

CRECIMIENTO URBANO Y CONSERVACIÓN DE FLORA AMENAZADA: APLICACIONES CARTOGRÁFICAS EN EL CASO DE *HELIANTHEMUM CAPUT-FELIS* BOISS

Juan Antonio Marco Molina, Pablo Giménez Font
Ascensión Padilla Blanco y Ángel Sánchez Pardo
MEDSPA
CIBIO - Universidad de Alicante
Apdo. de Correos 99. 03080. Alicante
pablo.gimenez@ua.es

RESUMEN

La aplicación de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en el seguimiento de especies vegetales de flora catalogada como rara, endémica o amenazada, ha permitido obtener una base de datos georreferenciada de las poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss. La información, adquirida mediante un intensivo trabajo de campo, permite elaborar una cartografía de detalle útil para conocer sus principales amenazas, encabezadas por el crecimiento urbano. Mediante un análisis espacial se realiza un seguimiento de la dinámica de estas poblaciones en un sector concreto de su área de ocupación, que incluye una prospectiva de las áreas que desaparecerán en caso de ejecutarse el planeamiento urbano. Finalmente se reflexiona sobre la utilidad del método presentado.

Palabras Clave: Crecimiento urbano, flora amenazada, cartografía, *Helianthemum caput-felis* Boiss.

ABSTRACT

The Geographic Information Technologies (GIT) application for the follow-up of vegetable species of flora catalogued like rare, endemic or threatened allows obtaining a georeferenced database of the population of *Helianthemum caput-felis* Boiss. This information, obtained in an intensive field work, let to elaborate cartography of detail that it is very useful to know its principal threats as the urban development. Since across a spatial analysis, it is realized the follow-up of the dynamics of these populations in a sector into its occupation area which includes a prospective about what areas will be eliminated if the urban planning currently in force is executed. Finally, it is reflecting on the utility of this method.

Key Words: Urban growth, threatened flora; cartography; *Helianthemum caput-felis* Boiss.

1.- INTRODUCCIÓN

La riqueza florística de la cuenca del Mediterráneo viene determinada por la participación de diversos factores –naturales y antropogénicos– que hacen de esta región uno de los “lugares críticos de biodiversidad” del planeta (Myers *et al.*, 2000). Las migraciones de especies vegetales a lo largo de la historia biogeográfica, las condiciones climáticas particulares, la diversidad litológica, entre otros factores, la disposición estructural del relieve o la configuración de su red hidrográfica

explican la gran variedad de especies vegetales y, lo que es más importante, un elevado número de endemismos de diferente rango geográfico. Pero también el intenso y antiguo proceso de humanización, especialmente importante en los espacios litorales, explica el elevado número de especies consideradas raras y con distintos grados de amenaza (Lavergne *et al.*, 2005)

La intensificación en el aprovechamiento del suelo y los recientes cambios en la ocupación del mismo han incrementado enormemente los grados de

amenaza de multitud de especies y la consiguiente pérdida de fitodiversidad. Especialmente en los espacios litorales se ha concentrado un proceso urbanizador vinculado al sector turístico que está basado en un modelo de elevada concentración espacial y temporal de la demanda que, además, se caracteriza por su rapidez de consolidación, descontrol en la ocupación del suelo y despreocupación por los valores naturales (Such y Padilla, 2001). Estos factores convierten al proceso urbanizador en la principal causa de homogeneización ecológica del Mediterráneo (McKinney, 2006), tanto por la total erradicación física de especies como por la fragmentación y destrucción de sus hábitats (Lindenmayer y Fischer, 2006).

En el caso analizado en el presente estudio, la cistácea *Helianthemum caput-felis* Boiss., (jarilla cabeza de gato), es especialmente sugerente porque reúne toda la problemática descrita hasta aquí. Se trata de una especie característica del Mediterráneo occidental que se localiza en la costa oriental de la Península Ibérica (litoral septentrional y meridional de la provincia de Alicante), Baleares, Cerdeña, Italia, Argelia y Marruecos (Agulló *et al.*, 2009). Su distribución, ceñida a los espacios litorales, ha supuesto su catalogación como "vulnerable" según criterios UICN y su protección específica bajo distintas figuras de protección de carácter internacional, nacional y autonómico, que han tenido una efectividad reducida.

La primera constancia legal se tiene en 1985, con la orden 20 de diciembre, dictada por la Conselleria de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana (DOGV nº 336), por la que se prohíbe su recolección, salvo con fines científicos, educativos o conservacionistas. Posteriormente, forma parte del listado de flora en el acuerdo del Convenio de Berna sobre la conservación de la vida silvestre europea (1986) y en el Anexo II de la Directiva de Hábitats de la Unión Europea (DOCE nº L 206 de 22 de julio de 1992), por la que se obliga a los estados miembros a crear espacios protegidos en los que estén representados los hábitats de las especies incluidas en él. Es por ello que se inició, en fase de propuesta, la declaración de Lugares de Interés Comunitario (LICs). La trasposición de esta Directiva comunitaria a la legislación española queda reflejada, en parte, en la *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad* (BOE de 14 de diciembre), en la que

la especie queda está incluida en el *Anexo II: especies animales y vegetales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar Zonas Especiales de Conservación*, en el que está resaltada como especie prioritaria. Dichas zonas especiales de conservación derivarán de los LICs propuestos, de manera que, parte de la zona estudiada en este trabajo está incluida en tres: "Sierra de Escalona y Dehesa de Campoamor" donde se incluyen algunas de las poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss.; "Rambla de las Estacas", que coincide con la microrreserva aludida anteriormente; y "Cabo Roig", que fundamentalmente abarca espacio marítimo, ya que el terrestre correspondería al de una microrreserva denominada con el mismo topónimo, que nunca pasó de ser una propuesta (Marco, 2005).

Las microrreservas vegetales constituyen una figura legal de protección a escala de detalle en cuya creación fue pionera, a nivel estatal, Comunidad Valenciana (Padilla y Ramón, 1997; Padilla, 2002). En la actualidad, *Helianthemum caput-felis* Boiss justifica la existencia de la microrreserva de la Rambla de las Estacas, localizada en el área de estudio de este trabajo; con la particularidad de que su población ha pasado de varias decenas de ejemplares a tan sólo uno debido a la gran presión urbanística y turística a la que está sometido este sector¹.

Por otro lado, la especie en cuestión aparece catalogada como "rara" en las claves de flora y como "vulnerable" en la propuesta de Lista Roja de la Flora Vasculosa de la Comunidad Valenciana, en la Lista Roja de la Flora Vasculosa Española (Laguna *et al.*, 1998: 371), así como en el decreto autonómico 70/2009 que regula el catálogo de flora amenazada de la Comunidad Valenciana. En el conjunto del Estado Español, en las distintas fases de elaboración del Proyecto AFA (Atlas de la Flora Amenazada) la planta se catalogó según las categorías de la UICN aprobadas en 1994 como "vulnerable" (criterios/subcriterios A2c, D2) en una Lista Roja de carácter provisional, pues recogía las plantas con riesgo seguro o posible (VV.AA., 2000); categoría de amenaza que se mantuvo en el *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España* (Bañares *et al.*, eds., 2004), aunque todavía no ha sido estudiado su caso particular por no ser considerada como prioritaria hasta el momento. Con todo, la figura de las mi-

¹ Los censos de ejemplares de esta población se remontan a 2001, mientras que fue en 2006 cuando se comprobó, por última vez, la existencia de un único ejemplar.

correservas y los catálogos referidos no cumplen con el objetivo de conservar el hábitat para evitar una pérdida de diversidad genética que pueda, finalmente, comprometer la existencia de esta especie (Agulló *et al.*, 2010). Por último, no hay que olvidar que para cubrir este objetivo resulta imprescindible la gestión de las especies invasoras que, en la Comunidad Valenciana queda regulada por el decreto 213/2009, de 20 de noviembre, del Consell, por el que se aprueban medidas para el control de especies exóticas invasoras (DOGV de 24 de noviembre), en el que se citan algunas de las identificadas como amenazas para algunas poblaciones de la jarilla cabeza de gato del sur de la provincia de Alicante (Marco *et al.*, 2006a).

La implantación de distintas figuras de protección requiere la elaboración, entre otros, de estudios basados en la distribución de taxones, aspecto que ha abierto un nuevo campo de aplicación en el que la representación cartográfica se ha convertido en una herramienta básica de gestión de flora rara, endémica o amenazada. En los últimos años, se ha reflexionado sobre los métodos y escalas más eficaces aunque, de forma generalizada, taxónomos y administraciones implicadas en la conservación y protección de flora han optado por la utilización de técnicas de representación cartográficas adaptadas a distintas escalas de menor precisión e insuficientes.

La cuadrícula UTM permite señalar la ausencia o la presencia de una especie en concreto, con la posibilidad de indicar datos sobre su abundancia o escasez. En este nivel de abstracción, el grado de detalle puede variar sustancialmente si se utilizan distintos tipos de cuadrículas (0,1 x 0,1 km; 1 x 1 km; 10 x 10 km, etc.) (Panareda 2000, García-Abad, 2006; Serra, 2007). Trabajos recientes han reflexionado sobre la validez de esta metodología a gran escala (Salvà *et al.*, 2002; Carretero y Panareda, 2006; Marco *et al.*, 2002 y 2006c, Gaston y Fuller, 2009) y la necesidad de utilizar nuevas aplicaciones tecnológicas con el objetivo de obtener representaciones fiables del área exacta de distribución de taxones con un hábitat restringido. En este sentido, en los últimos cinco años la tecnología GPS se ha posicionado como una herramienta básica en el trabajo de campo, tal y como se extrae de estudios recientes, cada vez más numerosos en España (Bonet *et al.*, 2009; Navarro *et al.*, 2010; Fos *et al.*, 2010). Por lo que al grupo de investigación MEDSPAI respecta, en trabajos anteriores se ha ensayado con éxito las posibilidades ofrecidas por la tecnología GPS con errores submétricos en trabajos de campo de alta intensidad

(Marco *et al.*, 2006a, 2006b, 2006c y 2008; Giménez *et al.*, 2008). Los resultados demuestran que los datos corológicos obtenidos, integrados en un SIG, se convierten en una información de base imprescindible que multiplica sustancialmente las posibilidades de una gestión adecuada de la flora, al relacionarla con diferentes factores de alteración de ejemplares o de hábitat.

En la presente aportación pretendemos reflexionar, concretamente, sobre los cambios en la ocupación del suelo derivados del proceso de urbanización en el sur de la provincia de Alicante, principal elemento de distorsión de las poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss. Reflexión planteada a partir de distintas aplicaciones cartográficas cuyos objetivos específicos son: destacar las posibilidades que ofrece una información cartográfica a escala de detalle tanto sobre la distribución de la especie, como de los usos del suelo y coberturas de vegetación; obtener información sobre las características del hábitat de la planta a través del análisis espacial o cruce de las capas de información; anticipar la reducción del área de distribución de la jarilla mediante la comparación de su área de ocupación con el desarrollo futuro del planeamiento urbanístico vigente; y, plantear las posibilidades sobre su aplicación en el cálculo del área de ocupación.

2.- MATERIALES Y MÉTODO

2.1.- Área de Estudio

La zona de estudio se incluye dentro del área de distribución de *Helianthemum caput-felis* Boiss., en el litoral meridional de la provincia de Alicante que, a su vez, se trata de la localización más occidental y meridional de la Península Ibérica. Se desarrolla entre Cabo Cervera y la Torre de la Horadada, en un espacio de costa de unos doce kilómetros que comprende los términos municipales de Torrevieja, Orihuela y Pilar de la Horadada. Aunque se disponen de datos de la mayoría de ejemplares localizados en este amplio sector, los resultados presentados en este artículo se ciñen, principalmente, al tramo comprendido entre Punta Prima y la Punta de la Glea (Orihuela) (figura 1). Las condiciones ambientales que favorecen la existencia de esta especie vegetal son de carácter climático (termófila) y litológico (substrato calcáreo y pedregoso). Concretamente, se trata de una costa acantilada media caracterizada por la presencia de una costra calcárea de algo más de un metro de espesor que recubre limos y

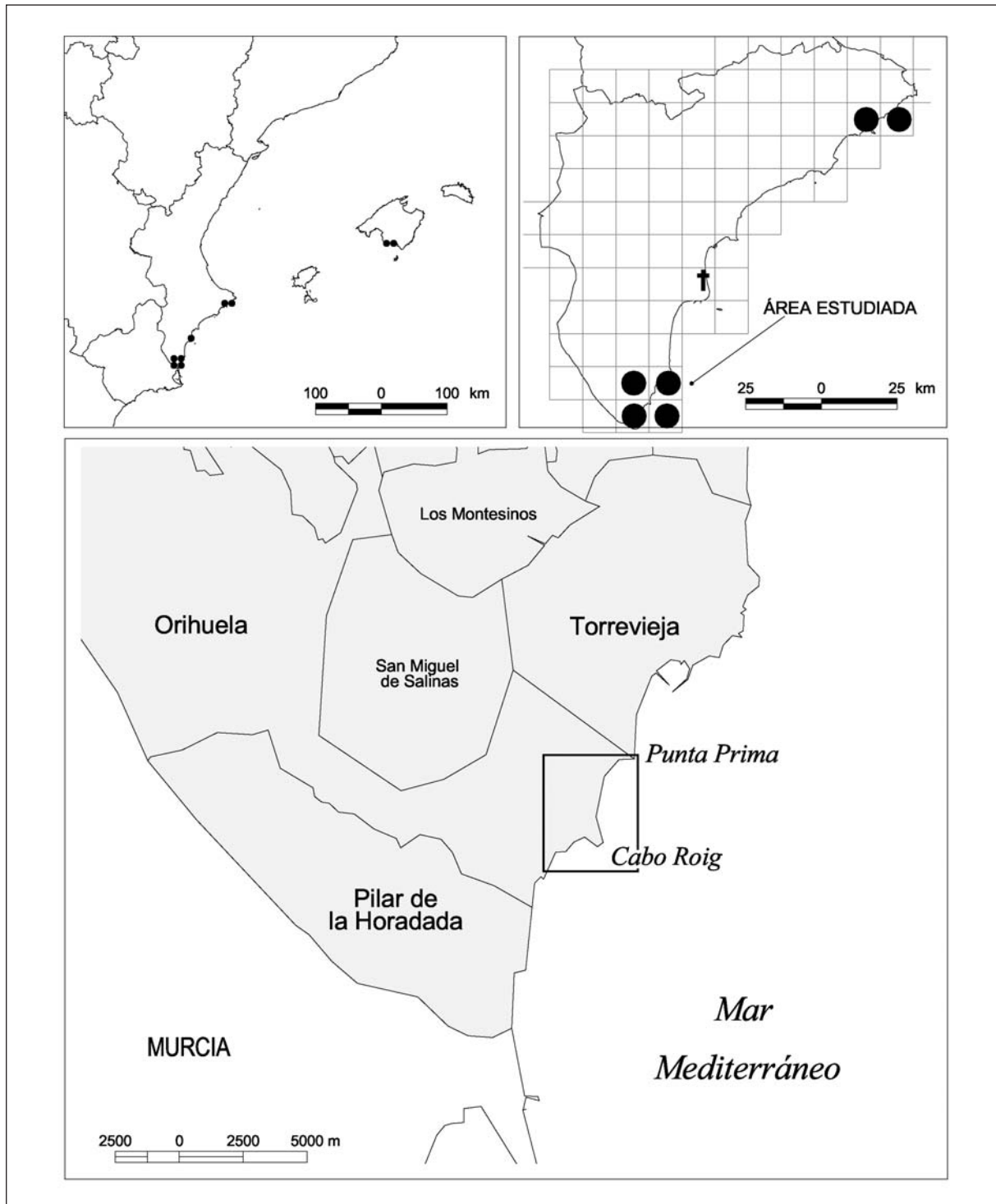


Figura 1.- Localización del área de estudio. En la parte superior, localización de la especie en España, según Mateo y Soler (1994) y Domínguez *et al.* (1994). La cruz indica su extinción, según Serra *et al.* (2000). Elaboración propia.

arcillas rojas. La cistácea aparece tanto en la repisa como en los taludes de material más deleznable, aunque en ocasiones se introduce hasta dos kilómetros hacia el interior, formando parte del dominio de los tomillares termófilos, en los que llega a ser incluso muy abundante y dominante; no en vano, Rigual (1984), llega a definir la

asociación *Sidereto-Helianthemum caput-felis* a partir de inventarios realizados en la Dehesa de Campoamor (Orihuela). Se trata de un aspecto, pues, que permite inferir que el área de distribución potencial de la planta fue mucho más amplia que la actual, antes de que los intensos procesos de cambio de ocupación de suelo, vin-

culados principalmente al desarrollo urbano-turístico desde la década de 1970, diezmaran fuertemente sus poblaciones.

2.2.- Métodos y Técnicas

La información básica utilizada en el presente estudio se origina, principalmente, en la toma de datos in situ mediante un recolector de datos GPS. Durante las campañas de trabajo de campo, realizadas entre 2006 y 2008, se fue ajustando la precisión de los datos obtenidos debido a los rápidos avances producidos en los productos y tecnología GPS. De esta forma, se utilizaron recolectores GPS de tipo submétrico (Geo XT de la serie Geo-Explorer de Trimble) con los que se obtuvieron registros con una media de error en la horizontal que oscila entre 30-60 cm; y, más recientemente, se empleó el modelo GeoXH de la misma marca, con una precisión horizontal máxima con errores por debajo de los 30 cm. Para la captura y gestión de datos en las unidades GPS de campo se manejó el software específico *Terrasync*. En las correcciones diferenciales postproceso se utilizó, en primer lugar, la estación SOPAC Ebro ubicada en Roquetes (Tarragona), incrementándose la precisión de los datos con la puesta en marcha de la estación ubicada en Torrevieja, perteneciente a la red ERVA del Instituto Cartográfico Valenciano. Los procesos de corrección diferencial, planificación de salidas de campo, preparación de archivos de fondo y exportación de los resultados a formato shape de ESRI se realizaron con *Pathfinder Office*.

En las sesiones de trabajo de campo los datos de posición de ejemplares se tomaron de forma puntual o de forma poligonal, cuando la densidad de cobertura era importante. En este último caso se realizó un recuento del número de ejemplares presentes en cada polígono. El tratamiento y análisis de la información recogida se ha llevado a cabo en aplicaciones SIG de carácter vectorial (ArcView 3.x y ArcGis 9.x).

Para cuantificar el área ocupada por los ejemplares tomados de forma puntual, se ha generado una nueva capa de polígonos a partir de agrupaciones de puntos, mediante la digitalización de su perímetro. Para aquellos ejemplares que han quedado aislados tras realizar este proceso geométrico, se ha generado una nueva capa con un buffer estimado de 0,75 m, correspondiente al tamaño medio de los mayores ejemplares observados en la zona. Los tres métodos empleados descritos –polígonos de campo, polígonos digitalizados y *buffers*– han permitido obtener una única capa poligonal (Marco *et al.*, 2008).

Por último, se ha elaborado un mapa de usos del suelo y coberturas de la vegetación del sector analizado a partir de la fotointerpretación de los fotografías aéreas de 1984 (Generalitat Valenciana) y de las ortofotografías digitales correspondientes a los años 2002 y 2005 (Instituto Cartográfico Valenciano). En dicho mapa se han identificado 16 categorías de carácter natural y antropogénico (figura 2). Finalmente, se ha utilizado la cartografía temática de la antigua COPUT (Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte, Generalitat Valenciana), en concreto la información relativa al planeamiento urbanístico.

3.- RESULTADOS

La capa poligonal con la información espacial completa del área de distribución de *Helianthemum caput-felis* Boiss., permite cuantificar, con gran detalle, tanto la superficie como el número de ejemplares. Las posibilidades de una información tan precisa son numerosas. La más inmediata resulta del análisis espacial derivado de cruzar estos datos y la información de los usos del suelo y cobertura de la vegetación. Se presentan los principales resultados obtenidos hasta el momento.

3.1.- Identificación de Amenazas

El trabajo de campo intensivo ha permitido identificar cualitativamente las principales amenazas que afectan a las poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss., como paso previo a la cuantificación de las más importantes y la realización de previsiones de reducción a corto y medio plazo (tabla 1). Los procesos que han supuesto un impacto de consecuencias más negativas son, lógicamente, de origen antropogénico. Principalmente se trata del importante proceso de urbanización y de sus aspectos derivados, como la ordenación del litoral mediante el trazado de paseos marítimos de diversa entidad, el ajardinamiento del frente litoral o el destino de la franja más próxima al cero hidrológico como espacio preferente para el ocio y la recreación. Por otro lado, en las últimas tres décadas se ha ampliado la superficie agraria de dedicación intensiva sobre espacios de monte (Vera y Canales, 1985), ampliaciones que se localizaron, preferentemente, en los tramos altos del Barranco de la Zenia, Cañada de la Cala y afluen-

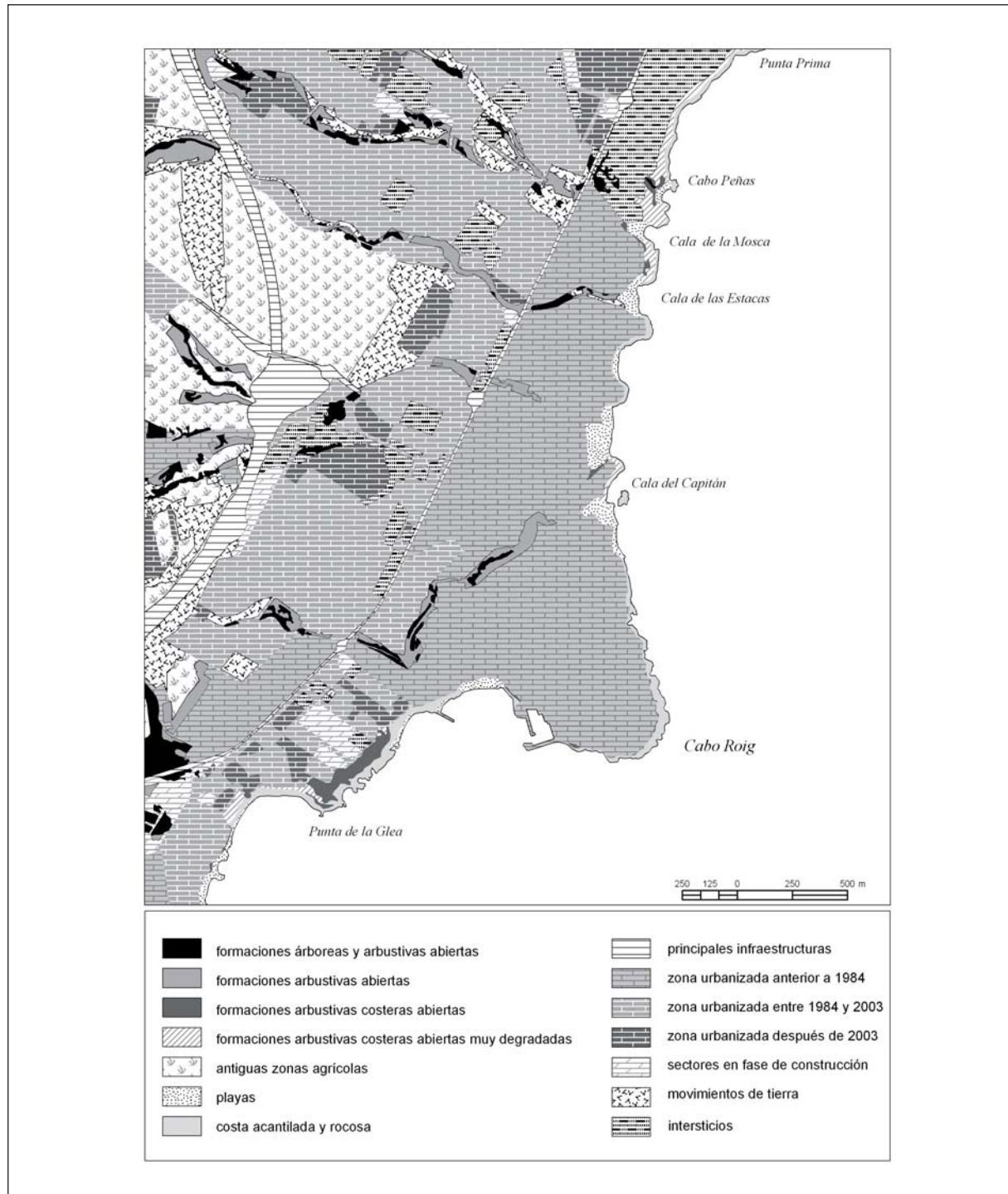


Figura 2.- Mapa de usos del suelo y coberturas de la vegetación, realizado a partir de ortofotografía de 2005 (ICV). Elaboración propia.

tes de la margen izquierda del Río Nacimiento (Vera y Marco, 1988), inmediatamente al oeste de la zona de estudio. Los cambios de usos del suelo derivados de la urbanización, el ocio y la agricultura tienen como consecuencias probadas la eliminación y degradación de poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss., y, asimismo, la

alteración y destrucción de su hábitat. De menor entidad, los procesos naturales con efectos sobre la jarilla y su hábitat pueden dividirse en tres apartados genéricos. El primero de ellos deriva de la propia dinámica geomorfológica ligada a dos de las unidades morfológicas: acantilados y márgenes de cañadas y barrancos, donde desprendi-

AMENAZAS ANTROPOGÉNICAS	
procesos	efectos
Urbanización	-Reducción-eliminación de la especie y su hábitat -Artificialización del hábitat -Fragmentación de las poblaciones -Competencia vegetal con especies exóticas
Ordenación frente litoral: -paseos marítimos -ajardinamientos -accesos a playas	-Reducción-eliminación de la especie y su hábitat -Artificialización del hábitat -Fragmentación de las poblaciones -Competencia vegetal con especies exóticas
Frecuentación (ocio/recreación): -tránsito de vehículos -estacionamiento -pisoteo de personas y animales domésticos	-Degradación de la especie y su hábitat -Fragmentación de las poblaciones -Reducción-eliminación de la especie y su hábitat
Agricultura	-Reducción-eliminación de la especie y su hábitat -Artificialización del hábitat -Fragmentación de las poblaciones
AMENAZAS NATURALES	
Dinámica geomorfológica	-Fragmentación de poblaciones -Fluctuaciones extremas -Reducción-eliminación de la especie y su hábitat
Dinámica vegetal	-Competencia con especies autóctonas -Fragmentación de poblaciones -Reducción-eliminación de la especie y su hábitat
Parasitismo	-Mortalidad de ejemplares

Tabla 1.- Amenazas sobre *H. caput-felis* Boiss., en el litoral sur de Alicante. Fuente: Marco et al. (2006a).

mientos, acarcavamiento y caída de timbes² son responsables de la discontinuidad y fragmentación de las poblaciones, así como de fluctuaciones extremas. Menor importancia parecen tener los procesos relacionados con el parasitismo de especies como *Cuscuta epithimum*, causante de la mortalidad de ejemplares de la jarilla cabeza de

gato, cuyo alcance no ha sido estudiado. Por último, cabe mencionar, a fin de completar este conjunto, que la dinámica vegetal también se vislumbra como un mecanismo de efectos negativos sobre las poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss., ya que el abandono de ciertos aprovechamientos del monte y la casi nula inci-

2 Del catalán *timba*: precipicio, cantil.

dencia de fenómenos como los incendios forestales, contribuyen a una densificación de las formaciones vegetales en determinados ecótopos que terminan por desplazar la especie estudiada.

3.2.- Sobre la Reducción del Área de Distribución

De los resultados anteriores, se conviene que la intensa urbanización ha sido la principal causa de reducción de hábitat de la planta en los últimos 30 años. Una prospección preliminar hace intuir que continuará siendo la amenaza más importante en un futuro próximo. Aspecto que se verifica de inmediato si se superpone la capa de extensión de la especie y la clasificación del suelo del sector estudiado según el planeamiento vigente desde mediados de los años noventa (figura 3) (COPUT,

1998). En este caso, se estima que en torno al 80% de la superficie de jarilla está situada, en la actualidad, sobre espacios clasificados como Suelo Urbanizable. Dato que contrasta con la extensión equivalente sobre Suelo No Urbanizable, donde apenas se supera el 4% del total.

A pesar de lo llamativo de estos datos, no hay que olvidar que esta capa de información procede de una simplificación cartográfica del planeamiento a escala 1:50.000, por lo que su utilidad es manifiestamente insuficiente. Por ejemplo, no discrimina las áreas de suelo de dominio público de cauces y costa, por lo que las cifras aparecen sobredimensionadas; si bien conviene recordar que, en no pocas ocasiones, el Dominio Público Hidráulico de este tramo de litoral alicantino ha sido ocupado completamente (Vera y Marco, 1988). De igual forma, no aparecen representadas algunas



Figura 3.- Clasificación del suelo del litoral sur alicantino según el planeamiento vigente a mediados de los años noventa. Fuente: elaboración propia a partir de COPUT (1998).

zonas ajardinadas donde se encuentra puntualmente la planta y otros casos más llamativos que evidencian la diversidad de situaciones posibles. Sería el caso de un extenso tramo de la Punta de la Glea, donde la zona verde cedida por la urbanización ocupa parte de un acantilado medio y plataforma litoral con una importante población de *Helianthemum caput-felis* Boiss.

Estas deficiencias hacen necesario trabajar con capas de ocupación del suelo que presenten una información acorde al detalle de los datos obtenidos en el campo (figuras 2 y 4). De esta manera, la calidad de los resultados se multiplica sustancialmente.

El Área de Ocupación de la jarilla cabeza de gato en las superficies consideradas como seminaturales ("costa acantilada y rocosa", "playas", "formaciones arbóreas y arbustivas cerradas", "formaciones arbustivas abiertas", "formaciones arbustivas costeras abiertas" y "formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas"), representa el 70% del total de su distribución en el sector estudiado. En este primer grupo destacan fundamentalmente las poblaciones próximas a la costa, ya sea directamente sobre los afloramientos

de costra calcárea de los acantilados y en los taludes de limos, arcillas, gravas y cantos con presencia de algunos tramos encostrados, ya sea formando parte de las formaciones vegetales costeras abiertas. Estas poblaciones se localizan en los tramos situados entre Punta Prima, al norte de la Cala de las Estacas y en Punta de la Glea, siendo este último el de mayor cantidad de ejemplares. En segundo lugar, destaca la presencia de *Helianthemum caput-felis* Boiss., en pinares, maquias y matorrales heliófilos, es decir, en aquellos lugares tradicionalmente incultos dedicados a aprovechamientos de monte. En la actualidad, este tipo de espacios han quedado limitados a márgenes de cañadas y barrancos, así como a interfluvios en los que aflora el caliche o costra calcárea, únicos sectores en los que la especie penetra hacia el interior, como ocurre en el caso de las cañadas de la Cala de la Mosca, de las Estacas y en el barranco de la Zenia. Estos restos de monte inducen a pensar que, al igual que ellos, también se ha reducido el área de distribución de la jarilla cabeza de gato.

Los caracterizados como antropogénicos ("antiguas zonas agrícolas", "principales infraestructuras", "intersticios", "movimientos de tierra",

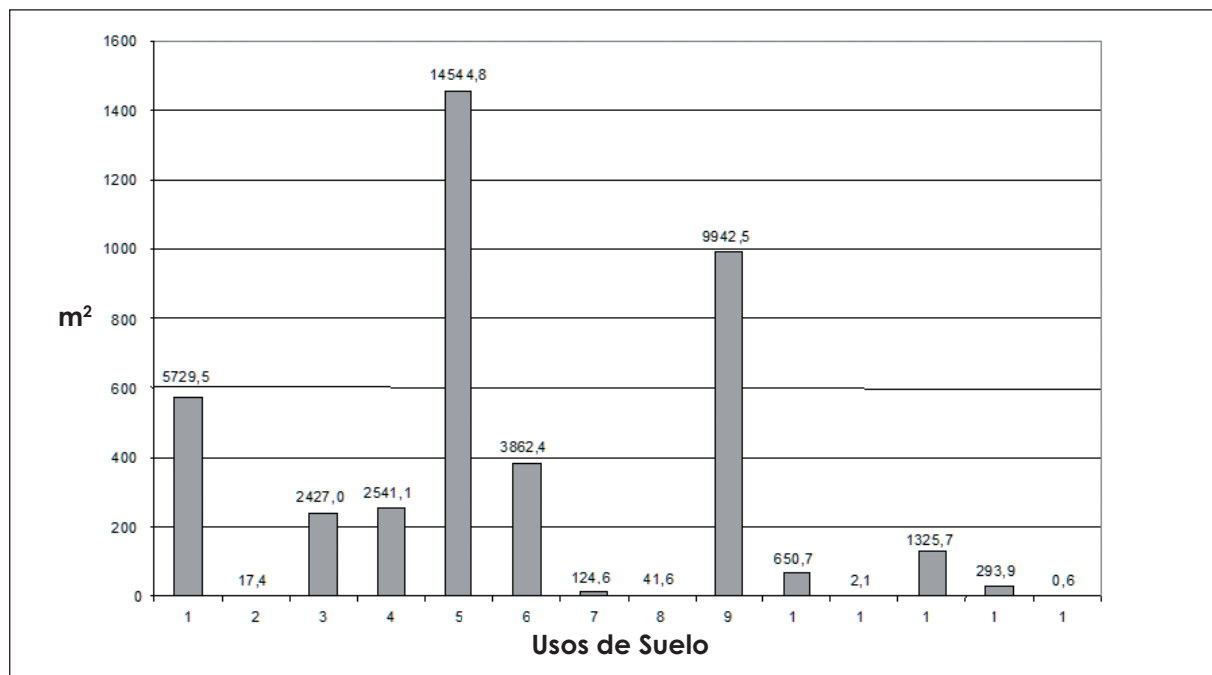


Figura 4.- Distribución del AO de *Helianthemum caput-felis* Boiss., por usos del suelo y coberturas de vegetación. 1. Costa acantilada y rocosa, 2. Playas, 3. Formaciones arbóreas y arbustivas cerradas, 4. Formaciones arbustivas abiertas, 5. Formaciones arbustivas costeras abiertas, 6. Formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas, 7. Antiguas zonas agrícolas, 8. Principales infraestructuras, 9. Intersticios, 10. Movimientos de tierra, 11. Sectores en fase de construcción, 12. Zona urbanizada anterior a 1984, 13. Zona urbanizada entre 1984 y 2003, 14. Zona urbanizada después de 2003.

“sectores en fase de construcción”, “zona urbanizada anterior a 1984”, “zona urbanizada después de 1984” y “zona urbanizada después de 2003”), sólo suponen un 30%, pero requieren dos puntualizaciones. Por una parte, la importante ocupación en los denominados “intersticios” o solares que se localizan tanto próximos a la costa como en el interior. En dichos espacios se mantiene el hábitat óptimo de la planta, caracterizado por formaciones arbustivas abiertas en general, lo que nos aporta pistas de la amplitud del área de distribución potencial de esta especie vegetal. La presencia en las zonas urbanizadas consolidadas se explica por la existencia de pequeñas parcelas que todavía no se han edificado.

El contraste entre el Área de Ocupación estricta de *Helianthemum caput-felis* Boiss., y los usos del

suelo y coberturas de vegetación no sólo permite conocer con exactitud dónde se localizan los ejemplares, sino que facilita una estimación de la superficie que se perdería en caso de desarrollarse el planeamiento vigente (figura 5) (COPUT, 1998). Con este fin, se han agrupado los usos en dos categorías generales:

- Usos del suelo que pueden suponer una reducción del Área de Ocupación, bien por su consolidación urbana actual, bien porque se ejecute el planeamiento. En este grupo se han incluido los “intersticios”, “movimientos de tierra”, “sectores en fase de construcción” (subpoblaciones de inminente desaparición) y todas las zonas urbanizadas. Estas superficies se corresponderían con el 30% del total de la población de *Helianthemum caput-felis* Boiss., en el área estudiada.

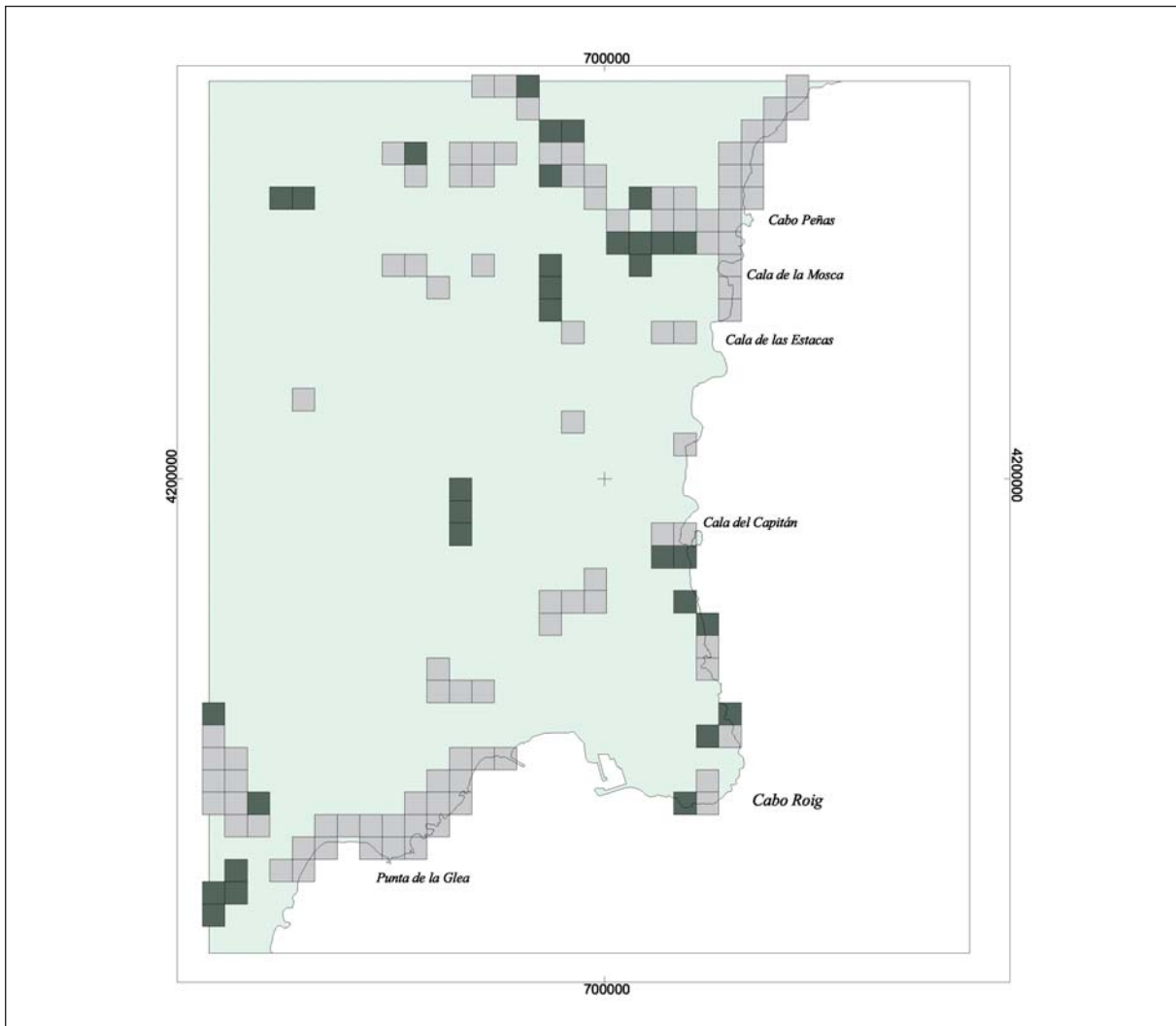


Figura 5.- Previsión de extinción de *Helianthemum caput felis* Boiss., mediante el sistema CUTM de 100 m de lado. Las cuadrículas en gris claro representan la conservación de las especie en caso de desarrollarse el planeamiento urbano. Las cuadrículas oscuras representan su extinción.

- Sectores en los que no hay prevista ninguna ejecución urbanística y que, por lo tanto, serán las zonas de conservación de esta especie vegetal. Se incluyen todos los usos del suelo caracterizados como seminaturales, es decir, "costa acantilada y rocosa", "playas", "formaciones arbóreas y arbustivas cerradas", "formaciones arbustivas abiertas", "formaciones arbustivas costeras abiertas" y "formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas", además de las "antiguas zonas agrícolas". Representa el 70%.

Una vez aplicada la extinción previsible a la capa del Área de Ocupación representada mediante manchas, se ha procedido a realizar dicho cálculo pero a partir de la representación del Área de Ocupación mediante el sistema de cuadrículas de detalle. Se han escogido cuadrículas de 100 m de lado para comprobar, mediante la comparación de resultados, las evidentes mejoras que aporta nuestro método de trabajo. De las 126 cuadrículas que constituyen el Área de Ocupación, *Helianthemum caput-felis* Boiss., continuaría estando presente en 94 de ellas, mientras que desaparecería en las 32 restantes; es decir, que la reducción sería del 25%, frente al 30% utilizando el sistema anterior (figura 5).

4.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Estos resultados parciales permiten reflexionar sobre la validez y la viabilidad del método propuesto.

En primer lugar, supone una aportación relevante al tratamiento del Área de Ocupación de un taxón como aspecto básico para su protección. Las relaciones escalares, en este sentido, son básicas tanto para conocer los aspectos biológicos más relevantes de la planta como para determinar con exactitud la extensión y la naturaleza de las amenazas que la afectan. No obstante, una selección incorrecta de la escala a utilizar, supone el riesgo de exceder los umbrales de categorías de amenaza o influir en evaluaciones de la Lista Roja. En este sentido, la UICN no plantea una metodología concreta, ya que su propuesta deriva, en realidad, del origen y exactitud de los datos de distribución de cada taxón (Standards and Petitions Working Group, 2006; Gaston y Fuller, 2009). En el caso de *Helianthemum caput-felis* Boiss., las estimaciones han sido sustituidas por el recuento de ejemplares, hasta superar los 30.000 censados. Estos muestreos de alta intensidad mejoran ostensible-

mente las técnicas convencionales con las que, aún utilizando cuadrículas de representación de 1 km de lado, se corre el riesgo de catalogar taxones en categorías de amenaza sub- o sobredimensionadas. De esta forma, se comprueba que los cambios de Área de Ocupación de un taxón tienen que ver, en muchas ocasiones, con cambios de resolución.

Las escalas de detalle, como la aplicada con cuadrículas de 100 m de lado, permiten afirmar que las celdas vacías representan verdaderas ausencias –ya sea por condicionantes naturales o antropogénicos– más que presencias no detectadas. No obstante las ventajas evidentes de los resultados, la aplicación de esta metodología requiere de unas consideraciones (Marco *et al.*, 2008):

- Es imprescindible la elaboración de mapas de uso del suelo a escala de detalle, ya que la localización de la planta es muy exacta pero su distribución es también muy variable. Una fotointerpretación errónea de los bordes de cada uno de los usos, aún tratándose de unos pocos decímetros, puede variar la localización de un ejemplar o conjunto de ejemplares, desvirtuando los análisis y resultados posteriores.
- Durante la realización de los análisis espaciales se han planteado algunos inconvenientes derivados de incorrecciones en la cartografía básica y temática procedente del ICV (E 1:10.000), como por ejemplo la relativa a la línea de costa.
- Los avances en el instrumental de toma de datos y los cambios en las estaciones para las correcciones diferenciales en post-proceso, han determinado diferencias en la precisión de los resultados iniciales y finales. De esta forma, puede darse la circunstancia de que algunos puntos se desplacen hacia zonas colindantes, apareciendo ejemplares sobre coberturas urbanas, a unos centímetros o a unos metros de su localización original. De ahí que las características del instrumental empleado sea de gran importancia en los trabajos de cartografía corológica a escala de detalle.

De la distribución del Área de Ocupación por usos y coberturas de vegetación, analizada en el sector comprendido entre Punta Prima y Punta de la Glea (figuras 2 y 4), se extraen una serie de conclusiones sobre las preferencias del hábitat de la planta:

- En las formaciones arbustivas abiertas en general, se instala casi el 50% del Área de Ocupación (20.948,3 m²) que, sumando las correspondientes a los intersticios, habida cuenta que son formaciones arbustivas abiertas, se alcanzaría cerca del 75% en este tipo de hábitats.
- El segundo ambiente en importancia lo constituiría el identificado como “costa acantilada y rocosa”, caracterizado por el dominio de procesos subaéreos y marinos ligados a la erosión hídrica y dinámica de taludes; ámbito que acoge una séptima parte del Área de Ocupación (5.729,5 m²). El rasgo fundamental de estos sectores es que se trata de espacios inestables; condiciones que se reproducen artificialmente, en los sectores con movimientos de tierra (650,7 m²) o, incluso, en terraplenes y taludes de infraestructuras (41,6 m²). En cualquier caso, este tipo de localizaciones avalan la idea de que la especie es capaz de prosperar en medios inestables como los señalados (Marco *et al.*, 2006a: 177), comportándose un tanto como pionera, así como subnitrófila o ruderal.
- Los medios menos favorables son las “playas” y las formaciones vegetales cerradas tanto arbóreas como arbustivas. Sobre sustrato arenoso la presencia de jarilla es casi nula, se podría decir que derivada de las imprecisiones de digitalización. Mientras que, en pinares y maquias, sólo tiene una presencia testimonial y marginal, ligada a bordes y claros en estas formaciones.
- En “antiguas zonas agrícolas” su presencia es, igualmente, reducida. Junto a las inexactitudes derivadas de la digitalización, el predominio de herbazales nitrófilos puede significar un elemento adverso para el desarrollo de la planta.
- En las zonas urbanizadas, sin olvidar tampoco los defectos de la digitalización, su presencia está ligada, sobre todo, a la existencia de solares por edificar en los que predominan formaciones arbustivas abiertas o movimientos de tierra. Así mismo, se ha observado su presencia en zonas ajardinadas de carácter “naturalizado” casual, es decir, derivado del descuido o escaso mantenimiento.

minar un “Área de Ocupación estricta” que multiplica las posibilidades desde varios puntos de vista. En primer lugar, la cartografía corológica de detalle junto a un mapa de usos del suelo certifica la acusada fragmentación de las poblaciones y alguna de sus características principales, como la morfología dominante de manchas estrechas y alargadas. Teniendo en cuenta las características de la diseminación de esta especie (Rodríguez-Pérez, 2005), dicha distribución redundante en una acentuada vulnerabilidad y una propensión a la fragmentación frente a los impactos. Junto a esta idea, el reconocimiento del hábitat de la planta, aunque preliminar, permite establecer una hipótesis relativa al ámbito que, presumiblemente, constituiría su área de distribución en épocas pretéritas, previas a la masiva expansión urbana de las últimas décadas. La elaboración de mapas de usos del suelo mediante fotointerpretación de los vuelos de 1956 o 1978 abre la posibilidad de estudios retrospectivos asumiendo el concepto de hábitat, a partir de la referencia que ofrecen los ecótopos en los que se encuentran las poblaciones actuales.

De esta forma, reconstruyendo el área de distribución hipotética de la planta y su evolución desde los últimos cincuenta años, se puede estimar dicha reducción en períodos de tiempo relativamente cortos. Con un grado más avanzado de la investigación, los resultados pueden servir para proponer cambios en la asignación de las categorías de amenaza de la UICN (2001) y, por tanto, en las políticas de gestión y conservación.

En este sentido, los resultados obtenidos confirman la necesidad de equiparar, escalarmente, la información de carácter ambiental, como la elaborada en este trabajo, a la información urbanística. Algunas experiencias de aplicación práctica (Giménez *et al.*, 2008) han demostrado la validez de los datos de detalle para su integración en proyectos de desarrollo de planeamiento urbanístico. Conocida la distribución exacta de ejemplares de especies protegidas, su hábitat y las amenazas de distinto signo que lo afectan, el producto final de estudios como el que aquí se presenta, podría ser un programa de control a escala municipal que permitiera compatibilizar actividades económicas como el turismo y la construcción con las necesidades de protección y conservación del patrimonio natural.

En conclusión, las aplicaciones tecnológicas empleadas en el trabajo de campo permiten deter-

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido elaborado dentro del Proyecto I+D+I *Cartografía corológica a gran escala como herramienta para la gestión y conservación de flora rara, endémica o amenazada: área de distribución de Helianthemum caput-felis Boiss., en la Comunidad Valenciana (GV/2007/139), financiado por la Generalitat Valenciana*; además, MEDSPAI ha contado con una ayuda de la Universidad de Alicante para grupos de investigación (VIGROB-142). Los autores agradecen las aportaciones realizadas por los evaluadores, que han permitido enriquecer el contenido del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agulló, J.C.; M.A. Alonso, M.B. Crespo, A. Juan (2009). Posición fitosociológica de *Helianthemum caput-felis* Boiss., en su área de distribución. *XXII Jornadas Internacionales de Fitosociología*. Alicante: 96.
- Agulló, J.C., A. Juan, A. Guilló, M.A. Alonso, M.B. Crespo (2010). Primeros datos sobre la estructura genética de las poblaciones españolas de *Helianthemum caput-felis*: bases para su conservación. *Biogeografía: una Ciencia para la conservación del Medio* (P. Giménez, J.A. Marco, E. Matarredona, A. Padilla y A. Sánchez, eds.). Alicante, Universidad de Alicante: 151-160
- Bañares, A.; G. Blanca; J. Güemes; J.C. Moreno; S. Ortiz (eds.) (2004). *Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España: taxones prioritarios*. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente.
- Bonet, A.; B. Terrones, S. Costán-Nava, M.B. Crespo (2009). Pérdida del Área de Ocupación y del tamaño de la población de Vella lucentina (Cruciferae). *Flora Montiberica* 42: 65-72.
- Castroviejo et al., (eds). (1993). *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III: Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*. Madrid. Real Jardín Botánico-CSIC.
- Carretero, J.M. y J.M. Panareda (2006). Metodología para el estudio de la dinámica de la vegetación a gran escala. Su aplicación al espacio litoral protegido de l'Hospitalet de L'Infant (Tarragona). *Avances en Biogeografía*. Madrid: 361-366.
- Conselleria d' Obres Públiques, Urbanisme i Transports (COPUT) (1998). *Cartografia Temàtica de la Comunitat Valenciana* (Sistema d'Informació Territorial). Valencia. Generalitat Valenciana.
- Domínguez et al. (1994). Asientos para un atlas corológico de la flora occidental, 22: Mapa 627 (adiciones). *Fontqueria* 40: 143-144.
- Fos, M.; R. Castillo; J. Hidalgo (2010). Censo poblacional y área de ocupación de *Limonium scopolorum* M.B. Crespo & M.D. Lledó en el término municipal de Denia. *Biogeografía: una Ciencia para la conservación del Medio* (P. Giménez, J.A. Marco, E. Matarredona, A. Padilla y A. Sánchez, eds.). Alicante. Universidad de Alicante: 443-451.
- García-Abad, J.J. (2006). El inventario florístico con fines geográficos en CUTM de 1x1 km. Análisis de la riqueza vascular de la Alcarria occidental y Mesa de Ocaña. *Serie Geográfica* 13: 117-150.
- Gaston, K. J. y Fuller, R.A. (2009). The sizes of species' geographic ranges. *Journal of Applied Ecology* 46: 1-9.
- Giménez-Font, P.; A. Padilla Blanco, A. Sánchez Pardo y J.A. Marco Molina (2008). Integración de una cartografía corológica a escala de detalle mediante GPS en el proceso urbanizador: *Helianthemum caput-felis* Boiss. en el litoral sur de Alicante (España). *Coloquio Ibérico de Geografía*. Alcalá de Henares: 1-15
- Laguna, E.; M.B. Crespo, G. Mateo, S. López, C. Fabregat, L. Serra, J.J. Herrero-Borgoñón, J.L. Carretero, A. Aguilera y A. Figuerola (1998). *Flora endémica, rara o amenazada de la Comunidad Valenciana*. Valencia, Generalitat Valenciana.
- Lavergne, S.; W. Thuiller; J. Molina y M. Debussche (2005). Environmental and human factor influencing rare plant local occurrence, extinction and persistence: a 115-year study in the Mediterranean region. *Journal of Biogeography*, 32 (5): 799-811.
- Lindenmayer, D.B. y J. Fischer (2006). *Habitat Fragmentation and Landscape Change. An Ecological and Conservation Synthesis*. Island Press. Washington.
- Marco-Molina, J.A. (2005). Los humedales costeros del sur de Alicante: perspectiva evolutiva. *Jornadas del Bicentenario. Torre Vieja 1803-2003* (F. Vera, coord.) Torre Vieja, Ayuntamiento de Torre Vieja-Universidad de Alicante: 33-54.

- Marco Molina, J.A.; A. Padilla Blanco y A. Sánchez Pardo (2002). Distribución de la carrasca (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*) en Alacant *Temas en Biogeografía*. (J.M. Panareda y J. Pintó, eds.) Tarrassa, Aster: 412-424.
- Marco Molina, J.A.; A. Padilla Blanco, A. Sánchez Pardo y P. Giménez Font (2006a). *Helianthemum caput-felis* Boiss. entre Punta Prima y Cabo Roig (Litoral suralicantino). *Geografía Física y Medio Ambiente*. (P. Giménez, J.A. Marco, E. Matarredona, A. Padilla y A. Sánchez, eds.). Alicante, Asociación de Geógrafos Españoles: 169-182.
- Marco Molina, J.A.; A. Padilla Blanco y A. Sánchez Pardo (2006b). Cartografía corológica mediante el uso de GPS de especies endémicas, raras o amenazadas en el sector oriental de Aitana (Alacant). *Serie Geográfica* 13: 11-24.
- Marco Molina, J.A.; A. Ramón Morte, A. Padilla Blanco, A. Sánchez Pardo, P. Giménez Font y E. Martínez Ibarra (2006c). Cartografía corológica a escala de detalle mediante GPS y SIG: nuevas aplicaciones en el sector oriental de Aitana. *Geografía Física y Medio Ambiente*. (P. Giménez, J.A. Marco, E. Matarredona, A. Padilla y A. Sánchez, eds.). Alicante, Asociación de Geógrafos Españoles: 183-194.
- Marco Molina, J.A.; A. Padilla Blanco, A. Sánchez Pardo y P. Giménez Font (2008). Aplicaciones de las tecnologías SIG y GPS en la dinámica de poblaciones de flora amenazada: *Helianthemum caput-felis* Boiss. *XIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Las Palmas de Gran Canaria: 635-649.
- Mateo, G. y Soler, X. (1994). Asientos para un atlas corológico de la flora occidental, 22: Mapa 627. *Fontqueria* 40: 142-143.
- McKinney, M.L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127: 247-260.
- Myers, N.; R. Mittermeier; C.G. Mittermeier; G. da Fonseca y J. Kent (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Navarro, A.J.; J.E. Oltra; J. Pérez; P. Pérez y E. Laguna (2010). *Cartografía de poblaciones de taxones del Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas*. *Biogeografía. Una ciencia para la conservación del medio* (P. Giménez, J.A. Marco, E. Matarredona, A. Padilla y A. Sánchez, eds.), Alicante, Universidad de Alicante: 99-107.
- Padilla Blanco, A. (2002). Protección y conservación de la flora en la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Geográficas* 27: 107-130.
- Padilla Blanco, A. y A. Ramón Morte (1997). Planeamiento ambiental a escala de detalle: microreservas de flora en la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Geográficas* 17: 117-128.
- Padilla, A. y M.P. Such (2001). Biodiversidad florística y turismo en el litoral valenciano. *XVII Congreso de Geógrafos Españoles*. Oviedo. Asociación de Geógrafos Españoles: 188-194.
- Panareda, J.M. (2000): Cartografía y representación fitogeográfica. *Metodología y práctica de la Biogeografía* (G. Meaza, dir.). Barcelona, Ediciones del Serbal: 273-316.
- Rigual Magallón, A. (1984): *Flora y vegetación de la provincia de Alicante*, Alicante, Instituto de Estudios Juan Gil-Albert.
- Rodríguez-Pérez, J. (2005). Breeding System, Flower Visitors and Seedling Survival of two Endangered Species of *Helianthemum* (Cistaceae). *Annals of Botany* 95: 1229-1236.
- Salvà, M.; J.M. Panareda, J. Nuet, R. Del Rosal (2002). Cartografía de la cobertura, del uso del suelo y de la vegetación a gran escala como documento de base para la gestión de los espacios protegidos. *La Biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica* (M.E. Arozena, E. Beltrán y P. Dorta, eds.). La Laguna, Universidad de La Laguna: 167-179.
- Serra L. et. al. (2000): *Distribución de la flora vascular endémica, rara o amenazada en la Comunidad Valenciana*. Valencia. Generalitat Valenciana.
- Serra, L. (2007). Estudio crítico de la Flora Vascular de la provincia de Alicante. Aspectos Nomenclaturales, Biogeográficos y de Conservación. *Ruizia* 19: 1-1214, Madrid, CSIC. Real Jardín Botánico.
- Standards and Petitions Working Group (2006). *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 6.2*. Prepared by the Standards and Petitions Working Group of the IUCN SSC Biodiversity Assessments Sub-Committee in December 2006 <http://app.iucn.org/web-files/doc/SSC/RedListGuidelines.pdf>

UICN (2001). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN. Versión 3.1*. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

Vera, J.F. y G. Canales (1986). La transformación de los espacios de monte en la comarca del Bajo Segura: agricultura intensiva y segunda residencia. *III Coloquio Nacional de Geografía Agraria*. Cáceres: 154-160.

Vera, J.F. y Marco-Molina, J.A. (1988). Impacto de los usos del suelo y erosión en cuencas vertientes del sur del País Valenciano. *Investigaciones Geográficas* 6: 7-31.

VV.AA. (2000). Lista roja de la flora vascular española (valoración según categorías UICN). *Conservación Vegetal*, 6 (extra):1-38.

