesionario, aunque deja claro que “la suspensión no alcanza a la atribución del dominio y, en su consecuencia, los actuales poseedores estarán habilitados únicamente para seguir usando y disfrutando de las fincas de autos en las mismas y estrictas condiciones en que hasta ahora lo han hecho”. Así pues, tal y como establece el Art 1º de la Ley de la Jurisdicción Contencioso Administrativa, los afectados por un deslinde podrán interponer recurso, a los efectos de pedir cautelarmente la suspensión del acto administrativo, pero también a los efectos de demostrar que la Administración se ha excedido en su cometido, y ha incluido en la zona de dominio público bienes que no lo son.

No se trata pues de conservar un enclave privado dentro de la zona deslindada, aunque esté protegido por una inscripción registral, puesto que de ser así, la única posibilidad es el reconocimiento de su derecho a los únicos efectos de conseguir la indemnización compensatoria legalmente prevista (concesión administrativa), salvo que, como ya se ha dicho, la Administración haya incluido en zona de dominio público bienes cuya naturaleza no correspondía. El deslinde es así el instrumento jurídico del legislador para realizar las expropiaciones previstas, pero a los solos “efectos de concretar los bienes o derechos de los que se van a ver privados los particulares en virtud de causa de utilidad pública o interés social, que no serán más que aquellos bienes que tras la práctica del deslinde queden ubicados en zona de dominio público (Meco Tebar, 1998).

Sin embargo, para otros autores, como González - Varas Ibáñez, (1995), “existe una dualidad jurisdiccional en materia de deslindes administrativos, conociendo la jurisdicción contencioso -administrativa la cuestiones de legalidad del expediente de deslinde y la pureza del procedimiento seguido, mientras a la jurisdicción civil corresponde conocer las denominadas «cuestiones de propiedad”. Ha entendido al respecto este autor, al igual que Parejo Gamir (1989), que con la legislación vigente debiera corresponder en exclusiva a la jurisdicción contencioso-administrativa el conocimiento de los posibles conflictos que pudieran

plantearse en relación con los bienes de la zona marítimo -terrestre, y especialmente lo concerniente a su deslinde, con lo que se excluiría totalmente su tradicional conocimiento por la jurisdicción civil “ (Blasco Díaz, 1999).

Dos cuestiones hay que conducen a la necesidad de un control minucioso sobre los deslindes mediante la aplicación de las distintas técnicas de control de los actos administrativos, de las que dispone el Derecho Administrativo, de una parte la indeterminación de los conceptos con los que se establecen los criterios para el deslinde, mucho mayor que antes, y adentrándose en propiedades privadas. De otra el hecho de que la sola resolución del deslinde otorga derechos posesorios a la Administración, sin necesidad de una resolución judicial. Por ello, afirma Gonzalez Varas “Ocurre, sin embargo, que el núcleo de la función de revisión judicial está en dilucidar la corrección o no del acto administrativo de deslinde. En la presente sentencia el discernimiento del Tribunal gira en torno a la cuestión de si el deslinde estaba bien o no realizado, conforme a Ley, y concluye, así, una solución en sentido negativo (Gonzalez Varas, 1995).

Este mismo autor sigue diciendo mas adelante que “es de temer que con el nuevo valor que se atribuye al deslinde en la Ley de Costas de 1988, el papel del Tribunal sea el de un control de legalidad del acto administrativo de deslinde. El litigio es esencialmente esto, y se genera tras el deslinde, del cual se deducen las pretensiones procesales de los afectados, quienes tienen que ejercitar las acciones correspondientes en su defensa”.

No obstante, y aunque parece clara la competencia contencioso-administrativa para recurrir el acto del deslinde, la sentencia civil, de 20 de enero de 1993, del Tribunal Supremo, cuando entra a conocer la legalidad de estos actos administrativos, afirma expresamente que se trata de una cuestión de propiedad, y entra a revisar la petición de que se declare nulo el deslinde realizado por la Dirección General de Puertos. El núcleo de la sentencia fue declarar la nulidad del acto administrativo del deslinde, y la titularidad dominical del recurrente. “No se conforman con la intromisión de funciones por parte de los Tribunales civiles en funciones de control de la Administración que tradicionalmente ha ejercido y habría correspondido a la jurisdicción contencioso -

administrativa. Los Tribunales civiles anulan los actos directamente” (González Varas, 1995).

De esta manera, una vez desaparecidos los conflictos de propiedad, puesto que toda la zona deslindada tiene carácter demanial, los litigios jurídicos que caben son los contencioso administrativos, y corresponden al control del acto administrativo de deslinde. La resolución asignará así la titularidad dominical, y en su caso el derecho a la indemnización, esto es el derecho concesional sobre los bienes en litigio.

A modo de síntesis podemos decir, en expresión de Gonzalez Varas (1995), que “debe preverse un control judicial adecuado con las pretensiones de los afectados por aquél, esto es por los Tribunales contencioso -administrativos, para que éstos tutelen los intereses jurídico-subjetivos de los particulares, que son dos: el interés de que su parcela no quede afectada por el deslinde, y, en segundo lugar, el interés en mantener el aprovechamiento mediante concesión, cuando no tenga más remedio que soportar el deslinde”.

9.4. EL PROCEDIMIENTO DE DESLINDE. ADAPTACIÓN DEL TERRITORIO DELIMITADO A LA DEFINICIÓN LEGAL Y POSIBILIDADES DE ANULACIÓN.

Ya en el capítulo primero, al hablar de la determinación reglamentaria del deslinde se puso en evidencia la falta de concreción de los términos y las definiciones que se contienen, tanto en los Art. 3 y 4 de la Ley y del Reglamento, como de los contenidos en el Art 18 y siguientes del Reglamento, donde se refiere tanto al objeto del deslinde como al procedimiento.

Aunque para algunos autores las definiciones de la Ley 22 de Costas de 1988 deben entenderse que corresponden a las que contenía la Ley del 69, la sentencia STC 149/1991, de 4 de julio es muy clara en el sentido de que, una cosa son las palabras, y otra diferente lo que ellas expresan. En esa línea se dice que “la Constitución, al facultar al legislador para determinar qué bienes han de formar parte del dominio público estatal, determina por sí misma que, en todo caso, formaran parte de él la zona marítimo-terrestre y las playas, pero como es

evidente no pretende atribuir a éstos conceptos otro contenido que el de su valor léxico, ni eleva a rango constitucional las definiciones legales previas. El legislador, al definirlos con mayor precisión para establecer una más nítida delimitación del demanio, que es una de las finalidades plausibles de la Ley, no puede ignorar ese valor léxico, pero, ateniéndose a él, es libre para escoger los criterios definitorios que considere más convenientes”.

No obstante, y a pesar de su importancia y repercusión económica y medioambiental, la indeterminación en los criterios y parámetros medibles en los deslindes que deben realizarse en zonas de alto valor social y medioambiental, contrasta con una mayor exigencia en los estudios y proyectos que deben acompañar la autorización de una obra que se realice sobre el litoral público, cuyos efectos, en general tienen menor trascendencia. Esto responde, probablemente, al hecho de ser una norma en cuya elaboración se ha producido una participación casi exclusiva de especialistas ajenos a temas medioambientales, con lo que el sesgo introducido por los redactores evidencia una falta de visión pluridisciplinar imprescindible al realizar una delimitación de estos suelos, sobre todo en las costas dunares o con humedales asociados.

Es en el Título III, Capítulo II del Reglamento de costas, dedicado a Proyectos y Obras sobre el dominio público marítimo terrestre, donde se determinan los contenidos y exigencias para realizar una obra. En el Art 85 y siguientes, se precisan los requerimientos, y se exige que “se formulará el correspondiente proyecto básico en el que se fijarán las características de las instalaciones y obras, la extensión de la zona de dominio público”. Este proyecto básico, “cuando las actividades proyectadas pudieran producir una alteración importante del dominio público marítimo-terrestre, se requerirá además una previa evaluación de los efectos sobre el mismo”. (Art 85.2 , Ley 22 de 1988). Y en relación con el anterior, el punto 3 del Art 85, a pesar de su brevedad, tiene una influencia incipiente de la normativa de Estudios de Impacto Ambiental: “La evaluación comprenderá el estudio de la incidencia de las actividades proyectadas sobre el dominio público marítimo-terrestre, tanto durante su ejecución como durante su explotación, debiendo incluir, en su caso, las medidas correctoras necesarias “.

Más adelante determina medidas y estudios de carácter específico cuando puedan preverse alteraciones del litoral, y, más en concreto todavía, el nivel de los efectos en la dinámica litoral. Así en el Art. 91. se exponen los aspectos generales que se deben considerar, tanto en su apartado 2. “Deberán prever la adaptación de las obras al entorno en que se encuentren situadas y, en su caso, la influencia de la obra sobre la costa y los posibles efectos de regresión de ésta”, y otros de carácter más general, como en el 3: “Cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas”.

Contrasta pues esta parte de la Ley, donde se observan más las exigencia de estudios medioambientales a los particulares, aunque en este caso se trate solo de obras que vayan a “ocupar la zona marítimo-terrestre” y los factores que precisan evaluación son del medio físico. Muy alejado de la parquedad y la indeterminación con que se tratan las prescripciones técnicas y los aspectos medioambientales para el caso de los deslindes que realiza el estado, aunque en general en toda la Ley se echa en falta una componente más ambientalista e integradora.

Esta visión falta también en el Reglamento a pesar del carácter medioambiental de la Ley, puesto que también en él se siguen ignorando los aspectos relacionados con los ecosistemas, la flora y la fauna, como elementos sensibles e indicadores de las alteraciones en el litoral, así como de la interacción de los factores bióticos y abióticos y de su dinámica, que en estos ecosistemas resulta especialmente compleja y vigorosa.

Estas determinaciones necesarias para que la Administración autorice una obra en el dominio público, se elevan sensiblemente más adelante, en el artículo 92 del Reglamento, y refuerzan más todavía lo dicho antes: “El estudio básico de dinámica litoral a que se refiere el artículo 91.3, se acompañará como anejo a la Memoria, y comprenderá los siguientes aspectos:

- a) Estudio de la capacidad de transporte litoral.

- b) Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
- c) Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escolares.
- d) Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.
- e) Naturaleza geológica de los fondos.
- f) Condiciones de la biosfera submarina.
- g) Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.
- h) Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.
- i) Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias”.

Así pues, frente al deslinde administrativo de la Ley del 69, que se limitaba a fijar la línea de separación entre propiedades, la redefinición que se hace de la zona marítimo-terrestre, incluyendo propiedades amparadas por inscripciones registrales, el hecho de que la Ley de 1988 determine la inclusión de una parcela en la Costa por el hecho de la pertenencia a esa categoría natural, lleva consigo la necesidad de una mayor definición de los conceptos que la configuran, y de los procedimientos técnicos que deben utilizarse. Ello, unido a la fragilidad y mutabilidad del sistema costero, susceptible a todo tipo de ataques, que producen continuos cambios por los avances o retiradas del mar, debido a las actuaciones humanas, o por la influencia de los fenómenos meteorológicos, hacen del deslinde un instrumento que deba precisarse mucho más, y que además puede ser revisable en un plazo relativamente corto, por la naturaleza mudable de la costa.

De la necesidad de una intervención cualificada en el acto del deslinde dan prueba algunas sentencias, como la de 19-7-1999, recurso contencioso-administrativo núm. 451/1995 , (Sección 6ª), de la que resaltamos el siguiente párrafo: “la providencia de diez de junio de 1998 en la que nuestra Sala acordó tener por concluso el procedimiento, sin perjuicio de poder hacer uso de la facultad que le confiere el artículo 75 LJCA (acordar para mejor proveer la

práctica de aquellas pruebas que se estimen pertinentes). Esta providencia trae causa de una prueba pericial que no pudo ser practicada porque los peritos que sucesivamente fueron designados -Ingenieros de Caminos todos ellos-, renunciaron por diversas razones (incompatibilidad, falta de preparación técnica, imposibilidad de hacerlo en estos momentos). En su escrito de 29 de mayo de 1998, la parte recurrente proponía que, en vez de un Ingeniero de Caminos se designara a un Geólogo. Con ello, estaba reconociendo que se había equivocado de titulación al proponer inicialmente la prueba indicada”.

En términos similares, pero esta vez en apoyo de las tesis de los particulares, se pronuncia la sentencia del TS, de la Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección 5ª, de 18-2-1999, recurso de Casación núm. 365/1993, cuando resuelve: “La afirmación de la Administración del Estado en el informe de referencia de que los terrenos en cuestión son de dominio público marítimo-terrestre es absolutamente improbadada y no tiene ningún apoyo ni en el expediente administrativo ni en el proceso judicial”, es decir, tampoco puede la administración afirmar, sin más determinaciones ni pruebas, el carácter demanial de un terreno, cuya pertenencia al demanio debe acreditarse también por la Administración.

Otras sentencias resultan todavía más clarificadoras: “La fijación de los datos fácticos, tal como objetivamente refleja el resultado de la prueba, es el punto de partida necesario para la aplicación del derecho por el órgano judicial para resolver el litigio. La Sala ha examinado detenidamente toda la prueba practicada en la primera instancia teniendo en cuenta los alegatos de los apelantes, y tras la correspondiente deliberación, llega a la conclusión de que es necesario aceptar la valoración de la prueba hecha por el Tribunal «a quo», con lo que resulta imposible sustituir aquella valoración por la que, subjetivamente, expresan los apelantes. (Sentencia de 11-11-1999, Recurso de Apelación núm. 11294/1991, Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección 3ª).

En esta línea, la sentencia del Tribunal Supremo de 21 de octubre de 1993 (tras afirmar la competencia de la jurisdicción civil para ventilar los problemas concernientes a las titularidades dominicales), se reserva la función de control de la conformidad del deslinde con los criterios de la Ley de Costas, es decir el

control sobre la operación de constatación administrativa de hechos físicos a los que la Ley anuda, sin más, la calificación de zona marítimo-terrestre” (Gonzalez Varas, 1995).

Este mismo autor escribe más adelante que “en la sentencia de 6 de marzo de 1992 contamos con un ejemplo de control de la legalidad administrativa de un acto administrativo de deslinde. Materialmente el fallo no representa sino una «anulación» del acto administrativo de deslinde. A modo de juicios típicamente administrativos, incita a la Administración para que dicte un nuevo acto administrativo ajustado a la nueva Ley de Costas. En el último Fundamento de Derecho recrimina y corrige a la Administración en sus funciones, a lo que no llegan a veces ni los propios Tribunales contencioso -administrativos, diciéndose que “el acto de deslinde no había descrito ni medido con exactitud”.

Las variaciones de la costa, como consecuencia de los diferentes factores que inciden en ella, obligan a una visión pluridisciplinar del problema. Las modificaciones en las fuentes de sedimentos, bien por actuaciones en las cuencas de ríos y torrentes, o en la dinámica litoral, con afecciones directas por obras en el mar, o indirectas por construcciones próximas al litoral son las causas que deben determinarse para explicar las regresiones.

Pero a su vez son los factores que regulan la dinámica del ecosistema litoral los que pueden ser útiles en la determinación de la zona marítimo terrestre, sean de tipo físico, como la influencia del spray marino, el tipo de sedimentos, los aportes de agua dulce, o variaciones de temperatura, que a su vez inciden en la flora y fauna existente, y a su vez la relación entre ellos. Una cuestión vinculada a estas afirmaciones es la idoneidad de los peritos que intervengan, o en su caso, los equipos, cuya formación parece deberá estar vinculada a las materias medioambientales.

Como ejemplo de especialistas que pudieran intervenir en un deslinde, por tratarse de materias que tienen una significativa dimensión técnica, pueden utilizarse algunos párrafos de la sentencia del TS de 31 de marzo de 1998, de la sala 3ª de lo Contencioso-Administrativo, que desestima un recurso contra la inclusión de las salinas de Ibiza y Formentera en el Convenio Ramsar, de

Humedales de Importancia internacional. En ella se realiza una exhaustiva prueba pericial emitida por biólogos, en la que se solicita, entre otros, "3º si los límites del precitado Acuerdo del Consejo de Ministros responden a los parámetros de un deslinde provisional en materia de Costas".

Así pues, y a modo de recapitulación, una vez han desaparecido los conflictos de propiedad (ya que la zona marítimo-pública deslindada es dominio público) los litigios jurídicos que se originan tras la Ley de Costas son, fundamentalmente, los del control del acto administrativo de deslinde. Se trata aquí de ver si los terrenos deslindados tienen las características que exige la ley y, en caso afirmativo, los Tribunales confirmarán la demanialidad.

9.5.-SENTENCIAS DE LA AUDIENCIA NACIONAL Y TRIBUNAL SUPREMO SOBRE RECURSOS AL DESLINDE. ALGUNOS CASOS PARADIGMÁTICOS EN DUNAS Y ZONA COSTERA INUNDADA.

9.5.1.- Deslindes en costas con dunas: Arenales del Sol, al sur de Alicante.

La Sentencia de 12 de enero del 2001, sobre el recurso presentado contra la Orden Ministerial de 19 de mayo de 1997 por la que se aprueba el deslinde de los bienes de dominio público marítimo-terrestre del tramo de costa de unos 6.000 metros comprendidos entre los términos municipales de Sta Pola y Alicante, en el término municipal de Elche, y las de 30 de abril de 1999, y nueve de marzo del 2001, todas ellas de la Audiencia Nacional, sala de lo Contencioso - Administrativo, Sección Primera, reproducen de manera reiterativa los mismos criterios, aunque aparezcan matices interesantes en cada una de ellas, pero que no son el objeto de este trabajo.

En la de 30 de abril de 1999, y en sus fundamentos de derecho, hace referencia al art1 32.2 de la Constitución que establece que "son bienes de dominio público estatal los que determine la Ley y, en todo caso, la zona marítimo terrestre, las playas, y el mar territorial, y los recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental", con lo que veda toda existencia de enclaves particulares.

Cuestión esta que es primordial y que viene a concretar el Art 3 de la Ley, donde se señala que:

“Son bienes de dominio público marítimo-terrestre estatal, en virtud de lo dispuesto en el artículo 132.2 de la Constitución (RCL 1978\2836) y 3 de la Ley de Costas:

1. La ribera del mar y de las rías, que incluye:

a) La zona marítimo-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos o, cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial. Esta zona se extiende también por las



Arenales del Sol, año 2002, vistos desde le Cabo de Sta Pola El deslinde recurrido corresponde a la zona urbanizada. La prolongación hacia el sur es solo un ejercicio comparativo.

márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas.

Se consideran incluidas en esta zona las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar.

b) Las playas o zonas de depósitos de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas tengan o no

vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marítimo, u otras causas naturales o artificiales.

En el caso del deslinde que se discute, el apartado b) del Art 3º, describe de forma precisa cuál es el dominio público marítimo terrestre en las costas bajas y arenosas y queda patente la inclusión de las dunas, además de las playas en el demanio. Esta descripción precisa no obstante algunos matices, como la cuestión cronológica o el tipo de “materiales sueltos”, y que como ya quedó dicho en el capítulo primero no pueden sino atribuirse a los que en la actualidad se encuentran formando parte de las playas o dunas litorales. Establecida la movilidad de la línea de costa y su dependencia de los fenómenos naturales (los debidos a la acción del ser humano no pueden alterar la naturaleza demanial de unos terrenos), no puede establecerse una dependencia entre depósitos de materiales sueltos aportados por el mar, como se dice en el Artículo tercero de la Ley 22 si no es vinculando estos depósitos con cronologías cercanas y la acción marina. No puede referirse la Ley a resultados de dinámicas marinas producidos en otro contexto de aportes, corrientes y clima al referirse a sedimentos que se encuentran en equilibrio dinámico entre el mar y la tierra, como resultado de la acción del viento, fundamentalmente.

También la Sentencia que se cita hace también referencia al Art. 4º de la Ley en el que se completan las diferentes categorías de franjas litorales que son dominio público:

“Pertenece asimismo al dominio público marítimo-terrestre estatal:

1. Las accesiones a la ribera del mar por depósito de materiales o por retirada del mar, cualesquiera que sean las causas.
2. Los terrenos ganados al mar como consecuencia directa o indirecta de obras, y los desecados en su ribera.
3. Los terrenos invadidos por el mar que pasen a formar parte de su lecho por cualquier causa.

5. Los terrenos deslindados como dominio público que por cualquier causa han perdido sus características naturales de playa, acantilado, o zona marítimo-terrestre, salvo lo previsto en el artículo 18.

7. Los terrenos incorporados por los concesionarios para completar la superficie de una concesión de dominio público marítimo-terrestre que les haya sido otorgada, cuando así se establezca en las cláusulas de la concesión”.

Definiciones estas que resultan menos relevantes como argumento



Cadena de dunas litorales, situadas dentro del la ZMT, y al este de la carretera de Arenales, situadas en la prolongación de los edificios objeto de las sentencias que se comentan.

clarificador para el hecho que se discute en este apartado y que no es otro que probar si los terrenos incluidos en el deslinde y que aquí se cuestionan pertenece o no al demanio, “ope legis”. La adscripción de estos terrenos que forman una franja ocupada por edificios en los Arenales

del Sol (Elche) situada al este de la carretera, y que formaban parte de un suelo urbanizable no parece posible realizarse sin más pruebas, aunque tampoco en sentido contrario negarse por el hecho de que se haya alterado su morfología.

En esta orientación de la necesidad probatoria, en el apartado IV de los mismos fundamentos de derecho de esta sentencia, expone que “ en el expediente administrativo figura suficiente documentación técnica suficiente para justificar la delimitación efectuada, en concreto, respecto de la franja situada entre los hitos M-35 y M-46, que es la zona parcialmente consolidada por la edificación y conocida como “Los Arenales del Sol” se deja dentro del deslinde a edificaciones construidas sobre formaciones arenosas, al considerar que los elementos artificiales que constituyen los edificios sus plataformas y

cimentaciones no desvirtúan la naturaleza del terreno sobre el que se construyeron, en cuanto que existe un cordón dunar que se conserva activo hasta el borde mismo de la carretera, que actúa como muro de contención”.

Es decir, según la sentencia, los edificios ocupan el antiguo cordón dunar, presente todavía al norte y sur de los edificios, y como las dunas son zona marítimo terrestre, a juicio de La Sala, el suelo que ocupa los edificios también será dominio público, puesto que “no puede existir derecho alguno sobre unos bienes que “ope legis” son de dominio público, porque incluso los que tienen acceso al Registro de la Propiedad no pueden prevalecer frente a la naturaleza demanial de los bienes deslindados” (Art. 13 de la Ley 22/88).

El asunto será pues otro, y de carácter estrictamente “técnico”, probar la adecuación de las definiciones legales a las particularidades del terreno, que deben adecuarse a las definiciones legales antes citadas. Aportaciones técnicas que no se aportan por parte de ambos litigantes y que son consecuencia del olvido del Reglamento y sus determinaciones en todo el proceso, que es fundamentalmente probatorio. En este sentido se pronuncia la Sala, afirmando que “como ya es criterio judicial constante, el desacuerdo con las operaciones administrativas materializando el la extensión física del dominio público no debe parapetarse en fuertes imputaciones retóricas o en la mera invocación de derechos dominicales, sino en una diligente actividad probatoria que evidencia la errónea actuación administrativa y se lleve cumplidamente al ánimo de la Sala el convencimiento de que la concreta porción de terreno ocupado no es parte demanial conforme a la Ley 22/88, carga que no es asumida en autos por los demandantes”.

El nudo de la cuestión en este y otros casos de delimitación del Dominio Público en costas con dunas y lagunas litorales fundamentalmente, será pues probar si ese cordón dunar fijado por la vegetación o terrenos desecados, y el suelo que se discute (que en este caso ocupan los edificios) es según definición legal dominio público marítimo terrestre.

Otra cuestión que se aborda, la anulabilidad de los actos, aunque no sea una cuestión central para nosotros sí lo es en el procedimiento, queda expuesta

de forma precisa más adelante “solo es procedente la anulación de un acto en el supuesto de que la infracción suponga una disminución efectiva, real y trascendente de garantías, incidiendo en la resolución de fondo, de forma que puedan alterar su sentido. Con lo que, salvado este escollo, solo queda como nudo de la extensión del dominio, y de la inclusión de un suelo de titularidad privada dentro de la ZMT, la necesidad de probar su pertenencia o no, según las definiciones legales.

Otro de los aspectos que más atrás se ha tratado, y que confirma las opiniones expresadas por diversos autores, es el de la cuestión “técnica” del deslinde. El hecho de que las definiciones jurídicas sean precisas no implica que la traslación al espacio físico, pueda realizarse con igual exactitud. Además de un léxico jurídico preciso, sería necesaria una especificación similar en los aspectos técnicos que deben tenerse en cuenta al trasladar el lenguaje escrito a la superficie terrestre. A modo de ejemplo podríamos utilizar las definiciones jurídicas de Impacto Ambiental, que van acompañadas de una rica descripción de aspectos que han de valorarse antes de decidir si existe o no impacto Ambiental, o incluso las exigencias de estudios previos a la realización de una obra en el dominio público, como exige el Art 92 del Reglamento de la Ley 22 de Costas.

Cuestión diferente es que no sea competencia de los tribunales desarrollar los Reglamentos, pero es que, en el caso de Los Arenales el valor del Reglamento De La Ley de Costas del año 1988 para determinar la “extensión física del dominio público”, ni siquiera aparece invocado, al menos en las sentencias, a pesar de que es en el Reglamento de costas, del Ministerio Obras Publicas y Urbanismo, (RCL 1989\2639,R.D.1-12-1989, núm. 1471/1989 BOE 12-12-1989) en su art. 4) , donde se precisa con mayor detalle como deben concretarse estos límites marítimos:

Art. 4.º En la determinación de la zona marítimo-terrestre y de la playa, con arreglo a las definiciones contenidas en el artículo anterior, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

a) Para fijar el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos se utilizarán las referencias comprobadas de que se disponga.

b) Las variaciones del nivel del mar debidas a las mareas incluirán los efectos superpuestos de las astronómicas y de las meteorológicas. No se tendrán en cuenta las ondas de mayor período de origen sísmico o de resonancia cuya presentación no se produzca de forma secuencial.

c) Se entenderá por berma la parte casi horizontal de la playa, interior al escarpe o talud de fuerte pendiente causado por el oleaje.

d) Se considerarán incluidas en la delimitación de la playa las cadenas de dunas que estén en desarrollo, desplazamiento o evolución debida a la acción del mar o del viento marino. Asimismo se incluirán las fijadas por vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa la costa.

Pues bien, estos criterios, que evidentemente pueden tener un valor decisivo, en tanto que, además de precisar, reducen el campo al que puede aplicarse la definición del Art 3º “bermas y dunas tengan o no vegetación”, que pasa a ser solo, en el apartado d) del Art 4º del Reglamento, “las fijadas en la vegetación hasta el límite que resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa de la costa”. Es decir, y esto es lo fundamental, porque determina que el hecho de ser duna litoral fijada por la vegetación, no supone “ope legis” su pertenencia al dominio público marítimo terrestre, sino la necesidad de mantener la estabilidad de la playa y la defensa de la costa. Aunque en ambos casos permanece la indeterminación, en el concepto de defensa de la costa subyace una gran dosis de subjetividad ¿Qué es la costa?

Es la precisión de ese concepto el litoral con dunas, y a la luz de las categorías legales que establece la Ley, donde se plantea nuestro objetivo, además de en la búsqueda de instrumentos de comparación que permitan encontrar las discontinuidades que sirvan de límite de los subsistemas costeros, y más en concreto el que separa el litoral del terrestre propiamente dicho.

En el mismo sentido que la cita anterior, sigue insistiendo la sentencia más adelante: “el deslinde administrativo, ya en la Ley 28 (69, de 29 de abril, como antes el RD-Ley de 19 de enero de 1928, o en la Ley de 7 de mayo de 1880, es una actuación administrativa que materializa la extensión física del dominio público, se trata de determinar y configurar sobre el terreno las pertenencias demaniales en función de su definición legal. Desde este punto de vista, es un acto de imperio de defensa del dominio público que no implica el ejercicio de una potestad discrecional, ni es una operación “técnica”, sino una operación “jurídica” que lleva las definiciones legales a su plasmación física tramo a tramo”.

En otro párrafo, previo al fallo desestimatorio del recurso se sigue abundando en el mismo criterio :” El deslinde, es pues, un acto jurídico que señala o indica materialmente los terrenos que pertenecen al dominio público estatal, pero no los crea o los innova, es decir, el dominio público existe, no porque tal naturaleza se le atribuya el acto de deslinde, dado que la misma se le otorga por la Ley y, en todo caso, lo es la zona marítimo terrestre, las playas el mar territorial, y los recursos naturales de la zona económica y la plataforma continental - (art. 132 de la Constitución)-. Se trata pues, de un mecanismo que nos dice con certeza los límites concretos de tales bienes públicos”.

El deslinde es pues, una constatación física del demanio, y en este caso del litigio, a juicio de La Sala, los recurrentes solo aportan argumentos, frente a la administración que aporta un rico expediente con planos y otros documentos. Por lo que, sin pruebas solo que da concluir la bondad del deslinde y determinar que: “consecuentemente, no existe privación de propiedad privada, sino tan sólo pérdida de efectos de determinadas relaciones jurídico privadas existentes sobre aquellos bienes que “ope legis” son de dominio público, porque tales derechos incluso los que tienen acceso al Registro de la Propiedad no pueden prevalecer frente a la naturaleza demanial de los bienes deslindados”.

La Sentencia de la Audiencia Nacional, de 12/01/2001, Sala de lo Contencioso- Administrativo, Sección Primera, referida al mismo deslinde e interpuesta por otros afectados, en los Fundamentos de derecho punto segundo

continúa, como no podía ser de otra manera, insistiendo sobre la misma base argumental que la sentencia anterior:

“ Antes de entrar a analizar las cuestiones que se suscitan en autos ,conviene recordar que, como esta Sala viene recogiendo en reiteradas sentencias ,El deslinde administrativo, ya en la Ley 22/1988, de 28 de julio, ya en la Ley 28/69, de 26 de abril, como antes en el R.D. de 19 de enero de 1928, o en la Ley de 7 de mayo de 1880, es una actuación administrativa de materialización física del dominio público, determinando y configurando sobre el terreno las pertenencias demaniales en función de su definición legal; es un acto de imperio de defensa del dominio público que no implica el ejercicio de una potestad discrecional, ni a secas ni el con el calificativo de "técnica", antes el contrario es una operación jurídica que lleva las definiciones legales a su plasmación física tramo a tramo, de ahí que el desacuerdo con el hecho no deba parapetarse en fuertes imputaciones retóricas o en la mera invocación de derechos dominicales, sino en una diligente actividad probatoria que evidencie la errónea actuación administrativa y así lleve cumplidamente al ánimo de la Sala el convencimiento de que la concreta porción de terreno ribereño ocupado por los recurrentes no es pertenencia demanial ni conforme a la Ley 28/69, ni conforme a la Ley 22/88, eso sin olvidar que no pudiendo discutirse a propósito de dichos actos cuestiones de índole dominical lo propio será, aparte del aspecto jurídico técnico antes expuesto, enjuiciar la bondad del procedimiento seguido por la Administración”.

Además, la impugnación de este tipo de operaciones de deslinde de dominio público y de su resolución aprobatoria con frecuencia viene referida a actuaciones sobre un espacio físico de considerable extensión, de tal suerte que distintos espacios o tramos pueden no merecer la misma consideración jurídica, con la posibilidad de que concurran a "la impugnación en un único o en distintos procesos diferentes interesados, cada uno con sus propios argumentos de fondo y forma y la "resolución que se dicte habrá de serlo en función de tales argumentos y en íntima conexión con el interés concreto de cada uno. Lo que puede llevar a una aparente contradicción de sentencias porque en una se puede declarar conforme a derecho el acto recurrido y en otra anularlo”.

Contra las pretensiones de los recurrentes que parten del planteamiento de que “con el deslinde practicado no se han seguido los criterios legales establecidos en la Ley de Costas, de modo que el deslinde es innecesario y que al menos en relación con el tramo 11 (mojones 35 a 46) la línea de deslinde debía respetar las edificaciones contiguas al viario y situadas entre estas y la zona marítimo terrestre, al no ser válidos los argumentos que da la administración en el sentido que en el pasado los terrenos tuvieron las características de dominio público marítimo terrestre y porque forman parte de un cordón dunar y los efectos del viento marino se proyectan sobre los indicados predios”.

Sigue La Sala diciendo, respecto a los argumentos del recurso presentado, que “niega el valor de ser terreno dunar, caso de que ostentara tal carácter, porque las edificaciones interrumpen el viento, y han fijado la duna; señala que no cabe calificar como bienes de dominio público terrenos en los que no concurren actualmente las condiciones establecidas en la Ley para su necesaria incorporación a este régimen jurídico”. Y también que, el recurso “postula una clasificación diferenciada entre dominio público natural y dominio público artificial



Dunas y edificios situados a poniente de la carreta de Arenales, y por tanto fuera del dominio público. Febrero del 2002.

atribuyendo a este último distintas notas; se opone a la aplicación de criterios que ha hecho la administración de costas, al no darse en los terrenos los caracteres de duna”.

Sin embargo la sentencia responde a estas

pretensiones de una manera muy explícita, porque los considera como enclaves dentro del dominio público y no deja lugar a dudas: “los términos concretos de la

nueva Ley 22/88, que incluye en el deslinde "todos" los bienes definidos en ella, ha salido al paso de estas situaciones anómalas, debiendo significarse que los terrenos dunares son precisamente una incorporación de la nueva normativa de costas, de modo que tal carácter sin mas obligaría a la práctica de nuevo deslinde".

Como una cuestión nueva, tanto en cuanto al procedimiento del deslinde, como por supuesto el recurso, determina la sentencia la necesidad de que debe hacerse por tramos homogéneos "para combatir la bondad de la línea sería preciso, como señalamos en el fundamento segundo, que la parte actora, lejos de imputaciones teóricas, lleve a cabo la diligente actividad probatoria que evidencie el error de la administración, de que modo que lo que califica de playa o de duna, por ejemplo, no resultan tal, a la vista de las características de los terrenos, y ello suele exigir centrarse en zonas concretas de contenido homogéneo.

Pues bien el Ayuntamiento demandante no ha seguido este criterio, y tras una negativa generalizada a la línea de deslinde, reafirma su disconformidad respecto a la comprendida entre los mojones 35 y 46, mas no ha propuesto prueba alguna sobre las características de estos terrenos, quedando así sus palabras frente al rico contenido del expediente administrativo".

Pero tampoco "la relevancia" del expediente administrativo parece impresionar a La Sala, más allá de las fotos aéreas, que solo pueden trasladar lo que es evidente, que los edificios ocupan el lugar que antes ocupó un cordón dunar. Pero no más que lo evidencian las modestas fotografías que ilustran este capítulo, a pesar de que pueden reiterarse en distintos años, careciendo de otras aportaciones técnicas.

En los argumentos sostenidos por la defensa del Ayuntamiento se indica que también esos cordones dunares están al otro lado de la carretera, y por lo que, de igual manera, por definición legal, debieran ser zona marítimo -terrestre. Los argumentos probatorios de la pertenencia al dominio público expuestos por la defensa no van más allá en las consideraciones legales, que la pertenencia a un cordón dunar, que está presente a norte y sur de la franja que ocupan los edificios, y que es similar a ambos lados de la carretera, por lo que parece poco

fundada, la referencia de La Sala, a la prudencia de la administración, porque nos encontraríamos ante una cuestión subjetiva de Costas, cuanto no de dejación de las funciones de la administración, en cuanto a la omisión de incluir en el deslinde zonas que, solo teniendo en cuenta el valor léxico de las definiciones del Art 3º de la Ley, (bermas y dunas tengan o no vegetación) deben considerarse, sin lugar a dudas, dominio público.

Aunque las citas anteriores resultan demasiado extensas, y a veces repetitivas, sirven a la pretensión de poner en evidencia la necesidad probatoria que coincide con la búsqueda de instrumentos para fijar los lindes de estos subsistemas que en este trabajo se mantiene. El hecho es que los argumentos giran una y otra vez sobre los mismos criterios, quizá porque el fondo de la cuestión está claro para La Sala, no se discuten los procedimientos, y no existen argumentos que pongan en duda la pertenencia del cordón dunar en que se encuentran enclavados los edificios, a la zona marítimo-terrestre, y frente a los argumentos probatorios de Costas no se aportan otros: “El Abogado del Estado en su el repetido escrito significa la relevancia de las fotografías panorámicas aéreas, que resultan concluyentes, fotos 73 a 112, cuya observación considera la Sala efectivamente relevantes”, y hacemos nuestra su observación, de modo que las edificaciones o bloques de apartamentos y hoteles construidos a ambos lados del vial, se levantan sobre las arenas de ese paraje, Arenales del Sol que, en tiempo, fue un extenso campo de dunas litorales, hoy arrasadas, con una playa.

Prosigue el escrito, “si tomamos los Planos del deslinde de la caja 1, con el Plano de situación veremos una hoja o un mapa geológico, la hoja 1 con todo el tramo y las hojas referidas a los diversos sectores del tramo. Hay también hojas con planos de perfiles transversales. Las que nos interesan son las hojas 5, 6, 7 y 8. En las que aparecen grafiadas esos bloques de apartamentos, esos edificios altos. Pues bien, prudentemente se ha hecho coincidir la línea de deslinde con el vial, señalando una servidumbre de protección de 20 m de anchura acorde con la calificación urbanística de los terrenos, a pesar de que, indudablemente, a ambos lados hay arena, a pesar de la homogeneidad del terreno. El argumento contrastado con la observación de los documentos a que se remite resulta válido

y la inexistencia de argumentación en contrario, sustentada en una prueba convincente, lo hace incuestionable”.

Es decir, que aún reconociendo que “que las edificaciones o bloques de apartamentos y hoteles construidos a ambos lados del vial, se levantan sobre las arenas de ese paraje, Arenales del Sol que, en tiempo, fue un extenso campo de dunas litorales, hoy arrasadas”, en el caso de los campos de dunas situados a poniente de la carretera, y supuestamente su prolongación paralela a la playa, hacia norte y sur, entre los extensos campos dunares de Los Arenales, indica que son dominio público marítimo terrestre, este no es el caso que aquí se discute, puesto que el deslinde “ es una operación jurídica que lleva las definiciones legales a su plasmación física tramo a tramo”.

Parece pues que la abundante documentación de la administración actuante solo sirve para evidenciar lo evidente, que todo eran dunas, pero el fallo favorable a las tesis de la administración solo viene a reconocer que: “atendido que no se ha probado error en las determinaciones de la administración respecto a las características de los terrenos afectados, procede desestimar el recurso” y evidentemente deja para el recurrente las pruebas de que el terreno que se litiga no debe ser incluido dentro del deslinde.

De la misma sala, la Stc 09/03/2001, en sus fundamentos de derecho reconoce la existencia de cordones dunares a ambos lados de la carretera, que sirve de delimitación del dominio público, y que en ambos casos han sido alterados: “Se discute en primer lugar, si el edificio está construido en terrenos que merezcan la calificación de dominio público marítimo terrestre. Y se dan, esencialmente dos argumentos, que si en su día los edificios se construyeron en zona arenosa, su configuración física se alteró, desde que fueron legítimamente urbanizados y construidos; y al mismo tiempo se dice que en caso de no ser así, resulta que hay edificios, construidos detrás de la llamada primera zona, también edificados sobre suelo arenoso y a los que no se ha extendido el deslinde -extremo que vista la pericial obrante en las autos parece ser cierto-“. Sin embargo no admite que el hecho de no haber incluido una zona (poniente de la

carretera), debe llevar consigo la no pertenencia de la franja en litigio al dominio público.

Los argumentos empleados más adelante, en la misma sentencia, se inclinan a favor de estos argumentos: “en la Sala de la Audiencia Nacional (1ª) de 30 de septiembre de 1999, ante alegación similar, hemos dicho que: “Sobre la denuncia de la existencia de arbitrariedades respecto de otras propiedades de terrenos ha de apuntarse que con el deslinde tramo a tramo deben definirse las pertenencias del dominio público, y de a aparecer excepciones ilegales en algún tramo, de ello nunca cabría obtener una modificación en un terreno bien deslindado, como consecuencia del agravio comparativo, pues la igualdad exigible dentro de la legalidad”.

Otra cuestión que resulta redundante respecto de las otras dos Stc la referencia a las clasificaciones urbanísticas anteriores: “también hemos dicho, en la sentencia (1ª) de 3 de septiembre de 1999, que la clasificación de un terreno como suelo urbano, no puede hacerle perder su carácter de dominio público marítimo - terrestre pues “obviamente el que la administración competente para la ordenación del suelo y del territorio efectúe una determinada clasificación urbanística no puede llevar a que se produzcan desafectaciones de pertenencias demaniales, de modo que no constituya tal clasificación causa suficiente para la inaplicación del régimen de protección costera de la Ley 22/1988 de Costas, ni sirve para detraer las competencias que el art 132 de la Constitución asigna al Estado, quien ha de determinar y salvaguardar posteriormente tales bienes”.

Posiblemente la extensión de las citas, tal y como se ha dicho más arriba, resulte excesiva, pero nos sirve para poner en evidencia la reiteración de los argumentos en las sentencias, y la pobreza de los elementos probatorios utilizados. Cuestión que resulta decepcionante, si tenemos en cuenta la importancia, económica y medioambiental de la resolución, y la escasa firmeza con que se certifica que el deslinde es un mecanismo que debe determinar con certeza los límites concretos de los bienes públicos.

Parece poco consistente que esa “certeza” pueda basarse solo en pruebas fotográficas, más todavía si se toman sobre terrenos ya urbanizados donde los viales son ejes de referencia, que si bien lo son visuales, en todo caso son solo líneas rectas fáciles de seguir, que de nada sirven para determinar el límite terrestre, formado por dunas arenosas fijadas por la vegetación y a partir del cual “resulte necesario para garantizar la estabilidad de la playa y la defensa la costa”, y por tanto podemos considerar que se sitúa el límite entre las “dunas necesarias” y las que no lo son, para mantener la estabilidad de la playa y sobre todo la “defensa” de la costa.



Fotografía tomada a partir de la carretera asfaltada en febrero del 2002.

La línea roja de la foto, tomada hacia el norte de Arenales del Sol, sirve de orientación para mejor comprender los argumentos que utilizamos. No hay ninguna cuestión morfológica que oriente respecto a las definiciones del Art 3º

de la Ley de Costas del 88, mucho menos de la Constitución, ni tampoco de las determinaciones del Art 4º del Reglamento, y por tanto deben ser otras las variables, que en base a las definiciones legales, sirvan para probar con mayor precisión la pertenencia o no de un terreno a la zona marítimo-terrestre.

En este trabajo se pretende demostrar que es, desde el estudio de los cambios en algunas variables medioambientales abióticas, o bien de las características de las comunidades litorales y de más en concreto de algunas de sus asociaciones representativas, y en general en factores representativos del sistema litoral que puedan ser utilizados como indicadores para localizar los límites entre los subsistemas, desde donde pueden ofrecerse los argumentos más sólidos en cuanto a la mayor o menor influencia del mar en el medio, tanto en

las comunidades vegetales o animales, como el sustrato arenoso, que a la sazón podemos considerar como sometidas a mayor interacción marina que terrestre, y por tanto formando parte del dominio público marítimo-terrestre, según las definiciones legales.

9.5.2. Salinas de Calpe, al norte de la provincia de Alicante.

Aunque las zonas litorales deslindadas conforme a los preceptos de la Ley 22 de 1988 son escasas, la sentencia del Tribunal Supremo de lo Contencioso Administrativo 3349/1997, de dieciséis de abril de dos mil tres, dictada en Recurso de Casación es representativa de la jurisprudencia e interpretación del procedimiento en los casos de deslinde en las lagunas litorales, y otras tierras encharcadas en el litoral y que pueden considerarse incluidas en algunas de las categorías que para el dominio público marítimo terrestre contiene la Ley.

Esta sentencia recae como consecuencia del recurso de casación interpuesto por el Abogado del Estado contra la sentencia dictada en fecha 25 de octubre de 1996, por la Sección Primera de la Sala de lo Contencioso – Administrativo de la Audiencia Nacional, sobre la impugnación del deslinde administrativo en las salinas de Calpe (Alicante), un terreno naturalmente inundable impedido por medios artificiales, contra la resolución de la Dirección General de Costas de 08.01.93, por la que se aprobó plano y acta de deslinde de bienes de dominio público marítimo terrestre, en este caso las salinas próximas al peñón de Ifach.

Como al referirse a los deslindes dunares ya se han reiterado los criterios sobre necesidad probatoria de pertenencia o no de una zona litoral al dominio público, de igual manera parece razonable volver aquí a expresar los mismos razonamientos sobre la necesidad de encontrar factores que sean útiles para ser usados como indicador de los bordes o límites del subsistema litoral, aunque en este caso parece evidente que los indicadores convenientes para determinar el límite externo del dominio público en un borde de lagunas litorales pueden ser coincidentes solo en parte con los usados en las costas dunares.

Son los fundamentos del derecho expresados en la sentencia los que deben ser analizados a la búsqueda de otros criterios, si es que los hay, los que interesa destacar en aras de una mayor concreción a la vez que ampliar las aportaciones que puedan realizarse desde aquí.

Una vez más la anulación del deslinde por la sala de lo contencioso de la Audiencia Nacional se basó en que “no hay en el expediente una prueba concluyente de que el terreno ocupado por las salinas fuera en su día una marisma por ser inundado por un canal natural, que esa inundación proviniese de filtraciones marinas, y, si en un momento lo fue no hay prueba de que dejase de serlo por acción del hombre”. Estamos pues, una vez más, ante la exigencia de acciones probatorias de pertenencia a uno de los supuestos de la Ley 22 de d.p.m.t, que acaba reiterando cuando concluye diciendo que “no hay prueba de que se esté ante un terreno naturalmente inundable y que estas inundaciones por las mareas hayan sido impedidas por medios artificiales”.

Más adelante todavía se abunda en relación con la obligación de probar durante el proceso judicial, puesto que “cada parte tiene sus obligaciones probatorias , como en cualquier proceso, y sobre la administración recae la de acreditar que se dan las circunstancias de hecho que constituyen requisitos para el ejercicio de sus competencias”.

Un tercer criterio vuelve a remarcar más si cabe la idea de la necesidad probatoria “de los supuestos físicos que configuran el dominio público marítimo terrestre”, cuando resuelve contra la pretensión del Abogado del Estado que pretende demostrar la ilegalidad de la vía Contencioso – Administrativa aplicada al acto probatorio del deslinde, en base a que la Ley de Patrimonio del Estado, en su Art 14.2 dispone que “la aprobación del deslinde compete al Ministerio de Hacienda, cuya resolución será ejecutiva, y solo podrá ser impugnada en vía contencioso – administrativa por infracción del procedimiento”. Añade el alto tribunal que “tal interpretación sería contraria al artículo 24 de la Constitución española; en particular, ocurriría ello si se pretendiera que no puede revisarse en la vía contencioso – administrativa la concurrencia de los supuestos físicos que

configuran el dominio público marítimo terrestre, siendo así que es ello precisamente el objeto principal del procedimiento administrativo del deslinde”.

Finalmente hace suya la sentenciadle TS de 24 de octubre de 2001, que declara “en materia de deslinde de la zona marítimo terrestre, la función propia de esta jurisdicción se limita a determinar la corrección del procedimiento de deslinde, y la inclusión de los terrenos afectados a alguna de las categorías que, según la Ley de Costas, constituyen el dominio público marítimo”, cuestión esta que ha sido además proclamada en la misma Sala y en numerosas sentencias.

Como parece razonable las sentencias citadas no entran a precisar los elementos que deben utilizarse como prueba, más todavía si estos no están contenidos en la Ley ni el Reglamento, y los supuestos son muy diversos. No obstante, si tenemos en cuenta que en relación con las costas rocosas o acantiladas, y en las zonas urbanizadas las posibilidades de conflicto son reducidas por estar mucho más definido el deslinde, parece ajustado al interés que representa la defensa de la costa, el esfuerzo de interpretación, investigación y conclusiones que en este trabajo se realizan, como una aportación más a la definición y concreción del territorio litoral que podría incorporarse dentro del concepto de costa, así como a la decisión de cuales deben ser los mecanismos para delimitar la línea terrestre del subsistema costero durante la realización del deslinde, y la determinación final del terreno incluido en el demanio.

Como ya se ha dicho más atrás estos factores que se propone utilizar como indicadores serán variables dependiendo no solo del tipo de costa que se propone deslindar, sino que la climatología, las distintas comunidades que pueden encontrarse, el grado de alteración sufrido, por destrucción de la dunas, alteración biótica o abiótica, o bien el grado de enterramiento o deterioro en caso de las zonas de laguna o marismas litorales, aunque algunos de ellos son coincidentes. Como en el derecho corresponde la interpretación a los especialistas, serán los datos científico -técnicos los que deban aportarse para constituir las pruebas delimitadoras, y a los jueces corresponderá juzgar la solidez de las mismas en los litigios que se produzcan.

CAPÍTULO DÉCIMO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

Capítulo 1

1) De la legislación costera analizada, puede concluirse que las diferencias entre leyes se deben fundamentalmente al grado de protección y restricciones del uso, que son escasas en el caso inglés o de los EEUU, en relación con la portuguesa, francesa, sueca o cubana, que tienen un carácter más cercano a la ordenación del territorio. Es en la incorporación al demanio de las dunas y almarjales del sistema español, donde se halla el máximo cobijo protector de estos ecosistemas tan sensibles y amenazados, de todos los tipos de normativa comparada en los países de nuestro entorno.

Capítulo 2

2) La pendiente del estrán, en los primeros cien metros de playa seca y sumergida, refleja una zona más aplacerada en el norte del río, con una media de entre el 2,5 y el 2,9 %. Dos zonas con pendientes similares una al sur del río y hasta el frente de viviendas y otra desde las viviendas a La Mata, con pendientes de entre 3 y 3,6 %. Entre ambas, mayor pendiente presenta el frente urbanizado, con talud entre el 4 y el 5,4 %, lo que evidencia una situación de mayor inestabilidad de la costa en la zona donde las viviendas ocupan dominio público.

3) Aunque el estudio comparativo de la línea de costa en toda la bahía del Segura aporta una visión global, dado que el deslinde es una cuestión que afecta a un tramo concreto, y se ha comprobado la evolución diferente para trozos puntuales, se puede concluir la necesidad de realizar ambas determinaciones, local y de la célula que afecta al ámbito litoral zonal (bahía del Segura, en este caso) para el frente litoral concreto que se precisa deslindar.

4) Los 167 millones de metros cúbicos de sedimentos retenidos en los embalses, antes de 1985, representan un volumen equivalente a una duna homogénea de 20 km de larga, 1 km de ancha y 8,35 m de alta. Aunque solo una

parte son arenas, ello por si solo explica los retrocesos de la línea de costa en varios tramos de la bahía del Segura, el delta sumergido de unos 1500 m de radio que ha desaparecido en la práctica totalidad, y el acusado avance marino en unos siete kilómetros, con máximos (desde 1930 al 2004) del entorno de los 170 metros al frente de la desembocadura, y que se extiende a norte y sur de manera bastante simétrica.

Capítulo 3

5) Del estudio topográfico y granulometrías de los suelos depositados por el Segura en la huerta de Guardamar, al menos en los últimos 8.000 años, se encuentra que las arenas son similares en aspecto y tamaños, a las que forman las playas y dunas actuales, aunque como era esperable el porcentaje de finos es mayor que en ellas, y la mayor concentración de arenas en las zonas bajas indica la existencia de canales preferentes de flujo del agua hacia el mar.

6) Se puede concluir que el Segura ha sido la principal fuente de sedimentos que han llegado hasta la costa actual y originado los campos dunares, en base a los datos obtenidos en los muestreos superficiales perpendiculares al río, las muestras tomadas en el azarbe de La Villa. Las tomadas en el cauce del río en la última riada demuestran que el Segura actual, a pesar de los encauzamientos y repoblaciones forestales, conserva la capacidad y transporta arenas hasta el mar, al menos hasta la última riada de 1989. Una vez llegadas al mar se distribuyen hacia el sur, hasta La Mata y hacia el norte hasta la desembocadura del río Vinalopó, al menos.

7) Los datos obtenidos en las tres exploraciones perpendiculares a la costa, realizadas hasta más allá de la -20, en las que se ha estudiado la topografía del suelo marino, indican un modelo de transporte marino perpendicular a la costa con el fondo de pendientes uniformes y sin relieves. Las arenas se mantienen hasta los 9 a 10 metros de profundidad en el norte del río, mientras en la serie de muestras frente la iglesia de Guardamar disminuye el porcentaje a partir de los 15 metros de profundidad, pero todavía a los -24 m están presentes, mientras frente al río Segura las arenas desaparecen a partir de

-8 m, según los datos de 1986. Es decir hay una energía del oleaje muy superior en el sur, capaz de arrastrar arenas hasta gran profundidad, de donde es muy improbable que vuelvan a la orilla mientras, frente al río y hacia el norte, las corrientes de transporte perpendicular a la costa tienen menor intensidad.

Capítulo 4

8) La capacidad de campo de estas arenas se encuentra entre el 20%, después de varios episodios de lluvia. Desciende rápidamente a valores de 5 a 8% en volumen, y en la zona radical se sitúa alrededor del 2 al 2,5%, pero puede llegar hasta el 0,5% manteniendo vivas las plantas. Los diámetros de estas arenas permiten la formación de una maraña de conductos de reducido diámetro, capaces de no solo de retener agua, sino ascensos desde la zona freática. La sequedad provocará la entrada de aire en los capilares, y producirá un efecto similar al de cavitación de los capilares, que tendrá como consecuencia la interrupción del bombeo de agua.

9) En las dunas con repoblación forestal la evapotranspiración de los árboles, en ausencia prolongada de aportaciones durante los meses de verano, provoca la desecación de la capa superficial hasta el manto radical arbóreo, y puede dejar herbáceas y arbolitos descolgados de la humedad freática al quedar el estrato radical de los pinos por debajo del de estas plantas, afectando así la disponibilidad de agua para muchas anuales y arbolitos durante los veranos, en función de la existencia o no del bosque de pinos.

10) Los datos obtenidos en la columna de arena durante el periodo de agosto en situación normal, y cuando se ha colocado un plástico que impide la evaporación de agua desde la superficie arenosa, presenta como característica más evidente el descenso significativo de los consumos de agua desde 303,1 ml ($0,7 \text{ ml/cm}^2$) de los primeros días, hasta los 182,2 ml/ día del segundo tramo. Admitiendo que la radiación y el viento fueran similares durante los 16 días supone que los 182,2 ml ($0,42 \text{ ml/cm}^2$) son el volumen correspondiente a la emisión de agua a la atmósfera por las plantas, mientras desde el suelo se bombeaban 120,9 ml, ($0,28 \text{ ml/cm}^2$). Este flujo en el interior dunar debe

conservarse de manera continuada para mantener constante la humedad en las partes internas de la duna.

11) El análisis de consumos de todas las medidas de la columna de la duna litoral, pone de manifiesto que cuando la columna está saturada el bombeo es mayor y que a su vez este depende de la situación climática, y aparentemente es mayor con la radiación elevada.

12) En la columna de arena, el mantenimiento continuado del valor del sensor de -60 en 25 kPa (el 2% de humedad) durante todo el periodo del experimento, excepto periodo de vaciado y llenado de arena en septiembre, y la ausencia casi total de humedad del más externo, salvo lluvias (cerca de 199 kPa), permite afirmar que no existen aportes externos de agua procedentes de otros orígenes, salvo los producidos por las lluvias. Una consecuencia directa que explica el fracaso de las sucesivas reposiciones de marras en los pinares es la elevada mortalidad de los pinitos plantados, que sería debida a la competencia por el agua.

13) No aparece ninguna relación significativa entre la distancia al mar y la disponibilidad de agua, ni parece existir una vinculación con la topografía, en cambio si existe una dependencia de la proximidad e intensidad de los periodos de lluvias.

Capítulo 5

14) Los resultados obtenidos de los factores propuestos como indicadores, en relación con la distancia al mar y su utilidad para delimitar la franja costera, avalan su utilidad en cuanto a las características que deben cumplir, la fiabilidad de los datos, ser comprensible y aplicable al ámbito geográfico más amplio posible, además de ser sencillos de determinar, y reflejan de forma ajustada en sus resultados la situación real.

15) El ambiente seco costero tiene unas características únicas, lo que exige el conocimiento de los principales factores ambientales y sus interacciones. El más importante es la presencia del propio sustrato arenoso con todas sus

particularidades edáficas, otro es la vegetación que se asienta sobre él, natural o consecuencia de repoblaciones, y el otro el relacionado con la característica más importante del mar, la presencia de agua salada, y su proyección terrestre ligada a cantidad y composición del spray marino, la deposición de compuestos procedentes del spray, o bien sus efectos como la muerte de las hojas causada por el spray salino llevado en el viento.

16) Los datos aportados por los factores fisicoquímicos pueden ser valiosos por sí solos paliando la ausencia del sustrato arenoso cuando se haya eliminado, o complementado los datos cuando existe. Por sí sola, la presencia de arena, no puede ser el factor determinante a los efectos de establecer la condición demanial o no de un terreno.

Capítulo 6

17) Dentro de cada grupo de transectos, zonas sin repoblar o repobladas, las especies presentes son las mismas, aunque varían los porcentajes y la densidad, que es mayor en las dunas vírgenes del Saladar y La Mata, lo que lleva a la conclusión de que la competencia con la masa forestal ha modificado la distribución a la vez que se han desarrollado los árboles.

18) El modelo de *Pinus pinea* que se obtuvo al agrupar todos los datos de las 12 parcelas estudiadas a finales de los 80, tenía una altura de 3,77 m, mientras el *Pinus halepensis* alcanzaba los 4,79. En 2003, el resultado representa un incremento de altura de 6,6 cm para el primero mientras para el segundo una disminución de 8,59 cm en su altura. La densidad de árboles vivos en 1988, era de 0,053 árboles por m² para ambas especies. Para *P. pinea* de 0,036 y 0,017 *P. halepensis*. En el 2003 la densidad bajó al 0,045, de los cuales 0,035 corresponden a piñoneros y 0,010 a carrasco, con una disminución global del 13,93 %, que para *P. halepensis* es del 38,51 y para *pinea* 2,54 %

19) La superficie dunar medida en la bahía del Segura, a principio del siglo XX, era de 846 ha. En el año 2004 restan 721,4 ha, aproximadamente el 85 % de las que había. El número total de pinos vivos para toda la superficie del pinar, en el año 1988 era de unos 350.196. Transcurridos 15 años, en el 2003, era 301.422,

una disminución de 48.774 árboles para todo el pinar, y casi el 14 % de los que había a finales de los 80. El descenso es más elevado en los más altos de 6 m, que pasan de representar el 14,3 % para el piñonero al 5,5 % y el carrasco que pasa del 31,8 % a solo el 6,8 %.

20) El efecto observado en los transectos confirma una mayor sensibilidad al spray de los *P. pinea*, que para el total de árboles de los cuatro tramos del frente de Guardamar, afectados en más del 25% de su copa, da como resultado el 54,4 % para los *pinea*, frente a solo el 30,2 % de los *halepensis*.

Capítulo 7

21) Las concentraciones de sales depositadas en los captadores de spray son mucho más elevadas, del orden de magnitud, de unas cien veces mayor el día de temporal fuerte. En la deposición de cloruros en los captadores de spray, la correlación entre las variables distancia y cantidad de cloruros es buena

22) En relación con las concentraciones en el subsuelo, en el corte de la duna de La Fonteta, los valores de concentración salina en arena, en los diferentes puntos de muestreo son constantes y alcanzan los 34,45 mg de Cl/kg de arena, tanto a 50 cm de profundidad como a 4,5 m.

23) En relación con el efecto del spray sobre las copas con daños en más del 25 %, si se agrupan en dos bloques, los situados entre el mar y la mitad del tramo, y entre los 280 m y los 560 del final, puede ratificarse la dependencia con la distancia al mar y la influencia marina, y hay un vínculo de dependencia con probabilidad $p < 0.001$, lo que evidencia que la proporción de afectados es muy superior en la mitad más próxima al mar.

Capítulo 8

24) De las especies presentes en las dunas se han seleccionado un grupo de 18 especies, psammófitos estrictos, y que están presentes en las zonas no repobladas que pueden ser más representativas del estado natural de la vegetación, además de que sean fáciles de reconocer.

25) Al margen de la longitud del transecto, se ha divide en unos 10 tramos, cada uno de los cuales tiene el 10 % del total de las cuadrículas. Los tramos más homogéneos son el 1 y el 10, que a pesar de estar muy alejados entre sí corresponden a dunas sin repoblar, y guardan una distribución de plantas bien conservada, igual que el 3, 4 y 5, solo que estos son muy cortos. Los 2, 6, 7 y 8 tienen mayor longitud y corresponden a zonas con dunas repobladas.

26) En relación con los datos de presencia ausencia de psammófitos, se aplica la probabilidad en tanto por uno de encontrar al menos el 50 % de las especies, y se agrupan en tres bloques más homogéneos: dunas mejor conservadas, puntos 1 y 10, dunas sin repoblación pero transectos muy cortos en los puntos 3, 4 y 5, y con repoblación forestal en los 2, 6, 7 y 8. En el primer bloque el resultado es categórico, y se pasa de 0 a 1 que se mantiene hasta el final casi con el 100 %, en el segundo comienza con la probabilidad superior al 60 % y se va incrementando con la distancia al mar hasta el final y en los repoblados comienza con 1 y cae a 0 a los 200 m y continúa así hasta el final con probabilidad también cercana al 100 %, con lo que el ajuste resulta muy bueno en los tres grupos.

27) En relación con la repoblación forestal puede analizarse la distribución con la distancia al mar teniendo en cuenta la distribución media a lo largo de los recorridos, en relación con el porcentaje de especies presentes por grupo de cuadrículas, y también pueden extraerse conclusiones interesantes sobre la relación entre las especies de psammófitas y la presencia de pinos. No hay una distancia definida a partir de la cual están presentes o ausentes las especies. Sin embargo, y en relación con la presencia de pinos, si se considera la variable distancia al mar en cientos de metros y la variable cantidad de especies por cuadrícula la codificamos con valor 1 si hay cero especies, 2 si están presentes entre 1 y 3 especies y 3 si están presentes 4 ó mas el resultado de la prueba de dependencia es significativo ($p \leq 0.001$), con un coeficiente de contingencia de 0.355. El gráfico con el recuento de cuadrículas obtenido muestra que el mayor número de cuadrículas con 4 especies o mas se encuentra entre 200 y 300 metros de distancia al mar, aunque en relación con los otros dos bloques de

transectos aquí el número de especies es menor, poniendo en evidencia la marcada influencia de los pinos con las especies de arenal que se analizan.

28) Para determinar el grado de asociación del *Pinus pinea/halepensis* con las restantes especies de plantas psammófilas se determinó el coeficiente de correlación Rho de Spearman, y de él se desprende que la presencia de especies en la suma de las 60 cuadrículas correspondientes a los tres trozos de 100 m, que solamente la *Ammophila arenaria* esta asociada positivamente con el pino, mientras otras como *Elymus farctus*, *Cyperus capitatus*, *Medicago marina* o *Crucianella marítima* sufren una fuerte incompatibilidad. Los resultados de la regresión logística estarán pues condicionados por las especies de psammófitos y también por las especies arbóreas introducidas, así como su edad y densidad.

Capítulo 9

29) El análisis de las sentencias y definiciones legales de la nueva Ley de 1988, que supone la extensión del dominio público respecto de la Ley de costas de 1969, evidencia el hecho de que el legislador ha hecho uso de la institución del dominio público como técnica de atribución de un régimen jurídico de especial protección, cuestión esta que la Sentencia del Tribunal Constitucional 149/1991 (FJP), avala al entender su utilidad tanto para asegurar la integridad física como las características propias de la zona marítimo – terrestre. Se trata aquí de una determinación de pertenencia a una franja en función de su naturaleza legal, y no en base a unos mojones, construcciones o incluso permanencia en el registro de la propiedad. La Constitución faculta al legislador para determinar los bienes que integran el dominio público estatal, pero su adscripción al demanio requiere la realización del deslinde administrativo, un acto que actualice los «puntos de referencia» legales para la determinación del dominio marítimo. Este acto tiene también para los particulares afectados por el deslinde un efecto desequilibrador, en cuanto a las garantías de defensa de sus derechos tradicionales, y parece necesario reequilibrar la balanza mediante los medios adecuados de protección jurídica, y los estudios científico-técnicos precisos, cuestiones estas que están en el núcleo de esta tesis.

30) Las sentencias dictadas en relación con el deslinde de costas con dunas, en Arenales del Sol, al sur de Alicante, o la de las salinas de Calpe, aunque con fallos contra el deslinde diferentes, favorable a la administración el primero y desfavorable el segundo, utilizan argumentos similares. El dominio público existe, no porque tal naturaleza se le atribuya el acto de deslinde, dado que la misma se le otorga por la Ley. Serán los datos científico -técnicos los que deban aportarse para constituir las pruebas delimitadoras. Cabe afirmar que el uso de los indicadores analizados, el estudio detallado del medio físico, la dinámica litoral, aportes de sedimentos y evolución costera, topografías y batimetrías, tanto como la presencia o no de la flora característica del sistema analizado, arenal o lagunar, o la evolución de los depósitos de spray, bien sobre captadores, trampas o suelos, pudieron ser de gran utilidad pericial, por la solidez probatoria del grado de pertenencia o no de una franja de costa al dominio público.

Conclusiones de carácter general

El deslinde de la Zona Marítimo Terrestre determina no solo la pertenencia al sistema acuático-litoral o terrestre, o un mayor o menor grado de protección, sino que además tiene como consecuencia un cambio sustancial en su naturaleza jurídica, la pertenencia a suelos patrimoniales o demaniales, lo que bien puede justificar este esfuerzo, que además aporta una seguridad jurídica adicional al procedimiento de deslinde, que no es nada desdeñable, por lo que la complejidad que se añade parece compensada con creces.

En los puntos sin repoblación, aunque puede extenderse a parámetros de otros factores propios del ecosistema, para valorar el punto de discontinuidad, y por tanto la delimitación costera, se ha considerado que la distancia al mar actúa como variable independiente y que el suceso ocurre, cuando en el intervalo de distancia están presentes el 50 % ó más del total de especies de psammófitas de cada grupo de transectos y el suceso no ocurre, es decir ya no estamos en el sistema costero, si hay menos del 50 % de las especies. La existencia de arbolado en las zonas de repoblación forestal de las dunas tiene un efecto distorsionante en la distribución y presencia de las plantas psammófilas, por lo

que no deben compararse datos de inventarios con y sin repoblación, ni puede emplearse como criterio la presencia o no del mismo porcentaje del factor elegido.

RECOMENDACIONES

Realizado previamente el análisis del medio físico, del ámbito de influencia de la dinámica litoral en el tramo a deslindar, evolución histórica de la superficie dunar y probable evolución costera, se tienen los datos básicos sobre el medio físico necesarios para situar el deslinde. Los trabajos y evaluaciones posteriores fijarán los límites en base a los criterios y definiciones legales. De la investigación realizada, y a los efectos prácticos de un deslinde, debería tenerse en cuenta:

1. La primera condición será siempre que el territorio posea un sustrato arenoso característico de las dunas, y pueden utilizarse todos los indicadores estudiados y además tomar muestras para determinar los cloruros del subsuelo.
2. Si las dunas no conservan su estado natural deben utilizarse los indicadores fisicoquímicos vinculados al spray marino, y en su caso colocar trampas de spray para depósito en suelos.
3. El número de hitos o mojones puede ser inicialmente menos frecuente, y deben partir de situarse en el perímetro externo del arenal. A partir del primer trabajo de campo se podrán considerar nuevos mojones intermedios, y acortarse su longitud.
4. Para cada punto del deslinde deben realizarse tres inventarios de psammófitos, sumando posteriormente los datos de presencia de los tramos de cuadrículas de distancia equivalente. Para el caso de una fase posterior de mayor detalle pueden situarse otros puntos de deslinde intermedios a los iniciales, y la suma de dos transectos podría ser suficiente.
5. Con el objeto de homogenizar los datos parece conveniente agrupar las cuadrículas en grupos equivalentes al 10 % aproximado de longitud. Entre donde se produzca el cambio que indica la zona de límite, podría fragmentarse la distancia del 10 % en otras menores.

6. En los muestreos de spray con captadores es suficiente con una sola línea de muestras por punto de deslinde elegido hasta el borde externo dunar, y habrá que esperar a momentos con grandes temporales de viento procedente del mar. Caso de vientos de mediana intensidad el tiempo de exposición de los captadores deberá ser de al menos 5 h, y a ser posible un día.
7. La distancia entre captadores deberá ser como mucho del 5 % de la longitud total, y la altura del soporte deberá ser suficiente como para evitar el efecto pantalla de cualquier objeto frente al mar.
8. Las muestras de suelo podrán ser de una sola línea por punto de deslinde y sería conveniente acompañar las muestras de superficie con otras más profundas tomadas en el mismo lugar.
9. Para el caso de los daños en copas el número de transectos por punto de deslinde que se propone es de dos, y las cuadrículas podrán agruparse en tramos del entorno del 10 %, salvo entre los que se produzcan los cambios.
10. Los datos de campo deberán incluir daños, mayores o no, del 25 % de la copa de los árboles más abundantes y sensibles al spray y relacionarse con situación de abrigo o exposición ante el viento marino, por si este dato resultase relevante.
11. Para caso de dunas repobladas o con bosque debe tenerse en cuenta el efecto negativo de los árboles sobre la presencia de muchas especies de psammófilas, para situar el límite del 50 % o inferior.
12. Los datos obtenidos a partir de las medidas de campo, en relación con cada uno de los factores que se vayan a utilizar como indicadores, y situados con la distancia al mar, deben acreditar primero la dependencia de sus valores con respecto a la vecindad del agua marina, que es el factor más representativo del ecosistema marino.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldeguer M, Martín A. & Seva E, 1997. Background and perspectives on the management of the coastal dunes of Alicante province. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Universidad de Alicante. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones. Francisco Garcia Novo y otros, editores.
- Aldeguer Sánchez, M, 2004. Distribución de psammófilas en dunas litorales en relación con la distancia al mar. Una aportación para realizar el deslinde de costas. Memoria de Investigación. DEUA.
- Aldeguer, M & Seva E, 1989. Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante, Cap XI, pp 11-123. Agresiones al medio dunar. Propuestas de ordenación. Instituto de Cultura Juan Gil Albert, Diputación Provincial de Alicante, 129 Pág.
- Aldeguer, M, 1989. En Escarré A, Martín J y & Seva E. Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante, Capítulo III, pp 27-42. Dinámica litoral y génesis dunar. Instituto de Cultura Juan Gil Albert, Diputación Provincial de Alicante, 129 Pág.
- Alfaro P, Delgado J, Estévez A & López-casado C, 2000. Paleoclimatología en la Cuenca del Bajo Segura (Cordillera Bética oriental). Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.
- Alquibla, revista nº 5, 1999. Sánchez Pérez A.J. y Alonso de la Cruz, R del C.
- Andreas, Edgar L, 2004. Spray Stress Revisited. Journal of Physical Oceanography Volume: 34. Capítulo 6, Páginas 1429-1440.
- Antony D. Clarke & Vladimir N. Kapustin, 2001. A Pacific aerosol survey - part 1: a decade of data on particle production, transport, evolution and mixing in the troposphere. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Azuar Ruíz R, El paleoambiente del ribat y el territorio, 2004 en El ribat califal. Excavaciones e investigaciones (1984-1992), Azuar Ruiz R, Gutiérrez Lloret S, Menéndez Fueyo J. L, Barceló Torres C, Rius M, Grau E, de Haro S, Martínez Salvador C, Marín M, Cressier P, Varela Gomes R & Varela Gómez M. Edit Casa de Velásquez y Diputación Provincial de Alicante, 296 páginas. Madrid.
- Azuar Ruíz, R, Conclusiones, pp 208 a 214, 1989. La rábida Califal de las dunas de Guardamar, Alicante, Azuar R Eds. Diputación provincial de Alicante, Museo arqueológico.
- Banda Enric & Montserrat Torné, 1997. Geología. Editorial Santillana.
- Beltman B, Kooijman A.M, Ellers J. & Oosterbeek B. J, 1992. Nutrient availability and plant species composition of rich fens in the dune complex at Dooaghtry, Co. Mayo, Ireland. Coastal dunes, Carter y otros. Department of plant ecology and Evolutionary Biology, University of Utrecht, Netherlands. Coastal dunes, Carter y otros. Balkema, Róterdam.
- Bernabé A, Blasco A, Llorca M. & Lledó M.J, 2004. La restauración dunar con vegetación psamófila. Acta de la tercera reunión sobre repoblaciones forestales, Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, nº 17.

- Bernabé Picó, A, 2004. Caracterización de plantas psammófilas, aproximación a sus tipos funcionales, y ensayos de restauración en dunas del litoral alicantino. Universidad de Alicante, tesis doctoral.
- Blasco Díaz, J. L. 1999. Régimen jurídico de las propiedades particulares en el litoral. Edit Tirant lo Blanch, Valencia.
- Blasco Maruhenda, A. 2004. Memòria d'investigació: Estudi de l'autoecología de *Cyperus capitatus* per a vover la seua idoneïtat en la restauració i fixació de les dunes litorals: un exemple de fotosíntesi C4 als ecosistemes dunars. DEUA,
- Bolós i Capdevilla, O. & Vigo, J. Flora dels Països Catalans, Vol I (1984); Vol II (1990); Vol III (1990); Ed. Barcino, Barcelona.
- Bolós i Capdevilla, O. 1998. Atlas Corològic de la Flora Vasculardels Països Catalans Institut d'Estudis Catalans; Barcelona.
- Bolós i Capdevilla, O. et al, 1993. Atlas Corològic de la Flora Vasculardels Països Catalans; Volums I,II,III; Institut d'Estudis Catalans; Barcelona.
- Bolós O. 1967. Comunidades vegetales de las comarcas próximas al litoral situadas entre los ríos Llobregat y Segura. Memorias de la Real Academia de las Ciencias y las Artes de Barcelona. Volumen 38, N° 1.
- Bolós O. y Vigo J, 1984. Flora dels Països Catalans. Vol I. ed. Barcino.
- Bolós O. y Vigo J, 1990. Flora dels Països Catalans. Vol II. P.D. Barcino.
- Bolós O. y Vigo J, 1995. Flora dels Països Catalans. Vol III. P.D. Barcino.
- Cadenas Filiberto et al. 1988. Mapas de Estados Erosivos, Ministerio de Agricultura. Dirección General del ICONA.
- Calleja Sánchez-Taiz R, Navarro Hevia J, Aldeguer Sánchez & Pérez Pérez J. 2005. Estudio sobre el estado de degradación y mejora del pinar que fija las dunas de Guardamar del Segura (Alicante, España).
- Calleja Sánchez-Taiz R. 2004. Fijación de las dunas mediante el empleo de vegetación. Aplicación práctica al caso de Guardamar del Segura. Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Palencia. Trabajo fin de carrera.
- Canales Martínez, G & Martínez García, I. 1994. El señorío eclesiástico de Bigastro (siglos XVIII-XIX). Alicante, Instituto de Cultura Juan Gil Albert.
- Canales Martínez, G & Vera Rebollo, J F, 1985. Colonización del Cardenal Belluga en las tierras donadas por Guardamar del Segura: creación de un paisaje agrario y situación actual. Investigaciones Geográficas, nº 3, Alicante, Instituto Universitario de Geografía.
- Caracterización, regionalización y elaboración de herramientas de establecimiento del Estado ecológico de las zonas húmedas de Cataluña. Agencia Catalana del Agua. Departamento de Medio Ambiente y Territorio, de la Generalitat Catalana. – Mayo 2004.
- Carreño Gualde, Vicenta. 1999. Universidad de Alicante, 1999. Editorial Técno S.A.
- Carta de navegación 832, Instituto Hidrográfico de la Marina (Cádiz). Esc 1:99.000, Costa SE de España, de Cabo Roig a Cabo de las Huertas.

- Carta náutica de la Bahía de Santa Pola, Instituto Hidrográfico de la Marina. Editada en junio del 63 y reeditada en mayo de 1984. Escala 1:100.000
- Carter R.W.G & Curtis T.G.F. 1992. Coastal Dunes. Geomorphology, Ecology and Management for conservation. Tercer congreso europeo sobre dunas. Galway, Irlanda junio de 1992. Editorial AA Balkema, Róterdam, Brookfield.
- Carter, R.W.G. 1998. Coastal environments. Academic Press Limited.
- Carter, R.W.G, Curtis T. G. F & Sheehy-skeffington, MJ. 1992. Coastal dunes. Geomorphology, ecology and management for servación. Publicado por AA Balkema, PO Box 1675, 3000 BR. Róterdam, Netherlands.
- Clarke, Antony D. & Kapustin, Vladimir N. A.2001. Pacific aerosol survey - part 1: a decade of data on particle production, transport, evolution and mixing in the troposphere. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Classification of Wtlads and Deepwater Habitats of the Unites States, Cowardin L.M, Carter V. & Golet Francis C. 1979, Fish and Wildlife Service. U.S. Departamento de Interior.
- Cobertera Laguna E, 1993. Edafología aplicada suelos, producción agraria, planificación territorial e impactos ambientales. Ediciones Cátedra S. A.
- Código de Suecia del Medio Ambiente, en junio de 1998.
- Codornú R, Revista de Montes, Madrid 1904.
- Codornú R, Revista de Montes, Madrid 1906.
- Codornú Ricardo. Revista de Montes, año XXXII Madrid, 15 de Junio de 1908 nº 754.
- Codornú Ricardo. Revista de Montes, Madrid 1904. XXVIII (654).
- Coloquio Hispano-Francés sobre espacios litorales. Servicio de publicaciones agrarias, Ministerio de Agricultura, ICONA. 1982.
- Comité multidisciplinar de expertos creado en Estados Unidos para revisar y mejorar la relimitación de humedales. 1995. Comité del nacional research counch (NRC).
- Conferencia de Naciones Unidas, sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992. Agenda 21.
- Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres. Ley 4/1989, de 27 de Marzo.
- Constitución Española de 1978.
- Convenio relativo a humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, hecho en RAMSAR el 2 de febrero de 1971.
- Costa y Massanet J. 1981. Los ecosistemas dunares levantinos: la dehesa de la albufera de Valencia. Anales del Jardín Botánico de Madrid Cavanilles AJ. Tomo 37-II.
- Costas, Ley de. Ley 22/1988, de 28 de julio. BOE nº 181, de 29 de julio.
- Costas, Reglamento de, RD1-12-1989, Ministerio Obras Publicas y Urbanismo, BOE 12-12-1989, núm. 297.
- Cowardin, L W, Carter V, Golet, F & Laroe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the Unites States.

- Cheplick, G.P. & H. Demetri. (2000) Population biology of the annual grass *Triplasis purpurea* in relation to distance from shore on Staten Island, New York. *Journal of Coastal Conservation* 5: 145-154
- Chirino E, Bellot J & Sánchez J. 2002. Patrones diarios y estacionales de flujo de savia en especies arbustivas y arbóreas de los pinares en clima semiárido (S.E. – España). Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- De Ferrer y Lloret, Javier. 1894. Ingeniero de Montes, Doctor graduado, Licenciado en Ciencias exactas. Fijación y Repoblación de las Dunas procedentes del Golfo de Rosas.
- Delgado J, Alfaro P, Andréu JM, Cuenca A, Doménech C, Estévez A, Soria J, Tomás R & Yébenes A. Modelo geológico de la llanura de inundación del río segura (sureste de España): estudio de evaluación de la superficie del terreno para ingeniería, 2003. Dpto. Ciencias de la Tierra. Universidad de Alicante. Ap. Correos 99. 03080 Alicante, Spain
- Delgado J, Alfaro P, Andreu J.M, Cuenca A, Doménech C, Estévez A, Soria J, Tomás R & Yébenes A. Modelo geológico de la llanura de inundación del río Segura (suereste de España): estudio de evaluación de la superficie del terreno para ingeniería. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Alicante.
- Delgado, J, Alfaro, P, Andréu, J. M, Cuenca, A, Doménech, C, Estévez, A, Soria, J. M, Tomás, R & Yébenes, A. 2003. Engineering-geological model of the Segura river flood plain (SE Spain): a case study for engineering planning. *Eng. Geol*, 68, 171-187.
- Diaz Barradas M.C. & Muñoz Reinoso J.C. The ecology of vegetation of the Asperillo dune system, southwest Spain. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Biología, Universidad de Sevilla, España. Coastal dunes, Carter y otros. 1992, Balkema, Róterdam.
- Díaz Blanco. 1999. Prólogo a Régimen Jurídico de las propiedades particulares en el litoral. Blasco Díaz.
- Directiva Marco de Agua (DMA), de la Comunidad Europea. Directiva 2000/60/CE, publicada en diciembre del año 2000.
- Dore, A. J, Choularton T. W. & Inglis F. D. W. 2001. Monitoring studies of precipitation and cap cloud chemistry at holme moss in the southern Pennines. Physics Department, UMIST, Manchester M60 1QD, England Centre for Ecology and Hydrology, Bush Estate, Penicui,
- Enciclopedia Catalana, Biosfera, tomo 10, Litorales y Océanos, Diputación de Barcelona, 1994.
- Enríquez Fernández, J & Enríquez Agós, F. 1984. CEDEX, Puertos y Costas, Ramón Iribarren. Análisis de soluciones para la modificación de las obras de encauzamiento en la desembocadura del río Segura, Guardamar, Alicante. Informe no publicado.
- Ernie R. Lewis & Stephen Schwartz E, 2005. Sea Salt Aerosol Production: Mechanisms, Methods, Measurements, and Models. A Critical Review. Geophysical Monograph Series, Volume 152, 413 pages, hardbound.
- Escarré A, Baeza E, Bañuls F.J. Jimeno Ortiz T, Lledó M.J & Moya B. 1997-1998. Departamento de Ecología U de Alicante. Experiencias para la mejora de las masas forestales. Programa de investigación y desarrollo en relación con la restauración de

- la cubierta vegetal. Centro de estudios ambientales del mediterráneo, Informe de seguimiento anual. Departamento de ecología de la Universidad de Alicante.
- Escarré A, Baeza Eva, Bañuls F.J. Jimeno Ortiz Teresa & Lledó M. J, Moya Beatriz. 1996. Departamento de Ecología U. de Alicante. Experiencias para la mejora de las masas forestales. Programa de investigación y desarrollo en relación con la restauración de la cubierta vegetal. Centro de estudios ambientales del mediterráneo, CEAM.
- Escarré A, en Terradas J, Prat N, & Margalef, Ramón. 1989. Historia natural dels Països Catalans, capítulo 3.5 del tomo 14, pp. 290-300. Enciclopedia Catalana. Fundació Enciclopedia Catalana, Diputació de Barcelona.
- Escarré A, Lledó M.J. Bernabé A, Jiménez- Ortiz T, Ortiz F, Abad N, Aldeguer M, Collado F, Martí R, Quintana A, Vallejo R & Vizcaino A. 2001. La restauración de ecosistemas dunares. Departamento de Ecología, Universidad de Alicante. Oficina Técnica Devesa-Albufera, Ayuntamiento de Valencia. Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona.
- Escarré A, Martín J & Seva E. M. 1989. Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante, Instituto de Cultura Juan Gil Albert, Diputación Provincial de Alicante
- Estevez A & Pina J A. 1989. Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante, Capítulo II. Instituto de Cultura Juan Gil Albert, Diputación Provincial de Alicante.
- Estudio de la dinámica litoral en la costa peninsular mediterránea y onubense, provincias de Murcia y Alicante. Laboratorio de Puertos "Ramón Iribarren", Restitución fotogramétrica de las líneas de playa, y memoria, Dirección General de Puertos y Costas, Subdirección General de Ordenación y Programación, año 1979. Vuelo realizado y restituido por Aerogram S.A, C/ Maldonado 13, Madrid 6
- Estudio sobre las características bionómicas y cartografiado del bentos en el litoral entre el cabo de Santa Pola y el Mojón, Alicante. Planos y perfiles bionómicos. Tecnología Ambiental. Consellería d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Generalitat Valenciana, Direcció General de Producció agraria i Pesca. Octubre 1994.
- Evaluación de Impacto Ambiental, Real Decreto Legislativo RDL 1302/1986 de 28 de junio. BOE n. 155 de 30/6/1986.
- Fay P.J. & Jeffrey D.W, 1992. The foreshore as a nitrogen source for marras grass Trinity Collage, Dublín, Ireland. Coastal dunes, Carter y otros. Balkema, Róterdam.
- Fay PJ. &. Jeffrey D.W, 1992. The foreshore as a nitrogen source for marram grass. Trinity College. Dublin. Ireland. Coastal Dunes. Carter, Curtis & Sheehy-Skefington (eds). The foreshore as a nitrogen source for marram grass. Balkema, Rotterdam.
- Fernández Rodríguez, T. R, 1995. Varias publicaciones en RAP, y REDA. Otras publicaciones como Manual de Derecho Urbanístico, Publicaciones Abella, Madrid.
- Fischer, R.A. & Neil C. Turner A, 1978. Rev Plant Physilogi. División of Plant Industry, CSRIO, P.O. Box 1600, Camberra City, 2601, Australia.
- García de la Cruz J. R, 1996. Informe sobre la situación de los montes Dunas de Guardamar y Elche. Generalitat Valenciana, Consellería de Medio Ambiente, Dirección Territorial de Alicante.

- García E. 2003. Estimación de la humedad volumétrica en suelos arenosos utilizando tensiómetros Watermark. Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, España.
- García Novo F. et al, 1997. The ecology and conservation of european dunes. Universidad de Sevilla, Secretariado de publicaciones.
- Gichuki NN, Oyieke HA & Ndiritu GG, 2001. Assessment and monitoring of wetlands for conservation and development in dry lands: A case study of Kajiado District, Kenya. Centre for Biodiversity, National Museums of Kenya, PO Box 40658 Nairobi, Kenya.
- Gómez Sanchiz F. I, 2007. Dinámica litoral de la playa de El Pinet (Elche). Estudio geomorfológico y sedimentológico. Trabajo Fin de Carrera, Ingeniería Geológica, Universidad de Alicante.
- Gómez Serrano, M.A, Domingo Calabuig, J. & Mayoral Garcia- Berlanga O, 1998. Vegetación litoral y cambios en el paisaje de la provincia de Castellón. Ayuntamiento de Castellón.
- González Prats A & Ruiz Segura E, García Menargues A, 1999. La Fonteta, 1996-1998, Exposición monográfica, II Seminario Internacional sobre temas fenicios, Edita área de Prehistoria de la Universidad de Alicante.
- González Prats A, E. Ruiz Segura & García Menargues A, Febrero de 1997. Revista de Arqueología, nº 190, Zugarto Ediciones, S. A, Madrid.
- González Prats A, Ruiz Segura E. & García Menargues A, Febrero de 1997. Revista de Arqueología, nº 190. Zugarto Ediciones, S. A, Madrid.
- González Prats A. & A. García Menargues, 1998. I Seminario Internacional sobre temas fenicios. Edita área de Prehistoria de la Universidad de Alicante.
- González Prats A. & García Menargues A. 1997. La colonización fenicia en el tramo final del río Segura, Revista Alquibla nº 3.
- Gonzalez-Varas I, 1995. El acto del deslinde: efectos y naturaleza jurídica.
- Gonzalez-Varas I, 1995. El deslinde de las costas. Edit Marcial Póns, Ediciones jurídicas S. A, Madrid.
- Gras, M. J, de Luis M, Sánchez J.R, Bonet, A & Raventós J, 2000. Situación actual de pinares en dunas costeras del litoral de la Comunidad Valenciana, I Congreso.
- Gregory P. Cheplick & Timothy P. White, 2002. Saltwater spray as an agent of natural selection: no evidence of local adaptation within a coastal population of *Triplasis purpurea* (Poaceae) Department of Biology, The College of Staten Island, City University of New York, Staten Island, New York 10314 USA.
- Greipson Sigurdur, 2002. Coastal dunes. Handbook of Ecological Restoración. Universidad de Cambrigde. Editado por Martin R.
- Guía de los lagos y humedales de España ,Casado & Santos y Montes C, de 1995. J.M. Reyero Editor.
- Gutierrez Lloret S, Moret P, Rouillard P, & Sillieres P. 1991. Le peuplement du bas Segura de la protohistoire au moyen age, prospections 1989- 1990. Lucentum XVII- XVIII.
- Gutierrez Lloret, S, Moret, Pierre, Rouillard, Pierre & Sillieres, P, Le peuplement du bas Segura de la protohistoire au moyen âge, prospecciones 1989- 1990. Lucentum XVII- XVIII, 1998- 1999.

- Hesp Patrick A, 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. Schol of Earth Sciencies, Macquarie University, N. Ryde, Sydney, Australia.
- Humedales y ramblas de la Región de Murcia, Vidal-Abarca, M.R, Esteve M.A. & Suarez, M.L, 2003. Dirección General del Medio Natural, Región de Murcia.
- Ibérico de Ecología, AEET, Santiago de Compostela, septiembre 2000.
- Impacto Ambiental, Ley. Ley valenciana, 2/1989, de 3 de marzo, DOGV, nº 1021, de 8 de marzo.
- Impacto Ambiental, Reglamento para la ejecución de la Ley de la Generalitat Valenciana 2/1989, de 3 de marzo. Decreto 162/1990, de 15 de octubre, DOGV, nº 1412, de 30 de octubre de 1990.
- Indicadores ambientales. Año 2000. Una propuesta para España. Secretaría General de MA. Jiliberto Herrera R, Mantelga López M.D, Sunyer Lachiondo C, García Luna M.M & Álvarez- Arenas Bayo M. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. MMA.
- Informe de la Dirección Territorial de la Consellería de Medio Ambiente de Alicante, sobre la situación de los montes dunas de Guardamar y Elche. Abril de 1996.
- Inventario Nacional de las Zonas Húmedas. Real Decreto 435/04, de 12 de marzo, BOE 25/03/04, por el que se regula.
- Jaenicke R, Marzo de 1978. The role of organic material in atmospheric aerosols. Max-Planck-Institut, Saarstr. 23, D-65 Mainz, Fed. Rep. of Germany. Pure and Applied Geophysics. Volumen 116.
- Kahl W, Madrid, 1996. La conservación del medio ambiente y el derecho de la propiedad en Alemania, en Propiedad, Expropiación y Responsabilidad. La garantía indemnizatoria en el Derecho Europeo y comparado, Tecnos, pag 755 a 788.
- Klocke Norman L & Hergert Gary W, electronic version issued December 1996. How soil holds water. Instituto de agricultura y recursos naturales. University of Nebraska Cooperative Extension educational programs abide with the non-discrimination policies of the University of Nebraska-Lincoln and the United States Department of Agriculture. Publicado en noviembre de 1990.
- Koerselman W, 1992. The nature of nutrient limitation in Dutch dune slaks. Kiwa N V, Nieuwegein, Netherland. Coastal dunes, Carter y otros en Balkema, Róterdam.
- Kumler, M.L. Tokyo 1997 Critical environmental factors in dry coastal ecosystems, (Manuscrito completado en julio de 1987. Revisado por E. van der Maarel, en agosto de 1995), Ecosystems of the World.
- La Ley de gestión de las zonas litorales de EEUU, 1972.
- Latour Brotons, J. 1985. El Cardenal Belluga y sus Pías fundaciones”, Estudios sobre el Cardenal Belluga, Edición de Cremades Griñán, C Mª, Murcia, Alfonso X El Sabio,
- León Closa, T, Aportación al estudio de la colonización de la Vega Baja del Segura, Anales de la Universidad de Murcia, 1962-63, volumen XXI, nº 3-4.
- Ley Cambó de 24 julio 1918, España.
- Ley de Costas 22/1988, de 28 de julio, de España.

- Ley de Ordenación, protección y revalorización del litoral 2/1986, de 3 de enero, en Francia.
- Ley de Protección de Embalses y Zonas Húmedas de la CC.AA. de Madrid, 7/1990, de 28 de junio.
- Ley de Puertos Deportivos, 35/1969, de 26 de abril de 1.969.
- Ley del Suelo de 9 de abril de 1976, España.
- Ley del Suelo, de 1.956, España.
- Los humedales de la Región de Murcia, Claves para su interpretación, Vidal-Abarca M.R, Esteve M.A, Suarez M.L, Robledano F. & Gómez R. 2003, Dirección General del Medio Natural, Región de Murcia.
- Lovett, RF. Quantitative measurement of airborne sea-salt in the North Atlantic, *Tellus*, 30, 358- 363, 1978. Moorthy, KK, SK Satheesh, and BVK Murthy.
- Lledó Solbes M.J, Escarré Esteve A, Sánchez Montahud J.R, Aldegue Sánchez M, Bernabé Picó A, Llorca Camarasa M, Blasco Marhuenda A, Garcia Apaza E & Romero Castellanos L. F. 2003. Programa de investigación y desarrollo en relación con la cubierta vegetal, CEAM – GV. Reunión de coordinación en Guardamar del Segura.
- Malloch, A. J. C. 1997. Influence of salt spray on dry coastal vegetation, Chapter 23, Editado por Hedy van der Maarel. Departamento de Ecological Botany. *Ecosystems of the World 2c. Dry Coastal Ecosystems. General aspects.* Elsevier Science BV. Amsterdam, The Netherlands.
- Mamolos, A.P, D.S.Veresoglou, & N.Barbayiannis, 1995. Plant species abundance and tissue concentrations of limiting nutrients in low-nutrient grasslands: a test of competition theory. *J. Ecol.* 83: 485-495. Ref ID: 2504.
- Mamolos, A.P, G.K. Elisseou, & D.S.Veresoglou, 1995. Depth of root activity of coexisting grassland species in relation to N and P additions, measured using nonradioactive tracers. *J. Ecol.* 83: 643-652. Ref ID: 1912.
- Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales. Coordinadora: Cristina Danés Castro, 2005. Ministerio de Medio Ambiente.
- Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales. Puig Infante, Alejandra y otros. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica. Madrid 2005.
- Mapa del siglo XI, en el que se dibuja la costa con la desembocadura de los ríos Vinalopó y Segura. Autor desconocido.
- Margalef R, *Ecología*, ediciones Omega 1974, 951 pág.
- Margalef R. 1955. Los organismos indicadores en la limnología. Madrid Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- Margalef R. 1983. *Limnología*. Editorial Omega.
- Martín J & Seva E. 1989. Proyecto de restauración de la primera línea de dunas en las playas del Rebollo y La Marina (Elche- Guardamar). Universidad de Alicante, Departamento de Ciencias Ambientales. Informe no publicado.

- Martín-Cantarino, C. 1994. Ecología de los coleópteros Tenebrioniidae en un ecosistema de dunas costeras de la provincia de Alicante. Tesis Doctoral. Dpto. de Ecología. Universidad de Alicante.
- Mason, B. J. 1954. The oceans as source of cloud-forming nuclei. Department of Meteorology, Imperial College, S. W. 7. London. Pure and Applied Geophysics. Vol 36.
- Meco tebar, F. 1998. Deslinde de costas: efectos jurídico-civiles. Edit Tirant lo Blanch, Valencia.
- Mira Botella Francisco. Madrid 1907. Revista de montes.
- Mira Botella, Francisco. Murcia, 10 de mayo de 1903. Revista de montes. Reseña de las dunas de Guardamar. Murcia.
- Mira y Botella, F, Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, tomo IV, memoria 2ª. 1906. Las Dunas de Guardamar, Madrid, Paseo de Recoletos 20, Bajo. Palacio de Biblioteca y Museos Nacionales. Mira y Botella, F, nº 635- 638, pag 361 y siguientes, Reseña de la Dunas de Guardamar, 1903.
- Mira y Botella, F. 3 de mayo de 1914. Dunas de Duardamar, Conferencia con proyecciones dada en el circulo de bellas artes de Murcia.
- Mira y Botella, F. Revista de Montes (1909) XXXIII(767), División Hidrológico-Forestal del Segura. Reseña de los trabajos efectuados hasta fin del año 1907.
- Mira y Botella, Francisco. _Revista de Montes, Madrid 1904, XXVIII (656).
- Mira y Botella, Francisco. _Revista de Montes, Madrid 1905, XXIX (681- 682).
- Mira y Botella, Francisco. _Revista de Montes, Madrid año XXXIII, 1909 (767).
- Moreno Cánoves, A.1990. Régimen Jurídico del Litoral, Ed tecnos.
- Muñoz Hernández, R. & Canales Martínez G. 2000. Las segregaciones municipales en el Bajo Segura. ISBN 84-7908-572-X. Imprime Pictografía S. L, Carril de la parada , 3. Murcia.
- Olf H, J. Huisman & Van Tooren B. F. 1993. Species Dynamics and Nutrient Accumulation During Early Primary Succession in Coastal Sand Dunes. Journal of Ecology. Vol. 81, No. 4 , pp. 693-706.
- Parada, R. 1995. Prólogo a El deslinde de costas, González Varas, Santiago. Edit Marcial Pons.
- Parejo Gamir, R. 1989. Aspectos registrales de la nueva ley de costas. Libro homenaje al profesor José Luís Villar Palasí, ISBN 84-7398-645-8. Universidad de La Rioja.
- Pedraza Gilsanz, J. de 1996. et al, Geomorfología, Principios, Métodos y Aplicaciones. Editorial Rueda.
- Pérez Pérez J, & Aldeguer M. 1990. Pefril longitudinal entre el río Segura y el Canal del Porvenir, Guardamar. Trabajo no publicado.
- Plan Andaluz de Humedales. Resolución de 4 de noviembre de 2002, del Director General de la Red de Espacios Naturales Protegidos y Servicios Ambientales, por la que se aprueba.
- Plan de Defensas contra Avenidas, RDL 4/1987, de 13 de Noviembre.

- Plan de defensas de 1987, frente avenidas en la cuenca del Segura. XX aniversario. Confederación Hidrográfica del Segura, Murcia 2007. CHS, Ministerio de Medio Ambiente.
- Plan Estratégico Español para el Uso Racional de los Humedales. Octubre 2004. Aprobado por la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza de España, que preside la Ministra de Medio Ambiente e incluye a todos los gobiernos autonómicos.
- Plan general de Defensa del Mar y de la Costa (Italia) D.P.R. 616/1977.
- Plan Indicativo de usos del Dominio Público Litoral. Tramo de costa: provincias de Alicante y Castellón. Dirección General de Puertos y Señales Marítimas. Jefatura Regional de Costas y Puertos de Levante. MOP, abril de 1976.
- Plan Territorial Sectorial de Ordenación de Márgenes de los Ríos y Arroyos de la Comunidad Autónoma del País Vasco – Vertiente Mediterránea. Junio 1999.
- Plano de Cantelo, delineado por, 1698, y “recorrido” sobre las memorias de Rodriguez Mendes de Silva. Plano de los Reinos de Valencia y Murcia. Edit en París, calle Relox de Palacio a la Insigna de la Plaza de la Victoria.
- Plano de Etienne Philippe de Pretor, 1773. Desembocadura del río Segura y Vinalopó. Guardamar aparece Como villa de 1^{er} Orden y Orihuela como Obispado.
- Plano del Regni Valenciae Tábula, and originalia. 1792. D. T. López. Norimbergae Hormann.
- Pliegos de condiciones para instalaciones temporales de verano, dictadas por el Ministerio de Agricultura, Patrimonio Forestal del Estado, a través del Servicio Hidrológico Forestal, en el año 1.967.
- Prat N. Volumen 21, 2002. El proyecto Guadalmed. Limnética, Asociación española de limnología.
- Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos (microalgas bentónicas). MMA, Confederación Hidrográfica del Ebro, octubre de 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.
- Protocolos de muestreo y análisis para Fitoplancton. MMA, Confederación Hidrográfica del Ebro, octubre de 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.
- Protocolos de muestreo y análisis para Ictiofauna. MMA, Confederación Hidrográfica del Ebro, octubre de 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.
- Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados bentónicos. MMA, Confederación Hidrográfica del Ebro, octubre de 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.
- Protocolos de muestreo y análisis para Macrofitos. MMA, Confederación Hidrográfica del Ebro, octubre de 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua.
- Pueyo, J. J, Aravena, R, Chong G, Vega, M, & Taberner C, 2001. Isotopic compositions of sulfates and nitrates from the Chilean nitrate deposits: Evidence for concentration and fractionation of parental brines. III South American Symposium on Isotope Geology, Extended Abstract Volume (CD), Sociedad Geológica de Chile, Santiago.

- Quinn PK, Coffman DJ, Hamilton MJ, Kapustin VN, Bates TS & DS Covert. 1999. Chemical and Optical Properties of Marine Boundary Layer Aerosol Particles During ACE 1. Laboratorio ambiental marina pacífico, NOAA, Seattle, WA, los E.E.U.U.
- Ranwell, D.S. 1975. Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes. Chapman and Hall, London.
- Raventós J, M. De Luís, M.J Gras, Katarina Cufar, J.C. González-Hidalgo, A. Bonet & Sánchez J.R. 2001. Growth of *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* as affected by dryness, marine spray and land use changes in a Mediterranean semiarid ecosystem. Universidad de Alicante. *Dendrochronologia* 19 (2).
- Recopilación de valores faunísticos asociados a humedales de zonas áridas, Esteve M.A. & Robledano F, 2003, Dirección General del Medio Natural, Región de Murcia.
- Recursos naturales de la región de Murcia, un análisis interdisciplinar, Esteve M.A. y otros, 2003. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/85, de 2 de agosto, de Aguas. Real Decreto 849/86, de 11 de abril, por el que se aprueba.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico, modificación del. Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. BOE de 16 de enero de 2008.
- Reinke, N. Voßnacke, A, Schütz, WKoch, M.K. & Unger H. Aerosol generation by bubble collapse at ocean surfaces. Department for Nuclear and New Energy Systems (NES), Ruhr University Bochum (RUB), Bochum, Germany; 2 Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), Institut für Reaktorsicherheit (IRS), Karlsruhe, Germany, 2001.
- Revista de Arqueología nº 190, febrero de 1.997. Gonzalez Prats, A, García Menargues, A. & Ruiz Segura, E.
- Rigual Magallón, A, 1972. Flora y vegetación de la provincia de Alicante, Instituto de Estudios Alicantinos, Diputación Provincial de Alicante.
- Romero Castellanos L. F. Estudio de los flujos hídricos en las dunas de Guardamar del Segura, tesis doctoral, fecha de lectura de la tesis 24/05/2007. Área de conocimiento según UNESCO: Ecología vegetal.
- Romero Castellanos, L F, 2004. Los pinares costeros y la vegetación psamofítica: Análisis de sus procesos hidrológicos y propuesta de integración en una restauración en mosaico. Programa de investigación y desarrollo en relación con la cubierta vegetal. Universidad de Alicante. Departamento de Ecología.
- Royo Vilanova. 1936. RAP, Derecho administrativo. Madrid
- Sanchez Blanco, A. 1979. La afectación de bienes al dominio público, Publicaciones de la Universidad Sevilla.
- Sánchez Pérez A. J. & Alonso de la Cruz, R del C, 1999. Revista Alquistal nº 5, La ciudad fenicia de Herna (Guardamar del Segura, Alicante).

- Sanjaume E. & Pardo J, 1992. The dunes of the Valencian coast (Spain): Past and Present. Departament of Geography. University of Valencia, Spain. Coastal dunes, Carter y otros, Balkema, Róterdam.
- Sanjaume Saumell, E, 1985. Las costas valencianas. Sección de Geografía, Universidad de Valencia.
- Saxton, K. E, Rawls, W. J, Romberger, J. S. & Papendick, R. I, 1986. Estimating generalized soil water characteristics from texture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50(4):1031-1036. Revisado febrero 2003.
- Saxton, K. E, Rawls, W. J, Romberger, J. S. & Papendick, R. I, 1986. Estimating generalized soil water characteristics from texture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50(4):1031-1036. Revisado febrero 2003.
- Schemenauer and Cereceda A, november 1994. Proposed Stand Fog Collector for use in High-Elevation Regions, Ecology, publicada por Ecological society of América and the Duke University of América.
- Sedimentación y reconocimiento batimétrico en embalses de la cuenca del Segura. CEDEX. Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos, MOPU, 1976, 1977, 1979, 1983, 1984 y 1985.
- Sentencia de 12 de enero del 2001. Deslinde de los bienes de dominio público marítimo-terrestre tramo de costa en términos municipal de Elche. de la Audiencia Nacional, sala de lo Contencioso - Administrativo, Sección Primera. Deslinde de Arenales del Sol.
- Sentencia de 29 de junio del 2001, de la Audiencia Nacional, sala de lo Contencioso - Administrativo, Sección Primera. Deslinde en una zona con arena pero con aparente discontinuidad.
- Sentencia de 30 de abril de 1999, sala de lo Contencioso - Administrativo, Sección Primera, de la Audiencia Nacional. Deslinde de Arenales del Sol.
- Sentencia de nueve de marzo del 2001, de la Audiencia Nacional, sala de lo Contencioso - Administrativo, Sección Primera. Deslinde de Arenales del Sol.
- Sentencia del Tribunal Supremo de 21 de octubre de 1993. Deslinde en zona marítimo terrestre. Deslinde de un tramo de costa en la margen derecha de la ría de Limpias.
- Sentencia del Tribunal Supremo, de 21 de julio de 1994. Deslinde de ZMT en el Guadalquivir, en el brazo de los Jerónimos, término municipal de Puebla del río.
- Sentencia del Tribunal Supremo, Sala de lo Contencioso Administrativo, de 24 de octubre de 2001. Playa de Berria en Santander, con nulidad del deslinde por infracción grave de las normas.
- Sentencia del Tribunal Supremo, sala de lo Contencioso Administrativo de dieciséis de abril de dos mil tres, dictada en Recurso de Casación, 3349/1997. Salinas de Calpe.
- Sentencia del TS de 31 de marzo de 1998, de la sala 3ª de lo Contencioso-Administrativo. Marismas Ibiza y Formentera Ramsar.
- Sentencia del TS, de la Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección 5ª, de 18-2-1999, recurso de Casación núm. 365/1993. Huelva, contra el ayuntamiento de Cartaya, por autorizar vivienda con afección a la ZMT.

- Sentencia del TS, Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección 3ª, de 11-11-1999, recurso de Apelación núm. 11294/1991. Deslinde de la ZMT en Agüimes, Gran Canaria.
- Seva, E, 1982. Taxocenosis de lacértidos en un arenal costero alicantino. Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, Tesis doctoral.
- Shan Hsin-Yu, 2003. Soil moisture and groundwater recharge. Departamento de Ingeniería civil de la National Chiao Tung University.
- Shelly Cole, E, & Bruce E, 2002. Mahall.Growth responses to soil nutrient heterogeneity of a coastal shrub. Department of Ecology, Evolution, and Marine Biology, University of California Santa Barbara, Santa Barbara, California 93106, USA.
- Singh K.K, Nisha Mendiratta & Rathore L.S, 1985. Soil moisture prediction under maize in sandy loam. National Centre for Medium Range Weather Forecasting, DST,Mausam Bhavan, Lodi Road, New Delhi 110 003, India.
- Sondeo nº 1, situado en puente en la C.N. 332, sobre el nuevo cauce del Segura, en Guardamar del Segura, Alicante, marzo de 1991. Reconocimiento geotécnico, trabajo de Campo, MOPU.
- Sondeos de la CHS, 2005-2007. Obras de emergencia para paliar los efectos de la sequía, del MMA, Dirección General del Agua.
- Sondeos puente en CN- 332. Guardamar del Segura, Alicante. Ensayos de laboratorio, sondeo nº 1. Madrid, abril de 1991. Geomat, Alcalá de Henares, Madrid. MOPU.
- Soria Jesús M, Alfaro P, Estévez A, Delgado J & Durán J, 1999. Tasas de sedimentación durante el Holoceno, en la cuenca del Bajo Segura: implicaciones eustáticas. Boletín de la Sociedad Geológica de Francia nº 3.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, 1998. American Public Health Association.
- Suecia. Código medioambiental –Miljöbalken-, junio de 1998. Sustituye 15 leyes de carácter medioambiental. Uno de sus capítulos corresponde a la protección de las zonas naturales valiosas, entre ellas la ribera del mar.
- Terradas, J, 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. Editorial Omega, Barcelona.
- Texto refundido de la Ley de Aguas. Real Decreto 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento General para Desarrollo y Ejecución de la Ley de Costas, 22/1988, de 28 de julio. Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre.
- Transporte litoral y segregación longitudinal de sedimentos en las playas, CEDEX, 1987. Dirección General de Puertos y Costas, informe oficial no publicado.
- Ulrich S, 1992. Coastal plant communities of Latín América. Academia Press, Inc, Harcourt Brace Jovanovich. San diego, California.
- Valk, A. G. van Der, 1.974. Mineral cycling in coastal foredune plant communities in cape Hatteras national seashore, Ecology publicada por Ecological society of América and the Duke University of América, Mannaging Editor, Crawford G. Jackson Jr.
- Vera Fernandez-Sanz A, 1980. La ordenación de playas y otros espacios costeros, REDA nº 27.

- Verdier, B, 1982. Coloquio hispano-francés sobre espacios litorales. Responsable de la SATEL, Societé d'Amenágement Touristique du Département des Landes.
- Versos 450 a 470. Rufo Festo Avieno, poeta latino del S IV d.C.
- Vladimir N. Kudryavtsev. On the effect of sea drops on the atmospheric boundary layer. Journal of Geophysical Research, vol. 111, 2006. Nansen International Environmental and Remote Sensing Center (NIERSC), Saint-Petersburg, Russia.
- Vuelo COPUT, Generalitat Valenciana, Esc 1:10.000, TOPYCAR, febrero 1987.
- Vuelo MOPT, Dirección General de Puertos y Costas. Deslinde del dominio público marítimo-terrestre. Escala 1:5.000. Vuelo realizado en marzo de 1989. Cartografía realizada por CYS. Fotos color.
- Vuelo MOPT, Dirección General de Puertos y Costas. Deslinde del dominio público marítimo-terrestre. Esc 1:5.000. Vuelo realizado en marzo de 1989. Cartografía realizada por CYS. Planos restituidos.
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Elche, Febrero de 1.997. Esc 1:5.000. Plano restituido.
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Elche, marzo de 1984. Esc 1:5.000. Foto aérea. Cartografía realizada por Cartogesa.
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Guardamar, 1982. Esc 1:5.000
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Guardamar, mayo 1996. Esc 1:5.000, Digicart SL, Alcoy.
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Sta Pola. Julio de 1996. Esc 1:5.000
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Sta Pola. Noviembre de 1.980. Esc 1:5.000. Plano restituido.
- Vuelo para la revisión del PGMOU de Sta Pola. Noviembre de 1.980. Esc 1:5.000. Foto aérea.
- Vuelo Ruíz de Alda, CHS, año 1929/ 1930.
- Walmsley Jhon L. & Robert S. Schemenauer, 1996. A method for Estimating the Hydrologic Input from Fog in Mountainous Terrain, ECOLOGY, publicada por Ecological society of América and the Duke University of América, december.
- Wu, Jin, 2002. Jet Drops Produced by Bubbles Bursting at the Surface of Seawater Journal of Physical Oceanography. Institute of Hydraulic and Ocean Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.
- Zhao, Dongliang ,Toba, Yoshiaki, Sugioka, Ken-ichi & Komori Satoru, 2006. New sea spray generation function for spume droplets. Journal of Geophysical Research, vol. 111.

Reunido el Tribunal que suscribe en el día de la fecha acordó otorgar, por
a la Tesis Doctoral de Don
la calificación de

Alicante de de

El Secretario,

El Presidente,



Universitat d'Alacant
UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Comisión de Doctorado
Universidad de Alicante

La presente Tesis de D. _____ ha sido
registrada con el nº _____ del registro de entrada correspondiente.

Alicante ___ de _____ de _____

El Encargado del Registro,