



INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Análisis Multidisciplinar para Mitigar
el Impacto de los Fenómenos
Climáticos Extremos.

Joaquín Melgarejo Moreno
M^a Inmaculada López Ortiz
Patricia Fernández Aracil

(Editores)

INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Análisis Multidisciplinar para Mitigar
el Impacto de los Fenómenos
Climáticos Extremos.

Joaquín Melgarejo Moreno
M^a Inmaculada López Ortiz
Patricia Fernández Aracil

(Editores)

© los autores, 2021
© de esta edición: Universitat d'Alacant

ISBN: 978-84-1302-138-6

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado -electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual

TABLA DE CONTENIDO

BLOQUE I - PLANIFICACIÓN	13
PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN. ANTECEDENTES HISTÓRICOS, <i>Francisco Roselló Vilarroig</i>	15
EL PLAN VEGA RENHACE: UNA OPORTUNIDAD ESTRATÉGICA PARA LA ADAPTACIÓN DE UN TERRITORIO A LOS EXTREMOS DEL AGUA, <i>Jorge Olcina Cantos</i>	33
BALANCE HÍDRICO ACTUAL Y FUTURO EN LAS CUENCAS EN ESPAÑA, RETOS Y ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN, <i>Manuel Pulido Velázquez, Héctor Macián Sorribes y Alvar Escriva-Bou</i>	55
GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL RIESGO DE SEQUÍA: CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN, PERCEPCIÓN SOCIAL Y OPINIÓN PÚBLICA, <i>Pilar Paneque y Jesús Vargas Molina</i>	77
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA LA PREVENCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN, <i>Jesús Vargas Molina y Fulgencio Cánovas-García</i>	101
FENÓMENOS INESTABLES DE ORIGEN TROPICAL EN EL ATLÁNTICO NORTE SURORIENTAL <i>Pedro Dorta Antequera, Jaime Díaz Pacheco y Abel López Díez</i>	127
LOS PLANES DE EMERGENCIA ANTE SITUACIONES DE SEQUÍA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO LITORALES DEL SURESTE PENINSULAR, <i>Rubén Villar-Navascués, Sandra Ricart y María Hernández-Hernández</i>	147
MAPA DE MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA PROVINCIA DE ALICANTE, <i>Javier Valdés Abellán, Mauricio Ubeda Muller, Fernando Pérez Calvo y Miguel Fernández Mejuto</i>	169
EL CUMPLIMIENTO DEL ODS DE RESILIENCIA ANTE INUNDACIONES A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO TERRITORIAL Y URBANÍSTICO, <i>Jesús Conde Antequera</i>	195
CIUDAD DISPERSA E INUNDACIONES EN MÁLAGA (ESPAÑA). LOS ESPACIOS FLUVIALES URBANOS COMO VECTOR DE REFLEXIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD HUMANA Y SU OCUPACIÓN DEL MEDIO NATURAL, <i>Antonio Gallegos Reina y Carmen Elisa Moral Gómez-Monedero</i>	215
INCORPORACIÓN DE CONTENIDOS SOBRE EL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA EDUCACIÓN VIAL, <i>Andrés Díez Herrero, Mario Hernández Ruiz, Daniel Vázquez Tarrío, Mercedes Velasco de la Rubia</i>	225
LA PROTECCIÓN CIVIL Y LA GESTIÓN DE LAS EMERGENCIAS: EXPERIENCIA DEL PLAN VEGA BAJA RENHACE (ACTUACIÓN 12), <i>Antonio Oliva Cañizares, Jorge Olcina Cantos</i>	237
IMPORTANCIA DE LA FENOLOGÍA DE LOS CULTIVOS EN LA EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN: RÍO DUERO ENTRE TORO Y ZAMORA, <i>Andrés Díez Herrero, Julio Garrote Revilla, Daniel Vázquez Tarrío, Mario Hernández Ruiz</i>	255
RAMBLAS URBANAS, PERCEPCIÓN SOCIAL Y RIESGO DE INUNDACIÓN, EL CASO DE ALGUÉÑA, <i>Ricardo Abad Coloma</i>	265
UTILIZACIÓN DE DRONES AÉREOS Y ACUÁTICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE CAUCES FLUVIALES, <i>Daniel Vázquez Tarrío, Mario Hernández Ruiz, Juan Carlos García López-Davalillo, Julio Garrote Revilla y Andrés Díez Herrero</i>	277
PLAN DE EMERGENCIA FRENTE A INUNDACIONES EN LOS SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO DE MOLINA DE SEGURA (MURCIA), <i>Arturo Albaladejo Ruiz</i>	289
PLANES TERRITORIALES MUNICIPALES FRENTE A EMERGENCIAS: CASO DE ESTUDIO DE COX, (ALICANTE, ESPAÑA), <i>Antonio Vicente Galvañ Vicente, Esther Sánchez Almodóvar y Javier Martí Talavera</i>	301

DANA 2019, INUNDACIÓN Y OCUPACIÓN DE ESPACIOS DE RIESGO EN LA RAMBLA DE ABANILLA, Oriol Pérez Jiménez	315
INTEGRACIÓN CARTOGRÁFICA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA PALMA (ISLAS CANARIAS), Abel López Díez, Jaime Díaz Pacheco, Pedro Dorta Antequera, Daniella Ghersi Da Gama y Nerea Martín Raya	329
ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES Y EN SUS PERIODOS DE RETORNO EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA, Juan Andrés García-Valero	343
INCREMENTO ABRUPTO DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA EN LAS CABECERAS DEL RÍO SEGURA PROMOVIDO POR LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE DESDE 1980, Amar Halifa-Marín, Pedro Jiménez-Guerrero y Juan Pedro Montávez	353
CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO COÑAQUE (ECUADOR), José Gerardo Becerra Carrión y Antonio Jódar Abellán	369
PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS LEGALES PARA LA DECLARACIÓN DE LA SEQUÍA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA, José Alberto Redondo Orts, María Inmaculada López Ortiz y Miguel A. Sáez García	383
SIMULACIÓN HIDROLÓGICA DE UNA MICROCUENCA EN ECUADOR UTILIZANDO EL MODELO SWAT PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO, Leonardo Falcones Rodríguez, Teresa Palacios Cabrera y Antonio Jódar Abellán.....	397
BLOQUE II - MITIGACIÓN E INFRAESTRUCTURAS.....	409
LA GESTIÓN DEL REGADÍO ANTE LA ESCASEZ DEL AGUA: EL CASO DE ESPAÑA, Julio Berbel Vecino y Jaime Espinosa-Tasón.....	411
PRINCIPALES NOVEDADES DE LA REVISIÓN DE LOS PGRI. NUEVAS NECESIDADES Y PRIORIDADES DE ACTUACIÓN PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS.....	417
Juan Francisco Arrazola Herreros, Mónica Aparicio Martín y Francisco Javier Sánchez Martínez ESTADO DE LOS TRABAJOS DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN, Aránzazu Gurrea-Nozaleda Merayo	435
EJEMPLOS DE MEDIDAS DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y PROTECCIÓN DE INUNDACIONES. DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA, Gonzalo Magdaleno Payán	453
CORREDORES HIDRÁULICOS VERDES Y LAGUNAS DE LAMINACIÓN EN LA VEGA BAJA DEL SEGURA, José Vicente Benadero García-Morato, Pedro Ignacio Muguruza Oxinaga y Jordi Marín Abdilla.....	471
ACESSO À ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO FRENTE ÀS AMEAÇAS CLIMÁTICAS, Pedro Roberto Jacobi	493
MODERNAS TÉCNICAS DE AHORRO DE AGUA PARA GESTIONAR LA ESCASEZ DE RECURSOS HÍDRICOS EN FRUTICULTURA, Pablo Melgarejo, Pilar Legua, Juan José Martínez Nicolás y Antonio Marhuenda.....	499
MEJORAS EN EL MANEJO DEL RIEGO MEDIANTE INDICADORES DE GESTIÓN PARA MITIGACIÓN DE SEQUÍAS, Ricardo Abadía, Miguel Mora, Bernat Roig-Merino, Carmen Rocamora, José María Cámara, Ricardo Suay y Herminia Puerto.....	545
LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL SUELO Y SU PAPEL EN LA MITIGACIÓN DE LAS INUNDACIONES, José Navarro Pedreño e Ignacio Gómez Lucas.....	563
LA REUTILIZACIÓN EN ESPAÑA, HERRAMIENTA PARA LA PREVENCIÓN DE LA SEQUÍA Y EL EQUILIBRIO HÍDRICO, Domingo Zarzo.....	591
CONDUCCIÓN JÚCAR - VINALOPÓ. EJEMPLO Y OPORTUNIDAD PARA LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA, Vicente José Richart Díaz	611
PLAN DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES Y DRENAJE SOSTENIBLE EN LA VEGA BAJA DEL SEGURA, Sergio Sánchez Ríos, Ángel Villanueva Blasco, Armando Ortuño Padilla, Jairo Casares Blanco y Paloma Calero Romero.....	643

PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL DÉFICIT HÍDRICO MEDIANTE LA DESALACIÓN SUBMARINA: DISEÑO INNOVADOR COMO PROYECTO TRACTOR DE LA ECONOMÍA, Borja Blanco y Alejandro López Navarrete	665
EL PAPEL DEL PATRIMONIO RELACIONADO CON EL AGUA EN LA RESILIENCIA FRENTE A FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS, Miguel Fernández Mejuto, Rebeca Palencia Rocamora, Fernando Pérez Calvo, Juan Antonio Hernández Bravo y Héctor Fernández Rodríguez.....	683
IMPLICACIONES DE LOS SUDS EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA ESCORRENTÍA URBANA, Arturo Trapote Jaume	699
EL AHORRO DE PRECAUCIÓN COMO INSTRUMENTO PARA CUBRIR EL RIESGO DE SEQUÍA HIDROLÓGICA EN EL REGADÍO, José A. Gómez-Limón, M. Dolores Guerrero-Baena y José A. Fernández-Gallardo.....	713
AGUAS DEPURADAS Y PLUVIALES: RECURSOS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE SEQUÍA E INUNDACIÓN. EJEMPLOS Y APRENDIZAJES, Sandra Ricart, Rubén Villar-Navascués, Antonio M. Rico-Amorós, María Hernández-Hernández y Jorge Olcina-Cantos	725
LA EXPERIENCIA DEL MAYOR TRASVASE DE AGUA EN BRASIL COMO SOLUCIÓN PARA LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA, José Irivaldo Alves Oliveira Silva.....	737
LA ADAPTACIÓN A LOS EXTREMOS ATMOSFÉRICOS Y AL CAMBIO CLIMÁTICO MEDIANTE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) Y SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN): PROPUESTA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CALLOSA DE SEGURA (ALICANTE, ESPAÑA), Antonio Oliva Cañizares, Esther Sánchez Almodóvar y María José Marcos Palacios	747
CONTRIBUCIÓN DE LA AGRICULTURA A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO GLOBAL. BALANCE EN TRES COMUNIDADES DE REGANTES DEL SURESTE ESPAÑOL, Amparo Melián Navarro, Soraya Colino Jiménez y Antonio Ruiz Canales	763
REDES INTELIGENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA GESTIÓN DEL CICLO HÍDRICO MUNICIPAL: CASOS DE GESTIÓN EN PERIODOS DE SEQUÍA, Héctor Fernández Rodríguez, Miguel Fernández Mejuto, Fernando Pérez Calvo y Rebeca Palencia Rocamora.....	775
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES HÍDRICAS DEL SUELO, Teresa Rodríguez-Espinosa, José Navarro-Pedreño, Ignacio Gómez Lucas y María Belén Almendro Candel.....	785
EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO EN LA ESPAÑA PENINSULAR, Adrián López Ballesteros, Javier Senent Aparicio, Patricia Jimeno Sáez y Julio Pérez Sánchez.....	799
REDUCCIÓN DEL ESPACIO DE BÚSQUEDA EN LA OPTIMIZACIÓN DE REDES DE DRENAJE BASADA EN EL ANÁLISIS DE RIESGO INUNDACIÓN, Leonardo Bayas-Jiménez, Francisco Alberto Deño Nuñez, F. Javier Martínez-Solano y Pedro L. Iglesias-Rey.....	809
ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS AVENIDAS EN LA CUENCA DRENANTE AL LAGO ERKEN (SUECIA) MEDIANTE SWAT+, Inmaculada Jiménez Navarro, Javier Senent Aparicio, Patricia Jimeno Sáez y Adrián López Ballesteros.....	821
ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL RÉGIMEN DE AVENIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO LADRA MEDIANTE SWAT+, Gerardo Castellanos Osorio, Javier Senent Aparicio, Adrián López Ballesteros y Patricia Jimeno Sáez	833
MODELO PRELIMINAR DE CIRCULACIÓN DEL AGUA EN EL ARROZ. MARGEN DERECHA RÍO GUADALQUIVIR, Blanca Cuadrado-Alarcón, Sébastien Guery y Luciano Mateos	847
THE ENERGY PRODUCTION IN PHOTOVOLTAIC MODULES AND THE ENERGY CONSUMED IN THE UNIVERSITY OF ALICANTE WATER PRESSURIZED IRRIGATION NETWORK, Housseem Eddine Chabour, Miguel Angel Pardo y Adrian Riquelme	857

ANÁLISIS METODOLÓGICO DE ESTIMACIÓN DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS. RIESGO HIDROLÓGICO. EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN, Ramón Egea Pérez, Francisco J. Navarro González, Mónica Cortés Molina y Joaquín Melgarejo Moreno	869
INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO Y DRENAJE PARA ADAPTACIÓN A SUCESOS EXTREMOS DE SEQUÍAS E INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL CAMPO DE CARTAGENA-MAR MENOR, José María Gómez Espín, Encarnación Gil Meseguer y Miguel Borja Bernabé Crespo.....	897
BLOQUE III - EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA, AMBIENTAL Y JURÍDICA	909
EL SISTEMA ESPAÑOL DE SEGUROS AGRARIOS COMBINADOS ANTE LOS RIESGOS DE SEQUÍA E INUNDACIÓN, Miguel Pérez Cimas, M ^a Carmen Sánchez Morillo-Velarde, Silvia Isabel Crespo Vergara, Gema López Orozco y Almudena Pachá Guerras	911
INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA AFRONTAR LAS SITUACIONES DE ESCASEZ HÍDRICA, Joaquín Melgarejo Moreno, Marcos García López y Borja Montaña	937
LA CONTRIBUCIÓN DE LAS ENTIDADES LOCALES AL PRINCIPIO DE SEGURIDAD HÍDRICA EN LA GESTIÓN DE LAS SEQUÍAS: LOS PLANES DE EMERGENCIA, Estanislao Arana García	961
¿CUMPLE EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO LA NORMATIVA ESPAÑOLA SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS NATURALES?, Jesús Garrido Manrique.....	977
MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA COMPARTIDAS ENTRE DIFERENTES ÁMBITOS DE PLANIFICACIÓN: SINGULARIDAD ADMINISTRATIVA O ENTIDAD HÍDRICA CON CONTINUIDAD HIDROGEOLÓGICA. APLICACIÓN EN LA DIVISORIA JÚCAR-SEGURA, José Manuel Murillo Díaz.....	997
MEDIOS DE COMUNICACIÓN: EL CAMPO DE BATALLA DE LA GUERRA DEL AGUA, Fermín Crespo Rodríguez y Arturo Jiménez Rodríguez.....	1023
EL TRASVASE TAJO-SEGURA, INFRAESTRUCTURA DE CORRECCIÓN DEL DÉFICIT HÍDRICO AGRARIO EN EL SURESTE DE ESPAÑA, Patricia Fernández Aracil y Joaquín Melgarejo Moreno	1047
LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA FRENTE A SEQUÍAS E INUNDACIONES, Miguel Ángel Blanes Climent.....	1073
HERRAMIENTAS SOCIALES PARA UNA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE INUNDACIÓN, Guadalupe Ortiz, Pablo Aznar-Crespo y Antonio Aledo.....	1095
INSTRUMENTOS JURÍDICOS PARA LA REGULACIÓN DE LA SEQUÍA, Andrés Molina Giménez.....	1115
ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS SEQUÍAS SOBRE LOS CULTIVOS. REGIÓN DE MURCIA, Alberto del Villar García.....	1139
EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LA ESCASEZ Y LA ALTERNATIVA DEL AUTOCONSUMO MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS, Marcos García-López, Borja Montano y Joaquín Melgarejo	1159
EVALUACIÓN EX-POST DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA SEQUÍA HIDROLÓGICA EN LA AGRICULTURA ANDALUZA 2005-2008, Jaime Espinosa-Tasón y Julio Berbel	1169
LA IMPORTANCIA DEL FACTOR EDUCACIÓN PARA MITIGAR LOS RIESGOS ATMOSFÉRICOS. UN ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES SOBRE LA SEQUÍA QUE SE INSERTAN EN LOS LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS SOCIALES, (EDUCACIÓN PRIMARIA), Álvaro-Francisco Morote Seguido.....	1183
LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO SOBRE EL RIESGO DE INUNDACIÓN. LA IMPORTANCIA DEL FACTOR EDUCACIÓN COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN, Álvaro-Francisco Morote Seguido y María Hernández Hernández.....	1195
LA RENTABILIDAD DEL AGUA Y LAS TARIFAS DE CONDUCCIÓN DE AGUAS DEL TRASVASE TAJO-SEGURA, Marcos García-López, Borja Montano y Joaquín Melgarejo	1207

A STUDY OF JUDICIAL REMEDIES FOR WATER RIGHTS DISPUTES IN EARLY TWENTIETH CENTURY IN CHINA, Yang Yang y Yu Pin Ai	1229
LOS HUMEDALES Y SU EFICACIA PARA EL CORRECTO CONTROL DE AVENIDAS Y PREVENCIÓN DE INUNDACIONES: EVOLUCIÓN JURÍDICO-AMBIENTAL EN EL MARCO TERRITORIAL VALENCIANO, Francisco José Abellán Contreras	1243
ACTITUDES HACIA LAS MEDIDAS DE GESTIÓN DE LAS INUNDACIONES EN ZAMORA: UNA ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA SU MEDICIÓN Y CAMBIO, Fernando Talayero Sebastián, Juan Antonio García Martín, Raquel Pérez-López, Andrés Díez-Herrero, José María Bodoque del Pozo, Lucía Poggio Lagares y María Amérigo Cuervo-Arango	1255
EL ESTADO DE EXCEPCIÓN FRENTE A FENÓMENOS DE SEQUÍAS E INUNDACIONES EN ECUADOR, Andrés Martínez Moscoso e Israel Castro Enríquez.....	1267
LA UTILIZACIÓN DE LA EDUCACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN ESCOLARES COMO ELEMENTO CLAVE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: UN CASO PRÁCTICO, Juan Carlos García Prieto, Manuel García Roig, Diana Málaga Martín, María Mercedes Ramos Rodríguez, Alicia Gutiérrez del Valle, Francisco Javier Burguillo Muñoz, Felipe José Bello Estévez, Maite del Arco Aláinez, Rebeca Martín Castilla y Juan Carlos Rico Jiménez	1279
EXPLORANDO EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA FERTILIZACIÓN CARBÓNICA EN LOS INVERNADEROS, DE ALMERÍA, Blanca Cuadrado-Alarcón, Javier Martínez-Dalmau, Alfonso Expósito y Julio Berbel	1294
TECNOLOGÍAS PARA EL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO DEL PATRIMONIO HIDRÁULICO EN LA VEGA BAJA DEL RÍO SEGURA, María Francisca Zaragoza Martí, José Manuel Mira Martínez y Alfredo Ramón Morte.....	1305
ANÁLISIS DEL ESTADO Y CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (ESPAÑA), Antonio Jódar Abellán, Daniel Prats Rico, Miguel Ángel Pardo Picazo, Irene Sentana Gadea y Jesús Rodrigo-Comino	1321
SISTEMA DE DOS NIVELES PARA UNA COBERTURA ÓPTIMA DEL RIESGO DE INUNDACIÓN, Joaquín Torres y Sonia Sanabria	1333

LOS PLANES DE EMERGENCIA ANTE SITUACIONES DE SEQUÍA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO LITORALES DEL SURESTE PENINSULAR

Rubén Villar-Navascués

rvnavascues@ua.es

<https://orcid.org/0000-0002-1693-7741>

Sandra Ricart

sandra.ricart@ua.es

<https://orcid.org/0000-0002-5065-0074>

María Hernández-Hernández

maria.hernandez@ua.es

<https://orcid.org/0000-0002-8823-0083>

Instituto Interuniversitario de Geografía de la Universidad de Alicante, España

RESUMEN

La planificación de las sequías, cuyo desarrollo afianza el paso de un enfoque reactivo hacia otro preventivo en la gestión de este riesgo, es un proceso multiescalar en permanente evolución que debe revisarse periódicamente para adaptarse a las nuevas disposiciones que emanan de los planes hidrológicos de cada demarcación hidrográfica. Las estrategias de gestión de este riesgo a escala local han sido definidas en los planes de emergencia ante situaciones de sequía (PEM) en los sistemas de abastecimiento de agua urbanos. El desarrollo de estos sistemas ha sido especialmente intenso en la franja litoral del sureste peninsular, un territorio caracterizado por la aridez, la recurrencia de episodios de sequía y de escasez de agua debido al desarrollo agrícola y urbano-turístico. En este trabajo se analiza el contenido del nuevo plan especial de sequía en la Demarcación Hidrográfica del Júcar y de los PEM aprobados en el litoral y prelitoral de Alicante, así como los requerimientos de la nueva guía para su revisión. El análisis constata que, a pesar de sus limitaciones, la revisión y actualización de la planificación de sequías a escala local contribuirá a reducir la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático en el ámbito mediterráneo.

1. INTRODUCCIÓN

Las sequías son un fenómeno propio del clima peninsular, aunque devienen riesgo natural cuando comprometen el suministro para satisfacer la demanda de agua prevista. Por ello, si bien en su génesis interviene un comportamiento natural anómalo que reduce la disponibilidad de recursos hídricos, la actividad antrópica es la que define la vulnerabilidad ante este riesgo. La confusión que se produce entre conceptos como aridez y sequía, por un lado, y escasez hídrica y déficit hídrico, por otro, que se utilizan frecuentemente y en ocasiones indistintamente al tratar la gestión territorial del agua, dificulta la definición y gestión de las sequías. En este sentido, el tratamiento de la sequía como riesgo, es decir, como un fenómeno que puede producir afec-

ciones a la sociedad, requiere la distinción entre ambos conceptos. Sequía y aridez son rasgos físicos que caracterizan un territorio asociado a la falta de precipitaciones. Por un lado, la *aridez* es una característica permanente o estructural del clima de un territorio, y se define como la relación entre la evapotranspiración, la precipitación y la absorción del suelo. Un territorio será árido si las precipitaciones recibidas no compensan las pérdidas de agua producidas por los demás factores. Por otro, la *sequía* es una anomalía natural transitoria de falta de precipitación (sequía meteorológica) que puede provocar un descenso temporal de los recursos hídricos disponibles (sequía hidrológica), y afectar a los usos del agua según las distintas actividades socioeconómicas. Por tanto, se habla de sequía cuando esta situación de falta de precipitación o su duración no responde a las características climáticas de una zona. Frente a estos dos conceptos de carácter más físico (natural), los términos escasez hídrica y déficit hídrico incorporarán elementos vinculados al uso del agua (factor antrópico). La *escasez* representa una situación de carencia de recursos hídricos para atender las demandas de agua previstas en un sistema de explotación de ámbito regional, pudiendo ser de carácter coyuntural o estructural. Cuando esta situación deviene estructural, tradicionalmente se le denomina *déficit hídrico*, situación en la que el agua disponible no es suficiente para satisfacer las demandas previstas, lo que debe ser resuelto a través de la planificación hidrológica ordinaria, y no a partir de la planificación de las situaciones de sequías.

Por tanto, las sequías –entendidas como fenómeno natural– pueden producir (o no) insuficiencia en el suministro de agua, generando situaciones de riesgo que pueden afectar a la demanda de agua prevista, generando con ello escasez coyuntural del recurso. Esto dependerá fundamentalmente de la intensidad de la demanda de agua, de las características de los sistemas de gestión y explotación, y del acceso a la disponibilidad de recursos no convencionales (aguas depuradas y desaladas). Los escenarios de escasez pueden tener un origen climático, como consecuencia de un descenso en los aportes naturales que limita el volumen de recursos disponibles, o deberse a una inadecuada gestión de los recursos hídricos, ya sea por un mal uso o despilfarro del agua, falta de medios técnicos y económicos, conflictos políticos o por permitir el incremento de la demanda por encima de los recursos disponibles (Morote et al., 2019). A este respecto, la creciente presión de la actividad humana sobre el recurso agua y los efectos del cambio climático agravan la incidencia de las situaciones de escasez coyuntural de agua (Matikinca et al., 2020). Por ello, la sequía es considerada como uno de los riesgos ambientales más importantes en algunas regiones del mundo (Chitsaz y Hosseini, 2018) y una de las mayores amenazas para la sociedad actual al generar impactos de índole ambiental y socioeconómica (Braga y Kelman, 2020). Por ejemplo, en la cuenca del Mediterráneo, las proyecciones climáticas contemplan no sólo un incremento de las temperaturas medias, sino también una reducción de las precipitaciones y/o cambios en el régimen de precipitación que intensificará los episodios de lluvias intensas y sequías (CEDEX, 2017). En este sentido, y según los datos de precipitación recopilados por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2018), durante los años hidrológicos 2013-2014 y 2015-2016 los índices de precipitación fueron los más bajos desde que se tienen registros cuantitativos, con porcentajes de desviación de la precipitación media de entre el 40% y el 60% en los sistemas de explotación del litoral de Alicante. En relación con estas tendencias, en el primer informe de evaluación del Mediterráneo publicado recientemente por la red MEDECC (2020) sobre la situación actual y los riesgos climáticos futuros, se hace hincapié en los efectos directos del cambio climático en los patrones del riesgo de sequía incluso en un escenario de calentamiento global moderado (de 1,5 a 2°C), aumentando la probabilidad de ocurrencia, duración e intensidad de las sequías, ya sean de naturaleza meteorológica, hidrológica o agrícola, con sequías de 5 a 10 veces más frecuentes de forma generalizada. Además, las crecientes reducciones en los niveles de humedad del suelo impulsarían una disminución de la

evapotranspiración global y con ello el aumento de las sequías en la región (Samaniego, 2018). Este escenario no sólo conlleva una afectación directa sobre la disponibilidad hídrica, sino también sobre la calidad, ya que las sequías pueden afectar sobre ella al reducirse los flujos de agua y con ello la capacidad de dilución de contaminantes como, por ejemplo, la materia orgánica o los metales pesados (Grillakis, 2019).

Tradicionalmente, la sequía se ha considerado como una situación excepcional por lo que los principales instrumentos utilizados para gestionarla han sido medidas reactivas y de emergencia de carácter extraordinario, es decir, infraestructuras para aumentar la oferta de recursos hídricos y compensaciones económicas para afrontar los daños y pérdidas materiales ocasionadas (Paneque, 2015). Estas iniciativas, según Wilhite (2000), se integran en el llamado “enfoque de la gestión de crisis” que se ha mostrado insuficiente para paliar dichas pérdidas, por diversos motivos: 1) limita las soluciones a aspectos técnicos en cuyo diseño no existe evaluación de alternativas ni participación de grupos de interés; 2) desvía la atención sobre las causas fundamentales que hacen que un descenso en las precipitaciones genere situaciones de escasez, atribuyendo la causalidad de la sequía al fenómeno natural, sin cuestionar la forma en que se gestiona y explota el recurso; y 3) produce un proceso de despolitización que, además, facilita priorizar las soluciones tecnológicas. Con posterioridad, se ha articulado como alternativa el denominado “enfoque de la gestión de riesgos”, que trata de anticipar las medidas de gestión a adoptar durante las situaciones de sequía, que son entendidas como una característica intrínseca del clima. Estas medidas son de carácter proactivo y están orientadas a la prevención y mitigación de los impactos, así como a la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación a las sequías futuras.

En España, debido a su ubicación geográfica, los episodios de sequía constituyen uno de los principales riesgos naturales de origen atmosférico (Olcina, 2001). Uno de los episodios de sequía más intensos de las últimas décadas fue la acaecida durante el primer lustro de los noventa, que produjo reducciones de las escorrentías superiores al 60% en algunas cuencas hidrográficas (MMA, 1998). En general, se realizaron distintas actuaciones a iniciativa de las Confederaciones Hidrográficas en respuesta a la prolongación de la sequía, entre las que se encontraban la imposición de restricciones, los procesos de intercambio de agua entre usuarios, las conexiones entre cuencas, una intensificación de la explotación de las aguas subterráneas o el aprovechamiento de recursos no convencionales. En su fase final (año 1995), 12 millones de habitantes (más del 25% de la población) sufrieron restricciones (Vargas y Paneque, 2019). Del Moral y Hernández-Mora (2015) remarcan que este periodo contribuyó a extender la idea de que el sistema de gestión de agua había llegado en algunas regiones a una situación de colapso, poniendo en evidencia la necesidad de un nuevo paradigma a la hora de hacer frente a las sequías. En efecto, la vulnerabilidad ante situaciones de sequía de muchos sistemas de abastecimiento de agua urbanos y la previsión que se tenía de la evolución de la demanda, de entre el 15% y el 36% a medio y largo plazo según los planes hidrológicos de cuenca de finales de los noventa, facilitó el reconocimiento de la necesidad de avanzar desde la gestión de la emergencia a la planificación de las situaciones de sequía (MMA, 1998).

En este trabajo se realizará un análisis multiescalar de la gestión planificada de las sequías en España durante el siglo XXI a partir de un estudio de caso. En concreto, este análisis se centrará en las medidas de gestión incluidas en el Plan de Alerta y Eventual Sequía (PES) de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ) y en los Planes de Emergencia ante situaciones de sequía (PEM) en algunos de los municipios y entidades supramunicipales de suministro de agua en alta del litoral de Alicante. Cabe destacar que este territorio es en la actualidad uno de los más

afectadas por el riesgo de sequía a escala nacional, ya que se combina una baja disponibilidad de recursos hídricos y una alta demanda de agua, ejercida tanto por usos urbano-turísticos como agrarios (Rico, 2004). En el siguiente apartado se abordará el contenido normativo relacionado con la gestión planificada de las sequías en España a escala de cuenca hidrográfica, aportando algunos ejemplos para la DHJ. En el tercer apartado se analizará la estructura y contenidos teóricos de los PEM, según las indicaciones de la guía para su elaboración (AEAS, 2019), además de presentar las características de los planes aprobados en el litoral de Alicante durante el primer ciclo de planificación de sequías. Por último, en el apartado de discusión y conclusiones, se abordarán las perspectivas de futuro y se plantearán algunos interrogantes y propuestas de debate en torno a la gestión planificada de las sequías en España.

2. LA GESTIÓN PLANIFICADA DE LAS SEQUÍAS EN ESPAÑA

2.1. Legislación y normativa relacionada con la gestión de las sequías

Han transcurrido dos décadas desde la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua (DMA), que tiene por objetivo avanzar en la gestión de los recursos hídricos a través de la mejora del estado de los ecosistemas acuáticos, la protección y mejora del medio acuático y la reducción de la contaminación de los recursos subterráneos. Asimismo, la DMA incorpora la necesidad de paliar los efectos de los fenómenos extremos, tales como las sequías, partiendo de la premisa por la que el estudio de las sequías debe situarse en el marco de la gestión de los riesgos y no de las crisis, ya que la normativa incorpora el principio de precaución en la gestión y garantía de reservas de agua para reducir la vulnerabilidad ecosistémica y social (Paneque, 2015). En el actual proceso de revisión de la Directiva, se ha recuperado el debate en torno a la necesidad de una Directiva Europea de Sequías, ya que existen varios países, entre ellos España, donde se alternan los periodos de sequía y los periodos de inundaciones, y, de hecho, ya existe una Directiva Europea de Inundaciones (Directiva 2007/60/CE). Sin embargo, la concepción de la DMA parece responder al criterio de que las sequías constituyen un fenómeno periódico y por tanto previsible que debe integrarse en la planificación y gestión normal de las aguas, de forma que no tienen por qué poner en peligro el cumplimiento de los objetivos de la Directiva.

A escala nacional, la regulación legal de la planificación hidrológica también parece haber prestado poca atención a la gestión de las sequías. Cuando el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA, aprobado por el RDL 1/2001, de 20 de julio) establece el contenido de los planes hidrológicos no menciona las medidas para prevenir, responder o recuperar los daños que puede producir la sequía (art. 42), si bien la Ley del Plan Hidrológico Nacional (PHN) (Ley 10/2001, de 5 de julio) sí la recoge entre las materias a tener en cuenta en la revisión de dichos planes (art. 6). Es precisamente en el marco del PHN donde se establece la obligación de adoptar un 'sistema global de indicadores hidrológicos' para su previsión y referencia en la declaración formal de situaciones de alerta y eventual sequía. Concretamente, el artículo 27 y para las cuencas intercomunitarias, se define la elaboración de Planes Especiales de Actuación en Situación de Alerta y Eventual Sequía (PES) a redactar por los Organismos de Cuenca, y los Planes de Emergencia ante Situaciones de Sequía (PEM) que deben preparar las administraciones públicas responsables de sistemas de abastecimiento urbano que atiendan, singular o mancomunadamente, a una población superior a 20.000 habitantes. Mediante el uso de distintos indicadores (volumen de agua embalsado, el nivel piezométrico de los acuíferos, la precipitación o los caudales fluyentes en puntos de captación) ambos planes permiten identificar con anticipación el advenimiento

de situaciones de sequía para establecer unas determinadas medidas de control, evaluación de riesgos y aplicación de medidas que mitiguen los impactos potenciales (Villar-Navascués y Rico-Amorós, 2020).

2.2. Los Planes Especiales de Alerta y Eventual Sequía

Hasta la aprobación de los primeros Planes Especiales de Alerta y Eventual Sequía tan sólo algunos sistemas de suministro de agua en alta contaban con directrices y estrategias de gestión para afrontar estas situaciones. Por ejemplo, tras la sequía de la primera mitad de la década de 1990 algunos de los principales sistemas aprobaron manuales de gestión de sequías por iniciativa propia, como el Canal de Isabel II en Madrid, Aigües Ter-Llobregat en Barcelona o la Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA) (Rico, 2004). Posteriormente, en 2005, año durante el cual comenzó una fuerte sequía en gran parte de España, se aprobaron unos Protocolos de actuación en situación de sequía por parte de las Confederaciones Hidrográficas, utilizados como documentos de referencia para su gestión. Durante ese mismo año, la Dirección General del Agua elaboró una guía para la redacción de los primeros Planes Especiales de actuación en situación de alerta y eventual Sequía (PES), siguiendo lo establecido en el PHN, que finalmente se aprobaron para cada una de las Cuencas Hidrográficas intercomunitarias en el año 2007. Entre los principales elementos que debían contemplar los PES, se encontraban objetivos de diagnóstico (identificación y caracterización de elementos territoriales y ambientales, análisis de sequías históricas y su caracterización, y la definición de indicadores, umbrales y fases de sequía); programas de medidas para cada zona en cada fase de sequía; y un sistema de gestión y seguimiento de la situación de sequía que incluyera la definición de indicadores para el seguimiento del plan. Desde entonces estos planes han permitido realizar una evaluación objetiva de las situaciones de sequía en cada sistema de explotación y minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales mediante mecanismos de prevención y detección (Vargas y Paneque, 2019).

En el Real Decreto 1/2016, de 8 enero, por el que se aprueban los planes hidrológicos de segundo ciclo (2015-2021), en su disposición final primera establece la necesidad de modificación de los PES de cuencas intercomunitarias antes del 31 de diciembre de 2017 para garantizar su coherencia con los nuevos requerimientos normativos y los objetivos ambientales establecidos en los correspondientes planes hidrológicos. La revisión de los PES, que para la mayor parte de demarcaciones hidrográficas fueron aprobados en 2018, fueron realizados en base a la Instrucción Técnica de Sequías, que instaba a diferenciar claramente las situaciones de sequía prolongada, asociadas a la disminución de la precipitación y de los recursos hídricos en régimen natural y a sus consecuencias sobre el medio natural (y por tanto, independientes de los usos socioeconómicos asociados a la intervención humana), y las de escasez coyuntural, asociadas a problemas temporales de falta de recurso para la atención de las demandas de los diferentes usos socioeconómicos del agua. Esta revisión conceptual supuso un gran avance para la definición de las situaciones de sequía de forma clara para su posterior gestión, así como las implicaciones diferenciadas entre situaciones de sequía prolongada y de escasez coyuntural. Por ello los PES establecen un sistema de indicadores y escenarios, tanto de sequía prolongada, que son los que determinarán el establecimiento de caudales ecológicos mínimos, como de escasez coyuntural, que deben convertirse en elementos sustantivos de las estrategias de gestión de las futuras situaciones de sequía en la demarcación. Esta diferenciación da pie a la distinción en cada Demarcación Hidrográfica de distintas unidades territoriales. Por un lado, las Unidades Territoriales a efectos de Sequía prolongada (UTS), que son aquellas áreas relacionadas con las

zonas y subzonas de generación de recursos hídricos en régimen natural. Por otro, las Unidades Territoriales a efectos de Escasez (UTE), que son las áreas definidas para la atención de las demandas, es decir, los sistemas de explotación establecidos en el plan hidrológico. En paralelo, se proponen una serie de acciones y medidas orientadas a facilitar el cumplimiento de los objetivos específicos enunciados anteriormente. Estas acciones y medidas se activarían escalonadamente en respuesta a la evolución mensual de los indicadores hidrológicos que determinan los diferentes escenarios que se presenten en cada UTS y UTE. Asimismo, las Confederaciones Hidrográficas podrán declarar la situación excepcional por sequía extraordinaria cuando en una o varias unidades territoriales se den escenarios de escasez coyuntural de alerta o de emergencia que coincida con el de sequía prolongada, o que no coincidan, en el caso de emergencia, pero sí muestren una clara afección tras un paso por la misma. Otro de los nuevos contenidos de los PES revisados es la evaluación de los impactos socioeconómicos de la escasez coyuntural, ya que se pueden incrementar los costes asociados al suministro (por el empeoramiento de la calidad del agua disponible y la necesidad de mayores costes para su tratamiento, o la incorporación de recursos alternativos que requieren un mayor coste energético). Por último, la revisión del PES plantea la realización de informes post-sequía una vez concluidos episodios que hayan sido declarados como ‘situación excepcional por sequía extraordinaria’, donde se aporte información acerca de los impactos generados, la utilidad de las medidas y el grado de cumplimiento del PES, entre otras cuestiones.

2.2.1. Indicadores de sequía y escasez en las UTS y UTE del litoral de Alicante

En el caso de provincia de Alicante, las UTS y las UTE coinciden con los sistemas de explotación definidos en el plan hidrológico vigente, que para las áreas litorales de la DHJ son las unidades territoriales de la Marina Alta, la Marina Baja y del Vinalopó-Alacantí. El PES del Júcar establece una serie de estaciones meteorológicas y pluviómetros de referencia para el cálculo de los indicadores de sequía prolongada, así como una serie de indicadores representativos para el cálculo del índice de escasez coyuntural (Tabla 1), aplicando unos coeficientes de ponderación (CP) de acuerdo con el territorio que representan dentro de la unidad territorial. En concreto, para la evaluación de las sequías prolongadas se utiliza el índice de precipitación estandarizada de 12 meses (SPI por sus siglas en inglés). Este índice se transforma en el Índice de Estado de Sequía (IES), un valor adimensional entre 0 y 1, para cuantificar la situación de sequía prolongada, siendo considerado el valor de 0,3 como el umbral por debajo del cual se declararía esta situación. Por su parte, los indicadores de escasez coyuntural utilizados en cada unidad territorial varían en función del contexto, para que reflejen la disponibilidad de recursos en función de las principales fuentes de suministro de agua a partir del cálculo del Índice de Estado de Escasez (IEE), anteriormente definidos como Índice de Estado Hidrológico (IEH). Este índice se representa también con valor numérico adimensional entre 0 y 1 que refleja la situación de escasez en base a la serie histórica de referencia.

UTS Y UTE	INDICADORES DE SEQUÍA PROLONGADA	CP	INDICADORES DE ESCASEZ COYUNTURAL	CP
Marina Alta	Marco en Rambla Gallinera	0,2	Piezómetro Pego (med. repr. mes)	0,58
	Marco en Embalse de Isbert	0,35	Pluviómetros Marina Alta (Pp acumulada últimos 12 meses)	0,42
	Pluviómetro de Alcalalí	0,45		
Marina Baja	Pluviómetro de Abdet	0,25	Volumen embalsado conjuntamente en Amadorio y Guadalest a principios de mes	1
	Aforo en Sistema Marina Baixa	0,35		
	Pluviómetro de Amadorio	0,40		
Vinalopó-Alacantí	Pluviómetro de Benejama	0,25	Pluviómetros Alto Vinalopó	0,1
	Marco en embalse de Tibi	0,25	Pluviómetros Medio Vinalopó	0,66
	Marco en Elda	0,25	Piezómetro Banyeres de Mariola (medida representativa del mes)	0,24
	Pluviómetro de Alacant	0,25		

Tabla 1. Indicadores de sequía prolongada e indicadores para el cálculo de escasez coyunturales de las unidades territoriales del litoral de Alicante pertenecientes a la DHJ.

A partir del valor del IEE se definen cuatro estados o escenarios (normalidad, prealerta, alerta y emergencia) que servirán de referencia para la toma de decisiones y entrada en vigor de una serie de medidas. No obstante, también influye la continuidad de este índice para la entrada en cada escenario, ya que de acuerdo con las condiciones establecidas en el PES del Júcar, para pasar de un escenario de normalidad a uno de prealerta es necesario que se mantenga un IEE entre 0,3 y 0,5 durante tres meses consecutivos; para el paso a un escenario de alerta un IEE que se mantenga entre 0,15 y 0,3 dos meses consecutivos; y para entrar en un escenario de emergencia el mantenimiento de un IEE por debajo de 0,15 durante dos meses consecutivos (CHJ, 2018). No obstante, las condiciones de salida de estos escenarios son distintas, siendo obligatorio el paso por escenarios intermedios, aunque esta transición se puede acelerar de acuerdo con la evolución del IEE.

La utilización de distintos indicadores permite comprobar las variaciones en estos sistemas de explotación, especialmente durante los escenarios de emergencia (Figura 1). En el litoral de Alicante la variación del IEF es mayor en comparación con el resto de los sistemas de la DHJ debido a que la superficie de los sistemas de explotación hidrológica es menor y por la menor disponibilidad de fuentes de suministro disponibles que dificulta el equilibrio con las demandas existentes (CHJ, 2018). De hecho, las UTE de la Marina Alta y la Marina Baja presentan el mayor porcentaje de meses en estado de emergencia para el periodo 1980-2017 de la DHJ, el 18% y el 27%, respectivamente, mientras que la UTE del Vinalopó-Alacantí sólo ha permanecido el 6%.

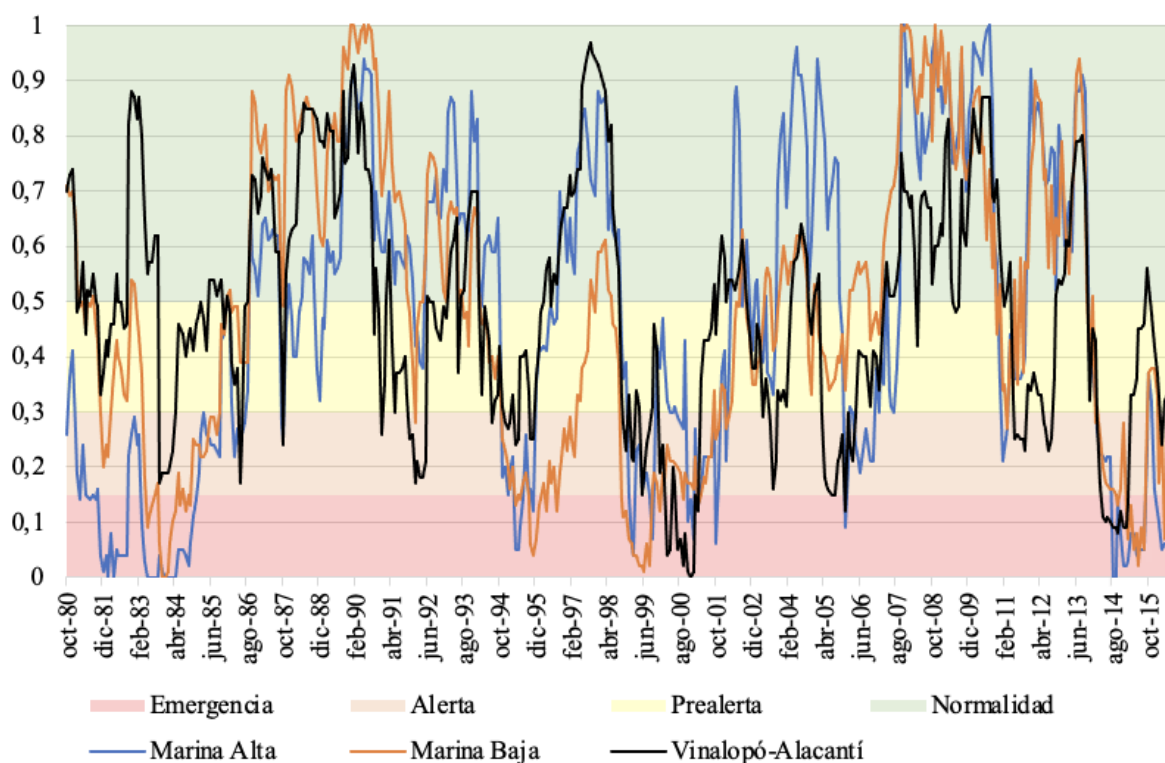


Figura 1. Evolución del IEE en los sistemas de explotación del litoral de Alicante en la DHJ (2000-2016).
Fuente: CHJ (2018). Elaboración propia.

2.2.2. Acciones y medidas de gestión en las UTS y UTE del litoral de Alicante

Entre las medidas y acciones a realizar durante situaciones de sequía, cabe diferenciar entre aquellas que se activan en el escenario de sequía prolongada, orientadas a reducir el régimen de caudales ecológicos y la justificación del deterioro temporal de las masas de agua, y aquellas que deben aplicarse en cada UTE durante los escenarios de escasez coyuntural. En relación con estos últimos, la implantación progresiva de medidas de gestión trata de afrontar situaciones coyunturales donde existe el riesgo de no poder atender las demandas para retrasar o evitar la llegada de las fases de escasez más severas. Estas acciones varían entre las orientadas a la planificación hidrológica general, que se deben llevar a cabo durante el escenario de normalidad; las orientadas a la concienciación, el ahorro y el seguimiento de los indicadores, a desarrollar durante el escenario de prealerta; las medidas de gestión de la demanda y de la oferta, así como de seguimiento y control, que deben ser implementadas en el escenario de alerta y, por último, el mantenimiento de las medidas anteriores y la posible adopción de medidas excepcionales durante el escenario de emergencia.

Las medidas que se plantean en los PES son de gestión y no incluyen la realización de nuevas obras o infraestructuras, que deben ser planteadas en los planes hidrológicos, especialmente cuando requieren de la evaluación del impacto ambiental. Por ello, en los PES las actuaciones se dividen entre las medidas tácticas de aplicación temporal y las medidas de previsión, de carácter estratégico, según su ámbito temporal de aplicación, y entre las medidas de carácter general y las medidas de carácter específico para cada UTE, según su ámbito espacial. Según su tipología, o el problema-solución sobre el que se quiere actuar, se identifican cuatro tipos de medidas: sobre la demanda, sobre la oferta, sobre la organización administrativa (para poner en

marcha las medidas previstas y asignar responsabilidades, así como establecer su coordinación y seguimiento); y sobre el ambiente hídrico para preservar la protección ambiental, especialmente de los ecosistemas acuáticos. Entre las medidas que afectan a la gestión de los sistemas de abastecimiento urbano destacan las dos primeras (Tabla 2).

ESCENARIO	MEDIDAS SOBRE LA DEMANDA	MEDIDAS SOBRE LA OFERTA
Prealerta	Preparar campañas de concienciación y otras medidas de comunicación para promover el ahorro. Intensificar el control en los usos para los que se han establecido restricciones. Valorar la posibilidad de activación de los PEM.	Asegurar la eficacia de las medidas operativas que deben activarse en escenarios más graves: evaluación ambiental de pozos, mantenimiento de infraestructuras, y evaluación de las posibilidades de aprovechamiento de recursos alternativos (reutilización de aguas depuradas, desalinización).
Alerta	Activación de las campañas de concienciación. Reducción del suministro de agua urbano (limitación de usos urbanos no esenciales). Activación de los PEM y seguimiento de su implementación.	Sustitución de recursos superficiales por subterráneos o no convencionales: aprovechamiento de los recursos no convencionales disponibles y puesta en marcha de los pozos de sequía. Activación de transferencias de recursos externos. Activación de cesión temporal y de centros de intercambio de derechos de agua (art. 67 y 71 del TRLA).
Emergencia	Reforzamiento de las campañas de concienciación. Incremento de la reducción del suministro de agua urbano y de medidas de ahorro de acuerdo con los PEM.	Intensificación del aprovechamiento de los recursos no convencionales disponibles, de la explotación de los pozos de sequía, de las transferencias externas y de la cesión o intercambio de derechos de agua. Movilización coyuntural de recursos por vías extraordinarias (suministro con cisternas o similares).

Tabla 2. Principales medidas propuestas en el PES del Júcar en las UTE del litoral de Alicante

Por un lado, las medidas sobre la demanda son aquellas destinadas a adaptar el comportamiento y uso del recurso a la disponibilidad de este mediante estrategias de control y acciones para el ahorro y restricción de suministro durante los escenarios de escasez más críticos, que deben ser especificadas para los abastecimientos urbanos en los PEM. Por otro, las medidas sobre la oferta, que se relacionan con el aumento de la disponibilidad de agua a través de la movilización de reservas estratégicas, transferencias de recursos o el uso de fuentes alternativas. En muchos casos estas propuestas de medidas de gestión están condicionadas a la realización de nuevas infraestructuras, por lo que deben ser desarrolladas en el marco del plan hidrológico. En otros casos, como en la UTE de la Marina Baja, se remarca que las medidas previstas en cada uno de los escenarios de escasez ya se aplican de forma ordinaria, como la gestión conjunta de los recursos superficiales y subterráneos con la construcción de las baterías de pozos de Algar y Beniardá, la intensificación en el uso de agua regenerada y el intercambio de aguas entre regantes y usuarios urbanos, o la posibilidad de transferencias externas a través de la conducción Rabassa-Fenollar-Amadorio que conecta el sistema de la Marina Baja con el sistema Júcar y con la IDAM de Mutxamel.

3. LOS PLANES DE EMERGENCIA ANTE SITUACIONES DE SEQUÍA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO

El objetivo principal de los Planes de emergencia ante situaciones de sequía en sistemas de abastecimiento urbano (PEM) es ofrecer un protocolo de actuación donde existe un riesgo de desabastecimiento. Es decir, que estos planes ponen el foco en las UTE para tratar de garantizar la disponibilidad de agua y minimizar los efectos negativos sobre los sistemas de suministro locales durante los escenarios de escasez más graves. No obstante, mientras que en 2018 se concluye el segundo ciclo de planificación de sequías con la revisión de los PES, se constata que desde la aprobación del PHN en 2001 se habían producido pocos avances en la aprobación de los PEM por parte de las administraciones públicas responsables de los sistemas de abastecimiento urbanos que atendieran, singular o mancomunadamente, a una población igual o superior a 20.000 habitantes. De hecho, en 2018 tan sólo el 8,5% de los 213 sistemas de suministro de agua que exige la ley habían aprobado un PEM, y hasta el 70,4% no habían comenzado el proceso (Vargas y Paneque, 2019). No obstante, de acuerdo con el apartado dedicado a los PEM en el PES de 2018 en la provincia de Alicante de los 25 municipios y entidades con el requerimiento legal de aprobar un PEM se aprobaron once, el 44%, para el primer ciclo de planificación de sequías (CHJ, 2018).

Sin embargo, según el artículo 86 del Reglamento de Planificación Hidrológica, los PEM deben de actualizarse cada seis años o cada dos años después de la actualización o revisión del PES en su ámbito de aplicación, para guardar coherencia con cualquier modificación sustancial producida en los planes hidrológicos de demarcación o los PES. Esta necesidad de actualizar los PEM a los contenidos de los nuevos PES supone una oportunidad para redactar o mejorar los PEM aprobados hasta ahora. A pesar de que desde la aprobación de los PES de 2018 se han presentado pocos PEM, en la provincia de Alicante ha habido una mayor predisposición a su actualización, habiendo hasta diez planes en julio de 2021, nueve de ellos a escala municipal (Alfaz del Pi, Alicante, Benidorm, Calpe, Elda, Jávea, Santa Pola, San Vicent del Raspeig, Villajoyosa) y uno a escala supramunicipal (Consortio de Aguas de la Marina Baja, CAMB), que junto con los otros seis municipios y entidades supramunicipales que cuentan con un PEM realizado con anterioridad a la revisión de los PES, resulta en que tan sólo nueve municipios, el 36% de los municipios que tienen este requerimiento, no han presentado ni aprobado nunca un PEM (Figura 2).

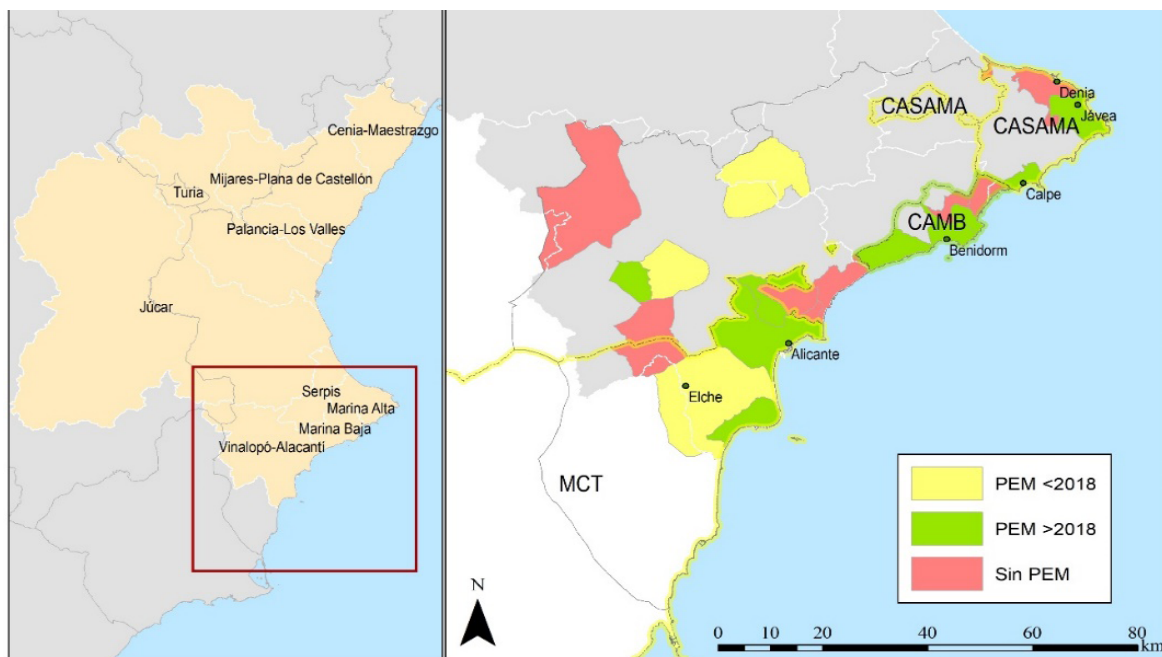


Figura 2. Situación administrativa de los PEM presentados a la CHJ en la provincia de Alicante.
Fuente: elaboración propia.

El contenido de los nuevos PEM no ha podido ser analizado ya que no han sido aprobados definitivamente y están a la espera del informe positivo por parte de la Oficina de Planificación Hidrológica de la DHJ, para corroborar su coherencia con el plan hidrológico y con el PES, y, a diferencia de otros instrumentos de planificación hidrológica, no hay requerimiento legal de fase de exposición pública al ser el organismo responsable de su redacción las administraciones locales o las entidades supramunicipales como mancomunidades o consorcios. Sin embargo, se ha podido analizar el contenido de los PEM vigentes hasta 2018 en los municipios de Alfaz del Pi, Alicante, Calpe, Jávea, Elche, San Vicente del Raspeig, el Consorcio de Aguas y Saneamiento de la Marina Alta (CASAMA), el CAMB, y la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT), de los que se recibió una respuesta positiva a la solicitud enviada. En este apartado se analizarán dos cuestiones principalmente. En primer lugar, el contenido básico de los PEM según las guías elaboradas por AEAS (2019) y la CHJ (2019), que deberán seguir los nuevos planes locales para su adaptación a los nuevos PES. En segundo lugar, el contenido de los PEM disponibles, del ciclo de planificación de sequías anterior, para los municipios y entidades supramunicipales de suministro de agua del litoral de Alicante, atendiendo especialmente a la adaptación de indicadores y escenarios a la escala local, y a las medidas propuestas, para comprobar su adecuación con las guías de referencia y el contenido del nuevo PES.

3.1. El contenido básico de los PEM

En 2019 tanto la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamientos (AEAS), en colaboración con el Ministerio de Transición Ecológica, como la CHJ publicaron unas guías para la adaptación de los PEM al contenido de los nuevos PES (AEAS, 2019; CHJ, 2019), siguiendo el ejemplo de la guía que el primer organismo publicó en 2007 tras la aprobación de la planificación de sequías del primer ciclo (AEAS y MMA, 2007) y de la guía para la elaboración de planes de emergencia de sequías en poblaciones medianas (Soriano et al., 2014). Uno de los principales cometidos de estos planes es la definición y descripción de cada uno de los escenarios de escasez coyuntural, incluyendo las condiciones de entrada y salida a cada escena-

rio de manera más detallada que en los PES, pudiendo incluso definir los umbrales de escasez por encima de los mínimos exigidos en los PES. Para ello se ha contado con una herramienta de apoyo para el cálculo de los escenarios de escasez, el software GESPLEM (AEAS, 2019). Estos indicadores y umbrales adaptados a las condiciones locales servirán de base para definir las medidas más concretas y detalladas que tengan en cuenta las peculiaridades de cada sistema de abastecimiento urbano de agua. En el caso en que el abastecimiento de agua en baja y en alta sea gestionado por distintas entidades, la guía de AEAS considera conveniente la colaboración entre ambas entidades para la redacción del PEM, de manera que la responsabilidad en el planteamiento de las medidas para hacer frente las situaciones de escasez sean compartida.

Aunque la guía de AEAS (2019) y la CHJ (2019) mejoran sustancialmente la mayor parte de aspectos definidos en su predecesora (AEAS y MMA, 2007), han desestimado la inclusión de dos aspectos que se consideran importantes. Por una parte, ha desaparecido el requerimiento de que los nuevos PEM incluyan un apartado relacionado con el análisis de las situaciones de sequía anteriores (duración e intensidad, medidas tomadas y repercusiones) y el análisis de las reglas de operación durante las situaciones de escasez coyuntural. Por otra parte, la guía del 2007 establecía que los PEM debían contener en el apartado de caracterización de las demandas la definición del consumo mensual para cada tipo de usuario en condiciones climáticas normales y de clima extremo, así como una evaluación de la reducción potencial de consumo para cada escenario de sequía, con el objetivo de poder planificar la capacidad máxima de ahorro para cada tipo de uso urbano del agua. No obstante, a pesar de estas omisiones, las nuevas guías incorporan numerosos apartados donde se especifica de manera detallada la información requerida para la elaboración de un PEM, que se pueden dividir en dos grupos: descripción del sistema de abastecimiento y medidas de planificación de sequías a escala local.

3.1.1. Descripción del sistema de abastecimiento: disponibilidad y demanda de agua

La caracterización del sistema de abastecimiento de un municipio o entidad supramunicipal de abastecimiento en alta requiere, en primer lugar, una descripción de las instalaciones y características técnicas, de los recursos hídricos disponibles y de las reglas de operación bajo condiciones normales. En relación con las primeras, deben describirse las infraestructuras de captación, de transporte, de tratamiento y de almacenamiento, así como especificar el papel de las aguas regeneradas en el sistema de abastecimiento, tanto su utilización actual y el tipo de usos al que se destina esta agua, como el plan de implantación de este recurso en el futuro. Asimismo, para poder establecer las reglas de operación del sistema de abastecimiento y definir los umbrales para el cálculo de los episodios de escasez coyuntural es necesario la evaluación periódica de la disponibilidad de recursos hídricos, atendiendo a su procedencia, características y condicionantes de uso. Por ejemplo, a ser posible se requiere aportar series anuales de aportaciones mensuales de entrada a los embalses de al menos 25-30 años, las características de los acuíferos (volumen máximo almacenable, recargas y niveles de los acuíferos en cada escenario de escasez), o el volumen disponible y la capacidad máxima de detracción mensual del resto de recursos (desalinización, transferencias externas, reutilización agua depurada, etc.). Para realizar esta evaluación hay que considerar los marcos legales de utilización y la experiencia acumulada que su uso histórico ofrece, además de la disponibilidad durante circunstancias críticas hipotéticas de las que pueden no existir referencias históricas. Asimismo, es recomendable remarcar la autonomía de uso de cada tipo de recursos (de uso exclusivo, condicionado por una concesión o autorización expresa, o compartidos con otros usuarios de abastecimiento u otros usos no urbanos). También se considera conveniente que los PEM incluyan información sobre los efectos que el cambio climático puede producir en la disponibilidad de recursos hídricos y

su variabilidad estacional, aunque se asume que el grado de incertidumbre sigue siendo elevado especialmente. En este sentido se sugiere tomar en consideración el estudio del CEDEX (2017) que trata de trasladar los resultados del quinto informe del IPCC a la evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España.

En segundo lugar, para completar la descripción del sistema de abastecimiento y poder definir los escenarios de escasez coyuntural y las medidas a considerar en un PEM, es necesario caracterizar la estructura de la demanda de agua para usos urbanos. Se debe considerar tanto la evolución histórica como el consumo mensual de agua, a ser posible con datos reales de facturación, para los diferentes usos del agua: domésticos (diferenciando entre viviendas plurifamiliares y unifamiliares), usos comerciales, uso institucional o municipal, usos agropecuarios (riego privado, incluyendo riego de jardines y piscinas privadas, y ganadero urbano), usos industriales, agua no registrada y otros usos. Asimismo, se deberán considerar las demandas ambientales o caudales ecológicos. Una de las opciones que se pueden plantear en los PEM es el establecimiento de reducciones en el consumo en función de la fase de escasez en que se encuentra el sistema, dependiendo de la prioridad y preferencia de uso que se establezca para cada uno, y de acuerdo con lo que plantea el PES para cada UTE.

3.1.2. Medidas de planificación de sequías a escala local: escenarios y actuaciones

Entre las principales medidas de planificación de sequías a escala local se encuentra, por un lado, la elección del indicador más adecuado para cada sistema, que debe quedar definido en función de las variables que representen la fuente principal de provisión de recursos ordinarios. La elección de este indicador debe servir para el establecimiento de los umbrales y escenarios de escasez coyuntural, que determina todo el proceso de toma de decisiones, en función del estado de los recursos hídricos en un sistema. Estos indicadores deberán tener en cuenta los fijados en otros PEM de ámbito superior (como los aprobados por una entidad supramunicipal encargada del abastecimiento en alta) y en el PES. Hay que tener en cuenta que en algunos municipios gran parte de su demanda se atiende con recursos externos al ámbito de la demarcación por lo que los indicadores mostrados en el PES sólo hacen referencia a la parte de la demanda atendida con los recursos propios de la demarcación. Por otro, los PEM deben plantear una serie de actuaciones concretas para cada escenario, utilizando el instrumento normativo que sea necesario por parte de la autoridad competente para garantizar que su interpretación no deje lugar a dudas. Cada medida debe incluir su descripción, su ámbito de aplicación, el momento de activación, los actores encargados de llevarla a cabo y los procedimientos de organización administrativa para realizarla, y, por último, la cuantificación del ahorro o de aportación de recursos alternativos (CHJ, 2019).

Entre las actuaciones orientativas recogidas en las guías para la elaboración de los PEM, se distinguen cinco grupos o tipos de medidas que pueden ser aplicadas en cada fase de escasez de manera independiente o complementaria en función de su naturaleza. El primer grupo son las medidas preventivas, orientadas a mejorar la identificación de las condiciones de inicio de las fases de escasez coyuntural a través de la determinación de umbrales, evaluación periódica y sistemática de los estados de reservas, monitorización de los recursos hídricos y su consumo, inventario de fuentes alternativas y mantenimiento de las infraestructuras. En segundo lugar, las medidas de administración, gestión y operación de los sistemas de suministro encargadas de mejorar la eficiencia del sistema, el desarrollo de procedimientos de operación, actualización y mantenimiento de las fuentes alternativas y los sistemas de monitorización. En tercer lugar, las medidas orgánicas, institucionales y de carácter legal y normativo que deben considerar

actuaciones como la declaración de escenarios, el establecimiento de acuerdos entre usuarios, la revisión de las tarifas, la promulgación de decretos, bandos y ordenanzas, o medidas de vigilancia y sanciones. En cuarto lugar, las actuaciones sobre las infraestructuras, como la comprobación de su estado, el desarrollo de planes de ampliación de fuentes alternativas, o las medidas encaminadas a asegurar la disponibilidad de las instalaciones. En quinto y último lugar, las actuaciones sobre la demanda y de incidencia social. Entre las posibles medidas a adoptar se encuentran limitaciones o prohibiciones en el riego de jardines y zonas verdes, llenado de fuentes ornamentales, limpieza de calles o vehículos, y llenado de piscinas. En este apartado se recomienda incluir el porcentaje de reducción del consumo resultado de la aplicación de estas medidas para cada tipo de usos urbanos y escenario de escasez, incluyendo además el municipio para los PEM de sistemas en alta.

Asimismo, los PEM deben contemplar el coste que suponen las medidas propuestas para cada escenario de escasez en el equilibrio económico y financiero del gestor del sistema de abastecimiento, bien sea por unos costes de explotación más altos, por emplear recursos cuya captación, transporte y tratamiento incrementen los costes, o desde el punto de vista de las medidas de gestión de la demanda, por la reducción de ingresos asociadas a la aplicación de reducción de dotaciones y restricciones a ciertos usos. Estos costes adicionales se indica que deben ser recuperados principalmente a través de las tarifas, aunque en los PEM se deberán de plantear las fórmulas de financiación. Por último, como consecuencia de las posibles restricciones a ciertos usos establecidas en los escenarios de escasez coyuntural más severos, ciertas zonas o usuarios pueden verse especialmente afectados. Para ello, los PEM deben identificar las zonas y circunstancias más vulnerables para intensificar el seguimiento y prever acciones de mitigación de impactos en áreas del sistema que presenten alguna de las siguientes características: áreas que dispongan o dependan fundamentalmente de una única fuente de recursos; áreas de especial interés ecológico o ambiental; grupos de población socioeconómicamente vulnerables y centros de especial vulnerabilidad; usos o actividades económicas que puedan estar directamente afectadas por el impacto de las medidas desarrolladas; recursos susceptibles de requerir la instalación de equipos de bombeo o transporte durante las situaciones de escasez o tratamientos de calidad complementarios.

3.2. Los PEM aprobados en el litoral de Alicante

Con respecto a los contenidos relacionados con la descripción del sistema de abastecimiento, todos los PEM analizados aportan información sobre sus características básicas, incluyendo las infraestructuras, los recursos disponibles, las demandas y las reglas de operación. Sin embargo, no existe suficiente detalle en la descripción del sistema, especialmente en cuestiones clave como la disponibilidad de recursos durante situaciones de sequía, con algunas excepciones como el PEM del CAMB, que incorpora información sobre el volumen embalsado desde 1978, o el de la MCT, que aporta información sobre la disponibilidad de agua por fuente de suministro desde 2003. Asimismo, a pesar de que era uno de los requerimientos para la elaboración de los PEM anteriores a 2018, tan sólo los del CAMB y el CASAMA incorporan un apartado específico donde analizan las sequías históricas producidas desde la década de 1940, evaluando la duración e intensidad de estos episodios, las medidas de gestión adoptadas y su eficacia para reducir la vulnerabilidad de estos sistemas de abastecimiento. Otra de las limitaciones de estos PEM es la relacionada con la descripción de la demanda urbana de agua, ya que no se aporta información suficientemente detallada para cuantificar el consumo de agua de cada tipo de usuario y su variación estacional, con algunas excepciones como el PEM de la MCT y de Calpe.

Los apartados relacionados directamente con la planificación de las situaciones de sequía de los PEM analizados son dos principalmente. Por un lado, todos los planes han determinado y definido una serie de indicadores, umbrales y condiciones de entrada y salida para los distintos escenarios de escasez coyuntural, anteriormente denominados como escenarios operacionales. En el caso de los PEM de la UTE del Vinalopó-Alacantí se pone en evidencia que los indicadores utilizados en el PES están muy lejos de representar la mezcla de recursos hídricos utilizados, que en su mayor parte son distribuidos por la MCT, que construye hasta tres índices para evaluar el estado de escasez coyuntural a partir del nivel de disponibilidad de recursos superficiales provenientes de la cuenca del Segura y de los caudales procedentes del trasvase Tajo-Segura. También, se ha observado que la elección de indicadores es más adecuada en sistemas de abastecimiento locales, como Calpe o Jávea, ya que, aunque las tendencias son similares, la afección de las sequías y las situaciones en las que se superan ciertos umbrales varía sensiblemente entre los indicadores establecidos en el PES para la UTE de la Marina Alta y la de estos sistemas de abastecimiento locales. Asimismo, algunos PEM han modificado la denominación de los cuatro escenarios de escasez coyuntural con respecto a los establecidos en el PES, dividiendo los estados de emergencia en tres fases en función de la severidad de la situación de escasez. Además, en el caso de Calpe, se ha modificado también los umbrales para la entrada en los distintos escenarios, eliminando la situación de prealerta y definiendo la entrada en situación de emergencia a partir de un valor inferior a 0,4, ya que su sistema de abastecimiento es dependiente de los recursos subterráneos, lo que incrementa el nivel de vulnerabilidad a situaciones de sequía y la necesidad de anticipar la adopción de medidas para paliar sus efectos.

Por otro lado, para cada uno de estos escenarios se plantean distintos tipos de medidas cuya repercusión socioeconómica se incrementa conforme aumenta el riesgo de desabastecimiento (Tabla 3). Las medidas de gestión de la demanda son muy similares entre sí y en algunos casos copiadas literalmente de un plan a otro. Las actuaciones más repetidas son la promoción de campañas de concienciación, la limitación de usos no esenciales (como el baldeo, el riego el llenado de piscinas, y el uso en fuentes ornamentales o en torres de refrigeración), la transferencia de derechos de uso del agua con el sector agrario, la utilización de aguas regeneradas para usos no potables, la intensificación de la extracción de recursos subterráneos o los cortes de suministro temporales durante las fases de escasez más severa. En los PEM de las entidades supramunicipales se reconoce su capacidad limitada para definir las actuaciones a escala municipal, que suelen estar más relacionadas con actuaciones sobre la demanda. Una de las principales limitaciones identificadas para las actuaciones propuestas en cada escenario de escasez coyuntural es su falta de concreción y desarrollo, lo que entra en contradicción con la razón de ser de este instrumento: detallar las medidas de gestión de la demanda. Sin embargo, en ellas no se define el ahorro potencial de cada conjunto de medidas ni se especifican los detalles organizativos y de gestión (agentes implicados en el desarrollo de cada medida), económicos (costes previstos), ni el plazo de obtención de las reducciones esperadas. Tan sólo los PEM de Elche, la MCT y Calpe incluyen información relativa a los objetivos de reducción de la demanda de agua, pero sólo en el caso de Calpe para cada tipología de medidas, usuario y fase de escasez coyuntural. Además, estos valores no son resultado de análisis empíricos, sino una simple reproducción de los valores de referencia sugeridos en la guía de AEAS y el MMA (2007).

TIPO DE MEDIDAS	FASE DE ALERTA	FASE DE EMERGENCIA
Preventivas	Campañas de concienciación Mantenimiento y renovación de infraestructuras	Intensificación de las campañas de concienciación Ahorro de agua para usos institucionales Vigilancia de los niveles piezométricos
Administrativas, de gestión y operación	Sectorización de la red Búsqueda activa de fugas Reducción de la presión en la red Mejora de los sistemas de fontanería domésticos, procesos industriales y riego	Incremento de la búsqueda activa de fugas Intensificación de la reducción de la presión en la red Mezcla de agua primaria con aguas de menor calidad Mejora de la eficiencia de ETAP
Orgánicas, Institucionales y de carácter legal y normativo	Diseño de una tarifa de equilibrio financiero Redacción de planes de ahorro de grandes consumidores urbanos (PAGCU)	Modificación tarifaria para desincentivar el consumo. Activación del PAGCU Exigencia de dispositivos técnicos de ahorro de agua Control y penalización de consumos abusivos Transferencia de derechos con el sector agrario
Actuaciones sobre la infraestructura	Mejora de la interconexión de sistemas, la capacidad de las instalaciones y la eficiencia hidráulica Aumento de la producción de agua desalinizada	Utilización de agua regenerada/agua subterránea para usos no potables Explotación de los recursos subterráneos de reserva Activación de las transferencias externas Activación de las desalobradoras
Actuaciones sobre la demanda y de incidencia social		Limitación y prohibición de usos no esenciales Medidas de racionamiento y cortes de suministro temporales

Tabla 3. Principales medidas propuestas en los PEM del litoral de Alicante.

Estas carencias en la descripción del sistema de abastecimiento intervienen en la indefinición y falta de concreción de las medidas planteadas para cada fase de escasez coyuntural. Los nuevos planes deben paliar los déficits presentados en los planes analizados. En primer lugar y con respecto a la descripción del sistema de abastecimiento, es necesario mejorar la información relativa a la variabilidad de la disponibilidad de recursos hídricos, aspecto clave para definir los escenarios de escasez coyuntural y los umbrales de entrada y salida. En segundo lugar, es muy importante solucionar los déficits en la información descriptiva de las demandas, que deben caracterizarse, como mínimo, según los distintos tipos de usuarios a escala mensual. Esta información en ámbitos urbano-turísticos como el litoral de Alicante es vital dada la marcada estacionalidad del consumo de agua, principalmente por la afluencia de residentes temporales y turistas durante el verano. En tercer lugar, la utilidad de los PEM dependerá en gran medida de la planificación y rigurosidad de las medidas propuestas para cada escenario de escasez coyuntural, partiendo de una justificación adecuada, e incorporando una atribución de responsabilidades específica, pasos a seguir, objetivos de ahorro o de aportación de caudales esperado, plazos de inicio-fin, evaluación económica (costes y financiación) y posibles afecciones (tras la identificación de las zonas, recursos o colectivos vulnerables). Asimismo, para contemplar la utilidad de las medidas incluidas en los PEM será necesario implementar protocolos de evaluación y seguimiento de la eficacia de las medidas contempladas para poder identificar los beneficios y limitaciones de cada actuación.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los impactos de la sequía de la primera mitad de la década de los noventa contribuyeron a un cambio de mentalidad en la gestión de las sequías, que se plasmó en un cambio del planteamiento de las políticas hídricas hacia la gestión planificada de este riesgo. A escala nacional, la aprobación del Plan Hidrológico Nacional a principios del 2000 supuso un hito en la planificación de las sequías gracias a la introducción de un sistema de indicadores para conocer el estado hidrológico de los sistemas de explotación y el requerimiento de aprobar Planes Especiales de Alerta y Eventual Sequía (PES) y Planes de Emergencia en sistemas de abastecimiento municipales (PEM) donde se deben detallar las medidas a implementarse en función la intensidad de la sequía (Estrela y Sancho, 2016). La actualización de los PES de 2018 supuso la introducción de una diferencia fundamental en la monitorización de este riesgo, diferenciando entre las situaciones de sequía prolongada y las de escasez coyuntural, lo que significó un avance hacia una mejor gestión de las sequías y la puesta en marcha de medidas para evitar las afecciones sobre las masas de agua y los usos socioeconómicos, respectivamente (Hervás-Gámez y Delgado-Ramos, 2019). No obstante, a escala local el desarrollo del enfoque centrado en la gestión de sequías no se ha desarrollado con la misma intensidad, ya que la aprobación de los PEM no se ha producido de manera uniforme a escala nacional (Vargas y Paneque, 2019), identificando un incumplimiento casi sistemático en algunas regiones en cuanto a la obligación de contar con estos planes (Vargas, 2020).

En este sentido, la provincia de Alicante es una excepción, ya que se ha identificado una mayor preocupación y compromiso por cumplir este requerimiento legal, especialmente en los sistemas de explotación litorales, donde existe una mayor vulnerabilidad ante el riesgo de sequía debido a la menor disponibilidad natural de agua y la intensidad de las demandas de agua. Precisamente, esta proliferación de planes de emergencia en los municipios y entidades supramunicipales encargadas del suministro de agua en alta en el litoral de Alicante se debe a la recurrencia de las situaciones de sequía y a la necesidad de llevar a cabo medidas para evitar sus afecciones potenciales. No obstante, se ha identificado que una de las principales limitaciones en los PEM analizados es la falta de concreción de las medidas planteadas, que se evidencia en una ausencia de definición de los objetivos de reducción de consumo para las medidas planteadas según el escenario de escasez y el tipo de usuario, así como en la falta atribución de responsabilidades. Asimismo, tampoco se detalla cómo se van a implementar las medidas planteadas ni se identifican los indicadores que deben facilitar la evaluación de su eficacia. La revisión de estos PEM y la aprobación de los nuevos, adaptados todos al nuevo PES, deberán incorporar además cuestiones como el análisis del coste económico de las medidas y las afecciones potenciales en las zonas, usuarios y actividades económicas más vulnerables, o el impacto del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos.

Desde el punto de vista geográfico es necesario realizar tres puntualizaciones tras el análisis de la planificación de las sequías en parte del litoral de Alicante. En primer lugar, la importancia de la escala en la gestión de las sequías. En relación con la disminución de la vulnerabilidad ante las situaciones de sequía, la capacidad de maniobra de los municipios y las opciones de plantear medidas de gestión ante situaciones de emergencia es limitada ya que están a expensas de las actuaciones que se llevan a cabo en una escala comarcal-regional para movilizar los recursos extraordinarios (no convencionales, transferencias externas o intercambio de derechos). En este sentido, las medidas llevadas a cabo por las entidades supramunicipales encargadas del suministro de agua en alta, que en muchos casos gestionan gran parte de los recursos hídricos de los sistemas de explotación hidrológica, son estratégicas y vitales para reducir la vulnerabilidad

ante el riesgo de sequías. Esto supone que, a pesar de que los PEM municipales son una herramienta importante para la gestión de este riesgo, es necesario no perder de vista que la escala de trabajo fundamental es, en muchos casos, una escala no administrativa, de ámbito comarcal o regional, que se corresponde con el ámbito territorial de los sistemas de suministro de agua.

Asimismo, se pone de relieve la relevancia de una segunda cuestión para la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento urbano, y es la relacionada con las características geográficas de las fuentes de suministro de agua y la variabilidad de su disponibilidad durante las situaciones de sequía. Tras el desarrollo de la desalinización en buena parte del sureste peninsular la vulnerabilidad al riesgo de sequía se ha reducido, especialmente en gran parte de los municipios del litoral de Alicante que tradicionalmente han requerido la movilización de recursos hídricos de las comarcas del interior u otras provincias para sustentar el desarrollo agrícola y urbano-turístico. Sin embargo, en la actualidad la inversión en infraestructuras hidráulicas para el aprovechamiento de los recursos no convencionales (desalinización y reutilización de aguas depuradas, fundamentalmente) ha disminuido en gran medida el riesgo de sequía en los municipios litorales. Cabe resaltar, además, que antes del desarrollo de la capacidad de desalinización actual, durante la sequía de 2005-2008, algunos de los municipios pertenecientes a la MCT llegaron a aprobar los primeros PEM, antes incluso de la aprobación del primer ciclo de PES en 2007, como muestra los ejemplos de Alicante (2005), Elche (2005) y San Vicente del Raspeig (2006). Posteriormente y tras la ampliación de las desalinizadoras de la MCT, estos PEM no fueron actualizados para adaptarse al PES del 2007, síntoma de la reducción de la vulnerabilidad de estos sistemas de abastecimiento urbano, favorecida asimismo por la tendencia decreciente en el consumo de agua urbano experimentado desde mediados de la primera década del 2000. Sin embargo, en aquellas áreas donde no se ha producido este desarrollo y sigue existiendo una gran dependencia de los recursos convencionales, como las aguas subterráneas, las situaciones de sequía siguen produciendo afecciones, como se puso de relieve en la Marina Alta durante la sequía de 2014-2016 (CHJ, 2018).

Este hecho enlaza con la tercera consideración, y es la necesidad de avanzar en medidas de gestión de la demanda para la gestión de las sequías en el marco de la gobernanza del agua, como muestra el ejemplo de la Marina Baja y el desarrollo de acuerdos entre usuarios urbanos y agrarios. En esta comarca, el impacto socioeconómico de las sequías ha contribuido a la creación de un sistema de suministro, gestionado por el CAMB, en el que se produce una conciliación de intereses y acuerdos entre usuarios para el intercambio de agua de distinta calidad durante las situaciones de sequía que permita reducir las afecciones y restricciones (Ricart et al., 2020a). Estos acuerdos suponen un espejo en el que se mira la comarca vecina de la Marina Alta donde, a pesar de ser el territorio con mayor pluviometría de la provincia de Alicante, la ausencia de una entidad supramunicipal que equilibre las demandas y reduzca las tensiones entre municipios y entre usuarios urbanos y agrícolas por el aprovechamiento de los recursos hídricos supone un factor de primer orden para explicar su mayor vulnerabilidad ante las situaciones de sequía. Las afecciones y restricciones al abastecimiento agrícola y urbano producidas en esta comarca durante el último episodio de sequía (2014/2016) llevó a la aprobación de los PEM de algunos de sus principales municipios (Jávea y Calpe) y el CASAMA, organismo que se reactivó con la intención de plantear soluciones a la crisis hídrica después de casi treinta años caracterizados por la ausencia de actividad (La Marina Plaza, 2014).

A pesar de los avances realizados en materia de gestión planificada de sequías, las actuaciones que más han reducido la vulnerabilidad de los sistemas de suministro del litoral de Alicante han sido medidas reactivas, y no preventivas, como el desarrollo de infraestructuras hidráulicas y

medidas estructurales, es decir, soluciones que requieren obras o acuerdos permanentes cuya definición corresponde a los Planes Hidrológicos de cuenca y no a los PES o los PEM. Es paradigmático el caso de los municipios pertenecientes a la MCT que desde la década de los años 80 recibe aguas procedentes del trasvase Tajo-Segura y más recientemente, desde el inicio del siglo XXI, ha potenciado la desalinización de agua de mar o el caso del CAMB y la construcción de la conducción de emergencia Rabasa-Fenollar-Amadorio para garantizar el abastecimiento en la Marina Baja. Igualmente, la promulgación de medidas reactivas por parte de los Reales Decretos de Sequía para el Júcar 355/2015, y el Segura 356/2015, con sus prórrogas, fueron las que permitieron, algunas medidas en los sistemas de suministro del litoral de Alicante para paliar la paralización del trasvase Tajo-Segura, como la movilización de recursos de agua adicionales a través de la intensificación de la producción de agua desalinizada, las obras de emergencia para incrementar el rendimiento de las desalinizadoras y de los pozos de sequía, el intercambio de derechos de aguas, el desarrollo y puesta en marcha de las infraestructuras de reutilización, o el desdoblamiento de la conducción de emergencia para la Marina Baja y su conexión con la desalinizadora de Mutxamel (Ricart et al., 2020b). Estos hechos ponen de relieve las limitaciones de las estrategias de gestión de la demanda y la planificación de sequías, ya que son las actuaciones para el incremento de la oferta y la puesta en marcha de medidas reactivas las que reducen el impacto de las sequías y la vulnerabilidad de los sistemas de suministro y las que, según algunos autores, serán vitales para afrontar la incertidumbre climática (Stakhiv et al., 2016). En este sentido, hay que señalar la falta de coordinación entre los planes hidrológicos y los planes de gestión de sequías, y en última instancia, la ausencia de un plan hidrológico nacional que aborde los retos y conflictos por el agua entre usuarios y territorios a escala estatal como factores que inciden en la debilidad de la gestión de la demanda y la planificación de las sequías. La gestión planificada de las sequías no puede suplir la falta de soluciones a largo plazo de la planificación hidrológica al problema del desequilibrio entre la oferta de recursos hídricos y la demanda, así como los problemas relativos al coste y la calidad de los recursos no convencionales, que suponen la principal limitación para la sustitución de los caudales trasvasados de la cuenca del Tajo (Villar-Navascués et al., 2020).

Por último, cabe señalar la falta de transparencia y participación en los procesos de elaboración de los planes de emergencia ante situaciones de sequía, que no están obligados a realizar una fase de exposición pública y alegaciones como el resto de los documentos de planificación hidrológica. Asimismo, hay que remarcar la dificultad de acceso a estos documentos una vez aprobados, ya que se requiere su solicitud individualmente a los ayuntamientos, que en muchas ocasiones remite para ello a las empresas concesionarias del servicio de abastecimiento y entidades supramunicipales encargadas del suministro de agua. Sirva de contrapunto los recientes procesos participativos para la redacción de los planes de emergencia en algunos municipios, como Jávea en el litoral de Alicante, o la ciudad de Sevilla, promovidos el marco de algunos proyectos de investigación innovadores y prácticas de planificación hidrológica local participativas (Fundación Nueva Cultura del Agua, 2018). Con la aprobación de los nuevos PEM adaptados a la revisión de los PES aprobados en 2018 queda pendiente analizar su contenido para determinar si las medidas planteadas tienen un suficiente nivel de detalle, conforme a los requerimientos de las guías elaboradas por AEAS y la CHJ en 2019, que garanticen su viabilidad, seguimiento y eficacia. En este sentido, puede ser de utilidad realizar entrevistas semiestructuradas con los actores encargados de su elaboración y los encargados de la gestión del sistema de abastecimiento local (o regional) para conocer sus perspectivas acerca de la utilidad, revisión y seguimiento de estos planes, que ayude a mejorar la gestión de las sequías y a conocer el grado de vulnerabilidad de los sistemas. Asimismo, la investigación futura debe afianzar un mejor conocimiento de las tendencias en las sequías meteorológicas y facilitar la disponibi-

lidad de datos acerca de las sequías históricas con el ánimo de posibilitar su prevención (Pontes Filho et al., 2020). En este sentido, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la Fundación Aragonesa para la Investigación, ha desarrollado recientemente un sistema para la monitorización de la sequía meteorológica en tiempo real, denominado el Monitor de Sequía Meteorológica (<https://monitordesequia.csic.es/>). Esta herramienta ayudará a mejorar el seguimiento de este fenómeno y la alerta temprana con una periodicidad de actualización semanal, a partir del cálculo de dos indicadores basados en los datos de precipitación y evapotranspiración, el *Standardized Precipitation Index* (SPI) y el *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI), a partir de los datos obtenidos de la red de estaciones meteorológicas automáticas de AEMET y la red SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

REFERENCIAS

- Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) (2019). *Guía para la elaboración de planes de emergencia ante situaciones de sequía en sistemas de abastecimiento urbano*. AEAS y Ministerio para la Transición Ecológica.
- Braga, B., y Kelman, J. (2020). Facing the challenge of extreme climate: the case of Metropolitan Sao Paulo. *International Journal of Water Resources Development*, 36(2-3), 1-14. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1698412>
- Centro de estudios y experimentación de obras públicas (CEDEX) (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Chitsaz, N., y Hosseini, S. (2018). Introduction of new datasets of droughts índices based on multivariate methods in semi-arid regions. *Hydrology Research*, 49 (1), 266-280. <https://doi.org/10.2166/nh.2017.254>
- Confederación Hidrográfica del Júcar (2018). *Revisión del Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía*.
- Confederación Hidrográfica del Júcar (CHS) (2019). *Guía para la elaboración de planes de emergencia ante situaciones de sequía en sistemas de abastecimiento urbano en el ámbito de la demarcación hidrográfica del Júcar*.
- Del Moral, L., y Hernández-Mora, N. (2015). La experiencia de sequías en España: Inercias del pasado y nuevas tendencias en la gestión de riesgos. En: *5º Water Governance International Meeting, Water Governance Practices under Water Scarcity*. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Estrela, T., y Sancho, T. A. (2016). Drought management policies in Spain and the European Union: from traditional emergency actions to Drought Management Plans. *Water Policy*, 18, 153-176. <https://doi.org/10.2166/wp.2016.018>
- Fundación Nueva Cultura del Agua. (2018). *Sequía. Guía metodológica para la elaboración participada de planes de gestión de riesgo por sequía en pequeñas y medianas poblaciones*.
- Grillakis, M. G. (2019). Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. *Science of the Total Environment*, 660, 1245-1255. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.001>
- Hervás-Gámez, C., y Delgado-Ramos, F. (2019). Drought Management Planning Policy: From Europe to Spain. *Sustainability*, 11, 1862. <https://doi.org/10.3390/su11071862>
- Matikinca, P., Ziervogel, G., y Enqvist, J. P. (2020). Drought response impacts on house-

- hold water use practices in Cape Town, South Africa. *Water Policy*, 22, 483-500. <https://doi.org/10.2166/wp.2020.169>
- MedECC, Cramer, W., Guiot, J., y Marini, K. (Eds.) (2020). Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report. Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP.
 - Morote, A.F., Olcina, J., y Hernández, M. (2019). The Use of Non-Conventional Water Resources as a Means of Adaptation to Drought and Climate Change in Semi-Arid Regions: South-Eastern Spain. *Water*, 11 (93). <https://doi.org/10.3390/w11010093>
 - Olcina, J. (2001). Causas de las sequías en España. Aspectos climáticos y geográficos de un fenómeno natural. En: A. Gil, A., y A. Morales (Eds.), *Causas y consecuencias de las sequías en España* (pp. 49-109). Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo.
 - Paneque, P. (2015). Drought Management Strategies in Spain. *Water*, 7 (12), 6689–6701. <https://doi.org/10.3390/w7126655>
 - Paneque, P., La Fuente, R., y Vargas, J. (2018). Public Attitudes toward Water Management Measures and Droughts: A Study in Southern Spain. *Water*, 10, 369. <https://doi.org/10.3390/w10040369>
 - Ministerio de medio ambiente (MMA) (1998). *Libro Blanco del Agua en España*. Secretaría de Estado y Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.
 - Pontes Filho, J. D., Souza Filho, F. d. A., Passos Rodrigues Martins, E. S., y De Carvalho Studart, T. M. (2020). Copula-Based Multivariate Frequency Analysis of the 2012–2018 Drought in Northeast Brazil. *Water*, 12, 834. <https://doi.org/10.3390/w12030834>
 - Ricart, S., Arahetes, A., Villar-Navascués, R., y Berenguer, J. (2020a). More water exchange, less water scarcity? Driving factors from conventional and reclaimed water swap between agricultural and urban–tourism activities in Alicante, Spain. *Urban Water Journal*, 16(10), 677-686. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1726408>
 - Ricart, S., Villar-Navascués, R. A., Gil-Guirado, S., Rico-Amorós, A. M. y Arahetes, A. (2020b). How to close the gap of desalinated seawater for agricultural irrigation? Confronting attitudes between managers and farmers in Alicante and Murcia (Spain). *Water*, 12, 1132. <https://doi.org/10.3390/w12041132>
 - Rico, A. M. (2004). Sequías y abastecimientos de agua potable en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 37, 137-181.
 - Samaniego, L., Thober, S., Kumar, R., Wanders, N., Rakovec, O. et al. (2018). Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nature Climate Change*, 8, 421-426. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5>
 - Soriano, M., Martín, A., Otaola, I., Larrinoa, R. y Alcocer, P. A. (2014). *Guía para la elaboración de planes de emergencia de sequías en poblaciones medianas*. Grupo de Trabajo de Planificación Comisión I.
 - Stakhiv, E. Z., Werick, y Brumbaugh, R. W. (2016). Evolution of drought management policies and practices in the United States. *Water Policy*, 18, 122-152. <https://doi.org/10.2166/wp.2016.017>
 - Vargas (2020). Análisis sobre el cumplimiento de los Planes de emergencia por sequía para abastecimientos urbanos en Andalucía. *Cuadernos Geográficos*, 59(2), 241-262. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.10765>
 - Vargas, J., y Paneque, P. (2019). Challenges for the integration of water resource and drought-risk management in Spain. *Sustainability*, 11, 308. <https://doi.org/10.3390/su11020308>
 - Villar-Navascués, R. A., y Rico-Amorós, A. M. (2020). Los planes de emergencia ante situaciones de sequía en los municipios de la Costa Blanca. En: J. Farinós (Coord.), *Desafíos y oportunidades de un mundo en transición. Una interpretación desde la Geografía*, 239-

250. Tirant lo Blanch y Universitat de València.

- Villar-Navascués, R. A., Ricart, S., Gil-Guirado, S., Rico-Amorós, A. M., y Arahuetes, A. (2020). Why (Not) Desalination? Exploring Driving Factors from Irrigation Communities' Perception in South-East Spain. *Water*, 12(9), 2408. <https://doi.org/10.3390/w12092408>
- Wilhite, D. (2000). *Drought: A Global Assessment*. Routledge.