



Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes



Excmo. Ayuntamiento de Orihuela



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Riesgo de inundación en España:
análisis y soluciones para la generación
de territorios resilientes

Editores:

M^a Inmaculada López Ortiz
Joaquín Melgarejo Moreno

© los autores, 2020
© de esta edición: Universitat d'Alacant

ISBN: 978-84-1302-091-4

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.

Coordinado por:

Patricia Fernández Aracil

ÍNDICE

PRESENTACIÓN: DE LAS ROGATIVAS A LA GESTIÓN DE LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA , <i>M^a Inmaculada López Ortiz y Joaquín Melgarejo Moreno</i>	13
PRÓLOGO: CONVIVIR CON LA INUNDACIÓN , <i>Jorge Olcina Cantos</i>	21
BLOQUE I. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	25
EFICACIA DE LAS MEDIDAS MULTI-ESCALA PARA REDUCIR EL POTENCIAL EROSIVO Y LOS ARRASTRES DE SEDIMENTOS EN CUENCAS SEMI-ÁRIDAS , <i>Luis G. Castillo Elsitdié, Juan T. García Bermejo, Juan Manuel García-Guerrero, José María Carrillo Sánchez, Francisco Javier Pérez De La Cruz</i>	27
PRECIPITACIONES INTENSAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA. ANÁLISIS, SISTEMAS DE PREDICCIÓN Y PERSPECTIVAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO , <i>Jorge Tamayo Carmona, José Ángel Núñez Mora</i>	49
LIMITACIONES AL USO DEL SUELO EN ZONAS INUNDABLES: LEGISLACIÓN DE AGUAS, URBANÍSTICA Y DE PROTECCIÓN CIVIL , <i>Ángel Menéndez Rexach</i> ...	63
FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SISTEMAS DE ALERTA ANTE INUNDACIONES , <i>Gregorio Pascual Santamaría</i>	83
REVISIÓN DE LOS EVENTOS MÁXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN EN EL DOMINIO CLIMÁTICO DE LA MARINA ALTA Y LA MARINA BAJA (ALICANTE) , <i>Javier Valdés Abellán, Mauricio Úbeda Müller</i>	109
INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDITERRÁNEO , <i>María del Carmen Llasat Botija</i>	127
DANA 2019 Y ASPECTOS RELATIVOS A LA ESTIMACIÓN Y TRATAMIENTO DEL RIESGO ASOCIADO A INUNDACIONES , <i>Luis Altarejos García, Juan T. García Bermejo, José María Carrillo Sánchez, Juan Manuel</i>	143
IMPLANTACIÓN DEL SERVICIO SMART RIVER BASINS EN LA VEGA BAJA DEL SEGURA , <i>Álvaro Rogríguez García, Ramón Bella Piñeiro, Xavier Llord, Simón José Pulido Leboeuf, Manuel Argamasilla Ruiz</i>	167
METEOROLOGÍA DE LAS INUNDACIONES MEDITERRÁNEAS , <i>Agustí Jansà Clar</i>	185
IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE PREDICCIÓN Y ALERTA DE INUNDACIONES EN GALICIA , <i>Jerónimo Puertas Agudo</i>	207
PLATAFORMAS DE ALERTA TEMPRANA Y DE GESTIÓN DE AVENIDAS. VISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN LOCAL , <i>Miguel Fernández Mejuto</i>	225
EL RIESGO DE INUNDACIÓN EN RAMBLAS Y BARRANCOS MEDITERRÁNEOS , <i>Ana M^a Camarasa-Belmonte</i>	239
ESTADO DE IMPLANTACIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (P.G.R.I.) EN ESPAÑA , <i>Mónica Aparicio Martín, Juan Francisco Arrazola Herreros, Francisco J. Sánchez Martínez</i>	257
INUNDABILIDAD Y PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA: HACIA EL ACLOPLAMIENTO DE LA CIUDAD A LA MATRIZ BIOFÍSICA DEL	

TERRITORIO , <i>Pedro Górgolas Martín</i>	281
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LOS AZARBES DEL BAJO SEGURA Y EL BAIX VINALOPÓ TRAS LAS INUNDACIONES DE SEPTIEMBRE DE 2019 , <i>Gema Marco Dos Santos, Ignacio Meléndez Pastor, María Belén Almendro Candel, José Navarro Pedreño, Ignacio Gómez Lucas</i>	305
DELIMITACIÓN DE ZONAS INUNDABLES: EVOLUCIÓN LEGISLATIVA Y RÉGIMEN VIGENTE , <i>Ángel Menéndez Rexach</i>	315
PARTICULARIDADES DE LA PERIURBANIZACIÓN EN EL LITORAL MEDITERRÁNEO COMO CONDICIONANTE DEL RIESGO DE INUNDABILIDAD , <i>Antonio Gallegos Reina</i>	325
LA CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD COMO BASE DE LOS PLANES DE EMERGENCIA: ANÁLISIS-DIAGNÓSTICO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE DAYA VIEJA (ALICANTE) , <i>Antonio Oliva Cañizares, Alejandro Sainz-Pardo Trujillo y Esther Sánchez Almodóvar</i>	333
VULNERABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO TERRITORIAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA, PROVINCIA DEL AZUAY (ECUADOR) , <i>Johnny Mena Iza, Yessenia Alquina Herrera, Teresa Palacios Cabrera</i>	347
PREDICCIÓN DE INUNDACIONES A PARTIR DE TORMENTAS DE DISEÑO Y CAMBIOS EN EL TERRITORIO EN CINCO CUENCAS HIDROLÓGICAS (SE ESPAÑA) , <i>Antonio Jódar Abellán, Javier Valdés Abellán, Concepción Pla, Miguel Ángel Pardo Picazo, Pedro Jiménez Guerrero, Daniel Prats</i>	357
ESTIMACIÓN GEOESTADÍSTICA DE CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA EN EL TRAMO TORO-ZAMORA: POSIBLE INCIDENCIA DE LA SINUOSIDAD DEL RÍO DUERO EN LA LAMINACIÓN DE LAS PUNTAS DE CRECIDA , <i>José Fernando Muñoz Guayanay, Carolina Guardiola Albert y Andrés Díez Herrero</i>	367
EFFECTOS DE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2019 SOBRE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS Y LAS AGUAS EN LA ZONA DE CARRIZALES (ELCHE-ALICANTE) , <i>José Miguel de Paz, Alberto Lamberti, Fernando Visconti</i>	377
PREVENCIÓN FRENTE A PRESENCIA DE TRIHALOMETANOS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO DURANTE INUNDACIONES , <i>Arturo Albaladejo Ruiz, María Yolanda Pérez Bragado</i>	389
ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SU IMPACTO EN LA RESPUESTA HIDROLÓGICA EN LA CUENCA DEL EMBALSE DE GUADALEST , <i>Teresa Palacios Cabrera, Javier Valdés Abellán, Antonio Jódar Abellán, Rafael Alulema</i> .	399
RECIENTES EPISODIOS DE LLUVIAS E INUNDACIONES EN LA DEPRESIÓN PRELITORAL MURCIANA , <i>Encarnación Gil-Meseguer, Miguel Borja Bernabé-Crespo, José María Gómez-Espín</i>	409
RECIENTES EPISODIOS DE LLUVIAS E INUNDACIONES EN EL LITORAL DE LA REGIÓN DE MURCIA , <i>Miguel Borja Bernabé-Crespo, Encarnación Gil- Meseguer, José María Gómez-Espín</i>	419
SISTEMA DE ALERTA ANTE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MURCIA , <i>Pedro Daniel Martíenz Solano, Lorena Martínez Chenoll, Dorota Nowicz</i>	431
CONFLICTOS ENTRE DESARROLLO URBANO E INUNDABILIDAD EN LA AGLOMERACIÓN URBANA DE GRANADA , <i>Alejandro L. Grindlay Moreno, F. Emilio, Molero Melgarejo, Jorge Hernández Marín</i>	441

VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL SEGURA DURANTE 1951-2018, Amar-Halifa-Marín, Miguel Ángel Torres Vázquez, Juan Sndrés García-Valero, Antonio Jesús Castillo Cascales, Juan Esteban Palenzuela Cruz.....	451
LOS BARRANCOS DE LA SIERRA DE ORIHUELA EN LAS INUNDACIONES DEL BAJO SEGURA: EL CASO DE LA RAMBLA DE BONANZA, Estela García Botella, Antonio Prieto Cerdán, Juan Antonio Marco Molina, Pablo Giménez Font, Ascensión Padilla Blanco	465
INUNDACIÓN POR TSUNAMIS. SIMULACIONES NUMÉRICAS A MUY ALTA RESOLUCIÓN, Carlos Sánchez Linares, Alejandro González del Pino, Jorge Macías Sánchez	477
LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS ÁMBITOS URBANOS. UN ELEMENTO A TENER EN CUENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO, Luis Miguel García Lozano	489
BLOQUE II. MEDIDAS DE MITIGACIÓN E INFRAESTRUCTURAS	499
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES: PROPUESTAS, Jorge Olcina Cantos	501
EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN DE LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA: RETOS FUTUROS, Teodoro Estrela Monreal.....	517
LA GESTIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES EN ÁREAS URBANAS: DE RIESGO A RECURSO, María Hernández Hernández, David Sauri Pujol, Álvaro-Francisco Morote Seguido	531
CRECIDAS, INUNDACIONES Y RESILIENCIA: RESTAURACIÓN FLUVIAL CONTRA LOS FALSOS MITOS, Alfredo Ollero Ojeda	549
EXPERIENCIAS Y PROPUESTAS PARA AUMENTAR LA RESILIENCIA URBANA FRENTE A INUNDACIONES, M^a Elena García de Consuegra Priego	569
ESTADO DE RIESGO DE LA VEGA BAJA DEL RÍO SEGURA FRENTE A INUNDACIONES. NECESIDAD DE REALIZAR UN PLAN DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, José Vicente Benadero García-Morato, Pedro Ignacio Muguruza Oxinaga, Jordi Marín Abdilla	591
INCREMENTO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO Y POSIBLE NO ESTACIONARIEDAD DE FENÓMENOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS RELATIVOS A CRECIDAS E INUNDACIONES, Francisco Cabezas Calvo-Rubio	611
EL EFECTO LAMINADOR DE LOS EMBALSES DURANTE LAS AVENIDAS, Luis Garrote de Marcos, Paola Bianucci	629
LAS POLÍTICAS DE GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES DE DISTINTOS ORGANISMOS MULTILATERALES Y SU REPERCUSIÓN SOBRE EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES, Ignacio Escuder Bueno	647
LA ADAPTACIÓN COMO HERRAMIENTA CLAVE PARA DISMINUIR LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN, Francisco Javier Sánchez Martínez, Mónica Aparicio Martín, Juan Francisco Arrazola Herreros	659
ESTUDIO DE IMPACTO DE TSUNAMIS EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS, Miguel Llorente Isidro, Marta Fernández-Hernández, Alejandro González del Pino, Julián García-Mayordomo, Juan Vicente Cantavella Nadal, Jorge Macías Sánchez, Juan-Tomás Vázquez, Carlos Sánchez Linares, Carlos Paredes Bartolomé, Ricardo León Buendía	684

ENFOQUE PROBABILÍSTICO PARA LA SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE INFRAESTRUCTURAS, <i>Alvaro Sordo-Ward, Iván Gabriel-Martín, Luis Garrote de Marcos</i>	701
CONSIDERACIONES SOBRE LA PELIGROSIDAD EN ZONAS URBANAS FRENTE A NUNDACIONES MEDIANTE SIMULACIONES A PARTIR DE MODELOS 2D, <i>José María Carrillo Sánchez, Luis G. Castillo Elsitdié, Juan T. García Bermejo, Juan Manuel García-Guerrero, Luis Altarejos García, Francisco Javier Pérez De La Cruz</i>	723
LA GESTIÓN EXTRAORDINARIA DE GRANDES INFRAESTRUCTURAS DURANTE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2019: EL AZUD DE OJÓS, <i>Carlos Marco Ayala</i>	743
NUEVOS USOS EN EL NUEVO CAUCE DEL TURIA COMPATIBLES CON SU DEFENSA DE VALENCIA FRENTE A INUNDACIONES, <i>Francisco J. Vallés-Morán, Beatriz Nacher Rodríguez</i>	759
SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE. TIPOS Y OBJETIVOS, <i>Héctor Fernández Rodríguez, Arturo Trapote Jaume, Miguel Fernández Mejuto</i>	773
INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN EL DISEÑO DE COLECTORES Y EN EL RIESGO DE INUNDACIÓN, <i>Arturo Trapote Jaume</i>	787
RESEARCH ON URBAN WATERLOGGING IN CHINA, <i>Yang Yang</i>	797
GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA, <i>José Alberto Redondo Orts, M. Inmaculada López Ortiz</i>	805
EL PROBLEMA DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL EN EL NÚCLEO URBANO DE ASPE (ALICANTE), <i>Esther Sánchez Almodóvar, Javier Martí Talavera</i>	817
AS OBRAS DE PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES NO MARCO DA ECONOMIA CIRCULAR, <i>Felipe da Silva Claudino</i>	829
DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA HIDROLÓGICA. DESARROLLO DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA LA GESTIÓN RESILIENTE DE LAS INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS URBANAS, <i>Ramón Egea Pérez, Francisco José Navarro González</i>	841
EFFECTO SOBRE LAS INUNDACIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA RAMBLA DEL ALBUJÓN, <i>Adrián López Ballesteros, Javier Senent Aparicio, Julio Pérez Sánchez, Patricia Jimeno Sáez</i>	855
METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN DE REDES DE DRENAJE MEDIANTE LA INCLUSIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL HIDRÁULICO, <i>Leonardo Bayas-Jiménez, F. Javier Martínez-Solano, Pedro L. Iglesias-Rey</i>	863
SOSTENIBILIDAD COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES: UNA BREVE REFLEXIÓN, <i>Francine Cansi, Paulo Márcio Cruz, Liton Lannes Pilau Sobrinho</i>	873
LA RAMBLA DE ABANILLA-BENFERRI COMO PARADIGMA PARA EL ESTUDIO DEL CONOCIMIENTO TRADICIONAL RELATIVO AL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE AVENIDA, <i>Juan Antonio Marco Molina, Pablo Giménez Font, Ascensión Padilla Blanco, Estela García Botella, Antonio Prieto Cerdán</i>	881

LA RECUPERACIÓN DE COSTES Y LA FINANCIACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE DAÑOS DE INUNDACIONES, Marcos García-López, Borja Montaña, Joaquín Melgarejo	897
SISTEMA DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS Y ELEMENTOS FLOTANTES PROCEDENTES DE ALIVIOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE ALICANTE, Luis Gabino Cutillas Lozano, Miguel Rodríguez Mateos	907
SOLUCIONES A LAS INUNDACIONES DE LA CALA DE FINESTRAT, Miguel Angel Pérez Pascual, Pablo Alemany Sánchez	917
BLOQUE III. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA, AMBIENTAL Y JURÍDICA	931
PLANIFICACIÓN SECTORIAL Y GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES: AVANCES EN LA ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN TÉCNICO-JURÍDICA, Asensio Navarro Ortega	933
SEGURO DE INUNDACIÓN EN ESPAÑA: EL SEGURO DE RIESGOS EXTRAORDINARIOS, Francisco Espejo Gil	957
LA COMUNICACIÓN, UN PILAR FUNDAMENTAL EN LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES, Fermín Crespo Rodríguez	973
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN A LAS INUNDACIONES EN ESPACIOS TURÍSTICOS DEL LITORAL MEDITERRÁNEO, Anna Ribas Palom	983
LA RESPONSABILIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN EN SUPUESTOS DE DAÑOS ORIGINADOS POR INUNDACIONES: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO, Jesús Conde Antequera	1001
EVALUACIÓN DE IMPACTO SOCIAL COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE POR INUNDACIÓN, Antonio Aledo, Pablo Aznar-Crespo, Guadalupe Ortiz	1023
LA NUEVA ESTRATEGIA DEL DERECHO EN LA REGULACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RIESGOS DE INUNDACIONES, José Esteve Pardo	1041
METODOLOGÍA Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COSTE BENEFICIO PARA OBRAS ESTRUCTURALES EN LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (P.G.R.I.), Francisco J. Sánchez Martínez, Juan Antonio Hernando Cobeña, Mónica Aparicio Martín, Silvia Cordero Rubio, Miguel Aldea Pozas, Elena Martínez Bravo	1049
ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL PARA LA GESTIÓN Y COMUNICACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES, Juan Antonio García Martín, María Amérigo Cuervo-Arango, José María Bodoque del Pozo, Andrés Díez-Herrero, Raquel Pérez-López, Fernando Talayero Sebastián	1069
¿ES LA NORMATIVA ESPAÑOLA UNA HERRAMIENTA ADECUADA PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS NATURALES?, Jesús Garrido Manrique	1087
EL FORO FUERZA VEGA BAJA: NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE FINANCIACIÓN, Armando Ortuño Padilla, Santiago Folgueral Moreno, Fabio Amorós Fructuoso	1107
METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR AVENIDAS E INUNDACIONES, Alberto del Villar García	1129
LA FORMACIÓN Y PERCEPCIÓN SOBRE EL RIESGO DE INUNDACIÓN. UNA EXPLORACIÓN A PARTIR DE LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DEL FUTURO PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA, Álvaro-Francisco Morote,	

<i>María Hernández</i>	1143
EL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO Y LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN , <i>Patricia Fernández Aracil</i>	1153
ECONOMIA CIRCULAR: A REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUAIS NO SETOR URBANÍSTICO COMO BENEFÍCIO DO TURISMO NACIONAL , <i>Joline Picinin Cervi</i>	1163
LECCIONES DEL ETNOCONOCIMIENTO INDÍGENA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES SÚBITAS. EL CASO DE LA COMUNIDAD INDÍGENA NASA (CAUCA-COLOMBIA) , <i>Isaleimi Quiguapumbo Valencia, Antonio Aledo Tur, Sandra Ricart Casadevall</i>	1171
ENSAYO SOBRE LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA AMENAZA: INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO JUQUERI, SÃO PAULO – BRASIL , <i>Rodolfo Baesso Moura, Fernando Rocha Nogueira, Rafael Costa e Silva, Samia Nascimento Sulaiman, Lucas Rangel Eduardo Silva, João Henrique José Vieira</i>	1181
PROGRAMA DE EDUCACIÓN INFANTIL EN EL RIESGO DE INUNDACIONES ‘VENERO CLARO-AGUA’ (ÁVILA) , <i>Andrés Díez Herrero, Mario Hernández Ruiz, Pablo Díez Marcelo, Carlos Carrera Torres</i>	1191
MEJORA DE LA PERCEPCIÓN Y CONOCIMIENTO INFANTIL SOBRE EL RIESGO DE INUNDACIONES: PROGRAMA ‘VENERO CLARO-AGUA’ (ÁVILA) , <i>Mario Hernández Ruiz, Miguel García-Pozuelo Ben, Andrés Díez Herrero, Carlos Carrera Torres</i>	1201
PRIMERA APROXIMACIÓN AL REGISTRO DE AVENIDAS E INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA , <i>Andrés Díez Herrero</i>	1211
MANIFESTACIONES CULTURALES POPULARES EN TORNO A LAS AVENIDAS E INUNDACIONES EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA , <i>Andrés Díez Herrero</i>	1221
MEDIDAS Y ACCIONES PREVENTIVAS CONTRA INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL SEGURA: UNA PERSPECTIVA HISTÓRICO-JURÍDICA , <i>Francisco José Abellán Contreras</i>	1231
LAS NARRATIVAS DE LOS PLANES GUBERNAMENTALES COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA IMPOSICIÓN DE UN NUEVO CICLO DE EXPLORACIÓN EN LA REGIÓN AMAZÓNICA: EL CASO DE LAS HIDROELÉCTRICAS EN BRASIL , <i>Pedro Abib Hecktheuer, Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza</i>	1241
ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE DAÑOS POTENCIALES SOBRE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE POR INUNDACIONES EN EL TRAMO TORO-ZAMORA , <i>Lei Dai, Manuel Romana García, Andrés Díez Herrero</i>	1257
EL GÉNERO COMO FACTOR DE FORMULACIÓN PARA LA CREACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTALES , <i>Marcus Alexsander Dexheimer, Mably Rosalina Fernandes</i>	1267
CARTOGRAFÍA DE RIESGOS DE INUNDACIÓN Y PLANIFICACIÓN. PROPUESTAS PARA BRASIL DESDE LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA , <i>Andrés Molina Giménez, Ximena Cardozo Ferreira</i>	1275
EVALUACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LA DIMENSIÓN SOCIAL Y LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN: ¿CAMBIO O CONTINUIDAD PARADIGMÁTICA? , <i>Ángela Olcina-Sala, Guadalupe Ortiz, Pablo Aznar-Crespo</i>	1283

RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA DE LOS ENTES LOCALES POR FALTA DE MANTENIMIENTO O INDADECUACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO, <i>Belén Burgos Garrido</i>	1293
DE LA ROGATIVA POR EL AGUA A LA INTERVENCIÓN PREVENTIVA POR INUNDACIÓN. LA HUELLA DEL DERECHO EN LA FACHADA MEDITERRÁNEA PENINSULAR (I), <i>M^a Magdalena Martínez Almira</i>	1305
PUBLICACIONES CIENTÍFICAS ESPAÑOLAS SOBRE INUNDACIONES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA <i>WEB OF SCIENCE</i>, <i>Andrés Díez Herrero, Julio Garrote Revilla</i>	1321

ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SU IMPACTO EN LA RESPUESTA HIDROLÓGICA EN LA CUENCA DEL EMBALSE DE GUADALEST

Teresa Palacios Cabrera

Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Universidad Central de Ecuador, Ecuador
tapalacios@uce.edu.ec

Javier Valdes Abellan

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, España
javier.valdes@ua.es

Antonio Jódar Abellán

Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante, España
antonio.jodar@ua.es

Rafael Alulema

Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Universidad Central de Ecuador, Ecuador
raalulema@uce.edu.ec

RESUMEN

El estudio analiza los cambios en la lluvia-escorrentía producto de los cambios en la cubierta terrestre entre 1990-2018 en la cuenca del Embalse de Guadalest con una superficie de 122,5 km², utilizando el modelo del Centro de Ingeniería Hidrológica-Sistema de Modelado Hidrológico (HEC-HMS) y detección remota a escala diaria para capturar la dinámica hidrológica compleja: técnicas de SIG (sistema de información geográfica). El propósito es analizar la evolución espacio temporal de la respuesta hidrológica en 12 subcuencas y la dinámica de los cambios en el uso de la tierra /cobertura de la tierra para los años 1990, 2000, 2006, 2012 y 2018. Los hallazgos revelan un cambio de tipo de vegetación esclerófila en un porcentaje de 81,56 % en el esenario inicial 1990, a pastizales naturales con un porcentaje de 81,55 % en el esenario 2018, una disminución de las áreas agrícolas y conversión a bosques de coníferas, pastizales naturales en un porcentaje de 60 % aproximadamente en el mismo período; estos cambios influyen en una disminución de la evapotranspiración (ET) e infiltración en general, con un aumento de la escorrentía en principio pero conforme transcurre el tiempo disminuye trayendo como consecuencia un deficit en la oferta de agua. Los resultados de detección de cambios del suelo entre los años 1990–2018 fueron corroborados con los valores de los números de curva obtenidos. El análisis cíclico y de tendencia de las series históricas de precipitación permite evidenciar una ciclicidad de cinco años y una tendencia decreciente desde 1984 hasta el 2018. Estos hallazgos proporcionan a los responsables de la planificación urbana información muy útil frente a los efectos de las inundaciones repentinas, que han costado incluso vidas humanas en las cuencas de barrancos estudiadas en los últimos años.

1. INTRODUCCIÓN

Las modificaciones humanas, como el cambio de la cobertura del suelo, el riego, urbanizaciones, etc.,

producen cambios en la respuesta hidrológica, en los últimos años, la aplicación de técnicas de teledetección ha contribuido en el mapeo de los cambios de los usos del suelo. Petchprayoon et al. (2010), enfatizó el impacto del uso de la tierra / cobertura de la tierra en el alivio del problema de la inundación, ya que la variación de este factor puede dar lugar a modificaciones significativas en la respuesta hidrológica de las cuencas afectadas (Jodar-Abellan et al., 2019).

Las intensidades de lluvia y los cambios en el uso del suelo están relacionados debido, a que las áreas urbanas modifican el clima regional a través de varias alteraciones en el efecto albedo, emisiones de efecto invernadero, entre otros, variando los equilibrios de agua y la energía superficial. Al final del verano, la temperatura de la superficie del agua cálida del mar Mediterráneo aumenta la energía convectiva de las masas de aire superpuestas y la compleja topografía de estas áreas costeras aumenta la convección húmeda (Amengual et al., 2015; Ballesteros et al., 2018), lo que lleva a eventos de lluvia de muy alta intensidad. Las consecuencias de esta situación se identificaron ampliamente en muchos estudios en las provincias más afectadas del sudeste de España como Almería (Molina-Sanchis et al., 2016), Murcia (Conesa García, 1985; Amengual et al., 2015; Hooke, 2016), Murcia y Alicante (Pérez-Morales et al., 2015).

A lo largo de la costa mediterránea española, se extiende el riesgo de inundaciones repentinas derivadas de una multitud de factores como es un régimen de precipitaciones con presencia de eventos de corta y muy alta intensidad, una orografía relativamente montañosa y con presencia de cuencas de escaso tamaño lo que favorece la aparición de procesos de generación y acumulación de escorrentía muy rápidos. Adicionalmente, en las últimas décadas algunos autores han detectado un cambio en los usos del suelo que está aumentando, provocando un alto riesgo de inundación a través de un aumento de los caudales pico y un descenso en el tiempo de respuesta de estas cuencas (Jodar-Abellan et al., 2019; Jeong, 2016; Pérez-González, 2002).

En el presente estudio para complementar el análisis, se utilizó la herramienta HEC-HMS versión 4.4, es un modelo hidrológico que estudia a escala de cuenca con pasos de tiempo subdiarios, necesarios para simular correctamente la respuesta hidrológica de las cuencas de concentración a corto plazo (Boithias, 2017; Jeong, 2016; López-Chicano et al., 2002). El modelo HEC-HMS (“Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System”) fue diseñado para simular procesos de lluvia-escorrentía en sistemas dendríticos de cuencas, es por ello que se utilizó en el presente estudio. Este modelo se ha aplicado ampliamente en cuencas no calibradas obteniendo, en general, buenos resultados (Boongaling, 2018; Gassman, 2007). La literatura científica informa de modelos robustos no calibrados con resultados apropiados en cuencas no calibradas. Incluso, en regiones semiáridas, algunas experiencias mostraron modelos no calibrados y calibrados con resultados similares (Beven, 2012; Belnap et al., 2001; Zheng et al., 2008; López-Chicano et al., 2002).

2. ÁREA DE ESTUDIO

El embalse de Guadalest se encuentra dentro de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), con una capacidad de 13 hm³ y una lámina de agua de 64 ha, la subcuenca vertiente al embalse tiene una superficie de 122,5 km² y nace en de la confluencia de los barrancos de Fabara y Beniardá al pie de la Sierra del Serella.

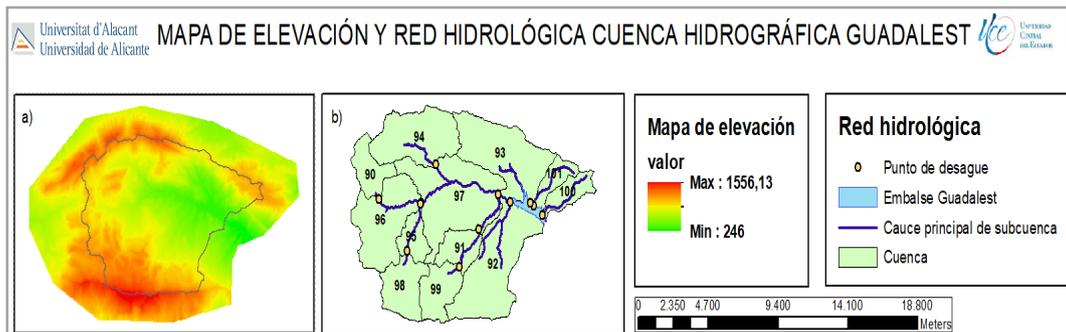


Figura 1. Mapa de elevación y red hidrológica Cuenca Hidrográfica Guadalest.

La orografía característica de la región en la que se enmarca la investigación tiene elevaciones de hasta 1400 m a distancias inferiores a 20 km de la línea de costa, dando lugar a procesos de concentración de la escorrentía muy rápidos (fast floods) que aumentan el riesgo de inundaciones repentinas (Conesa-García, 1985; Camarasa-Belmonte et al., 2016; Valdes-Abellan et al., 2017; Ballesteros et al., 2018; Nogueira de Andrade and Szlafsztein, 2018; Zhong et al., 2018). En cuanto a su geomorfología, las formaciones geológicas identificadas presentan deferentes litologías tales como: gravas, arenas, arcillas y limos de depósitos de glaciares y estribaciones, con algunas inclusiones de areniscas y calizas (IGME, 2018). La precipitación se distribuye de manera desigual a lo largo del año, con veranos secos y otoños que concentran la mayor parte de la precipitación. Los datos climáticos de precipitación y temperatura fueron proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2018).

La Cuenca del Embalse Guadalest se dividió en 12 unidades asignándoles códigos que van desde: 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, conforme se describe en la Figura 1b, es importante considerar de aquí en adelante éste codificación para el estudio desarrollado.

3. METODOLOGÍA

3.1 Fuentes de información

El modelo digital de elevación (DEM) fue obtenido en formato raster disponible de la página web del Instituto Geográfico Nacional, IGN (CNIG, 2017), con un tamaño de celda de 5m x de acuerdo con la metodología mostrada en (Tarboton, 1997). Este modelo digital de elevación fue prefiltrado usando herramientas GIS para eliminar sumideros y picos evitando así los sistemas de drenajes discontinuos. La información sobre el tipo de suelo y su permeabilidad fue obtenida del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en formato shapefile escala 1:50.000 (IGME, 2018).

La investigación del uso de la tierra y clasificación de la cobertura fue obtenida del Proyecto de Orden Ministerial Corine Land Cover, a partir de la información disponible en el IGN en formato vectorial tipo polígono, a escala 1:100.000 y con tamaño mínimo del polígono de 25 ha. Se valoraron cinco escenarios temporales de uso y ocupación del suelo según este proyecto para los años 1990, 2000, 2006, 2012 y 2018 y denominados en este trabajo como CLC1990, CLC2000, CLC2006, CLC2012, CLC2018 respectivamente.

3.2 Análisis de la información espacial, del uso del suelo y su evolución temporal

La red de drenaje en la cuenca vertiente se obtuvo utilizando el DEM a través de un proceso automatizado mediante el uso de programas SIG. La generación de escorrentía en la cuenca fue estimada a partir de la combinación de la información de usos del suelo, tipo y permeabilidad del suelo y pendiente (clasificada esta última en dos grupos: 0 %-3 % y >3 %). Cada combinación de los anteriores factores fue asimilado a un umbral de escorrentía de acuerdo a la norma española 5.2-IC

(BOE, 2016), la cual está basada en el método racional. A continuación, la extensión total de la cuenca fue subdividida en 12 unidades o subcuencas tratando de respetar la red de drenaje previamente obtenida a partir del DEM y buscando la mayor homogeneidad en cuanto a generación de escorrentía en el interior de cada subcuenca. Se determinó para cada subcuenca las características de superficie, longitud y pendiente del cauce principal de su red de drenaje, tiempo de concentración, tipos de suelo, tipos de vegetación, cambio de uso del suelo.

3.3 Modelización hidrológica

La respuesta hidrológica de la cuenca en los diferentes escenarios considerados de uso del suelo fue obtenida mediante el uso del modelo HEC-HMS. El modelo HEC-HMS usado en esta investigación, está basado en la física y se puede aplicar a una amplia gama de casos, como los impactos del cambio climático en los recursos hídricos (Abbaspour, 2018), prácticas de gestión de tierras sobre agua, el transporte de sedimentos y los rendimientos químicos agrícolas en cuencas hidrográficas calibradas y no calibradas (Rouholahnejad, 2014). Las mejoras recientes en la resolución del modelo de tiempo permiten simular con periodos de tiempo en minutos, colocando a HEC-HMS como una herramienta adecuada para realizar estudios de inundaciones repentinas (Boithias, 2017; Jeong, 2016); la versión utilizada en la presente investigación es la 4.4.y la simulación se ejecutó a escala diaria. Los elementos hidrológicos disponibles son: subcuenca, alcance, unión, reservorio, desvío, fuentes y sumideros, los cuales están conectados en una red para simular un proceso de escorrentía-lluvia; la computación procede de elementos aguas arriba a la dirección aguas abajo y dispone de una clasificación de diferentes métodos para simular pérdidas de infiltración.

El número de la curva es un concepto que fue desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Mishra & Singh, 2003) y que informa sobre la capacidad de generación de escorrentía. En este trabajo se estableció una relación lineal directa entre este concepto y el del umbral de escorrentía recogido en la normativa española. Se establecieron 5 modelos diferentes, cada uno asociado al periodo de 6 años inmediatamente cuyo año final se cooresponde con el año asociado del uso del suelo según los escenarios anteriormente indicados (CLC2012 abarca los años 2007-2012); el intervalo de tiempo computacional fue de un día (Jeong, 2016).

El tratamiento de propagación de avenida a lo largo de los diferentes cauces considerado para este estudio se representa por el modelo lineal de almacenamiento de acuerdo con el método de enrutamiento de Muskingum (Cunge, 1969; Overton, 1966; Villón Béjar, 2014), el cual fue desarrollado por el Servicio de Conservación del distrito de Muskingum, Ohio, USA, para la prevención de avenidas. Este método utiliza dos parámetros denominados K y X; para K se adoptó un valor de 0.6 del tiempo de respuesta, que es el tiempo de tránsito de la onda de flujo en los hidrogramas medidos y atendiendo a las características del canal de las cuencas y las experiencias de Cunge (1969) y Overton (1966); y para el caso del parámetro X que depende de la forma de almacenamiento y cuyo valor en cauces naturales se encuentra entre 0 y 0.3 se utilizó un valor de 0.2 de acuerdo con Neitsch et al. (2011).

Una herramienta útil es la aplicación de modelos empíricos, como el método de curvas numéricas desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS-CN) de los Estados Unidos (Soil Conservation Service, 1972). Este método aplicable a pequeñas cuencas agrícolas, previa estimación de la retención máxima potencial de agua del suelo y la precipitación, permite estimar el escurrimiento con precisión aceptable (Sánchez et al., 2003). Rawls et al. (1993) mencionaron que la cubierta terrestre (CN, en adelante) refleja las condiciones de infiltración del suelo, las prácticas de manejo de los terrenos agrícolas, la condición antecedente de la lluvia y la cobertura del suelo, que relacionan la infiltración y el ES. El valor de la CN varía de 0 a 100, CN es igual a 100 para superficies impermeables y superficies de agua, y en superficies naturales es menor de 100 (Chow et al., 1988); por lo que, con valores cercanos a 100 se tendrá el máximo escurrimiento.

La evapotranspiración potencial se simuló con el método Hargreaves et al. (1985) a partir de la localización de la zona de estudio y de las series temporales de precipitación, temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin). Se obtuvieron estos registros diarios de Tmáx y Tmín de las estaciones meteorológicas 8041I-Guadalest y 8040-I ubicadas en la localidad de Guadalest y en el propio cuerpo de presa respectivamente. Los escasos huecos presentes en la serie temporal de dichas estaciones fueron completados con información de las estaciones 8025 para el caso de la temperatura (correlación de más del 91 % entre los registros de ambas estaciones) y de las estaciones 8040 y 8040C (correlación de 59 y 53 % respectivamente).

Con respecto a la pluviometría se menciona que considerando los cinco escenarios: (1984-1989), (1990-1999), (2000-2005), (2006-2011) y (2012-2017), se determinó la variación promedio anual siguiente: 375.21mm, 263.78mm, 271.20mm, 352.716mm, y 249.96mm respectivamente identificando el valor más bajo para el escenario final. En la Figura 2 se presentan los datos meteorológicos observados en la estación 8025 (Koutsoyiannis et al., 1998) los cuales fueron seleccionados ya que la estación mencionada presentó los registros diarios más largos y la menor presencia de brechas.

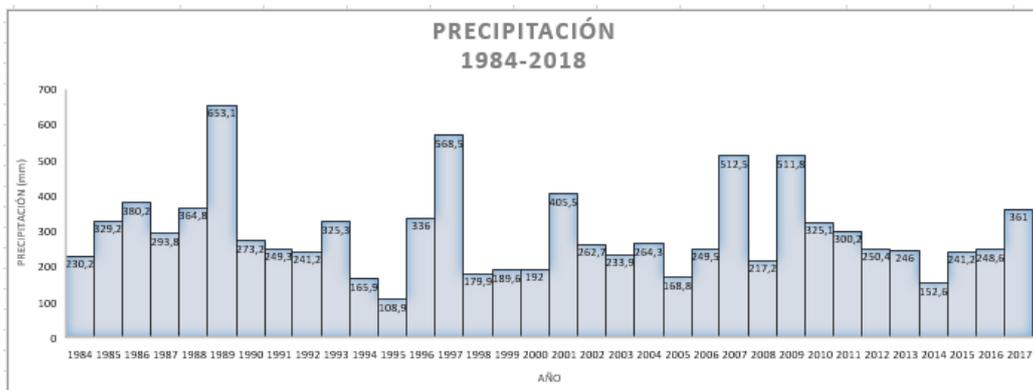


Figura 2. Serie temporal de precipitación total anual en el periodo 1984-2018.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo del tiempo, se observa cambios en los tipos de suelo: los escenarios iniciales (1990-2000) mostraron principalmente áreas de vegetación esclerófila y patrones de cultivo, mientras que los escenarios actuales (2006, 2012 y 2018) presentan zonas de pastizales naturales, bosque de coníferas, árboles frutales. Estos cambios en las clases de uso del suelo responden al requerimiento y demanda antropogénica enfocada principalmente a ganadería y plantaciones frutales y la alta presión demográfica descrita en (Conesa García, 1985; Ayala Carcedo et al., 2007; Ballesteros et al., 2017), a lo largo de la costa sudeste de España durante los últimos años y, en la costa de las provincias de Alicante y Murcia (Pérez-González, 2002). Por otro lado, se detectó un cambio en el uso de la tierra agrícola durante el período estudiado (1984-2018) con una disminución de (-5,72 %) y (-6,23 %) en las subcuencas 96 y 92 respectivamente de lo que se tenía en los años (1990, 2000 y 2006); en cambio apareciendo un ligero uso en agricultura en el 2012 y 2018 de (2,48 %) y (3,05 %). Según estudios recientes realizados en el SE de España (Alonso-Sarría et al., 2016; García-Ruiz y Lana-Renault, 2011; Rodrigo-Comino et al., 2018), el abandono observado de las áreas agrícolas se debió a factores relacionados, con el clima, y limitaciones topográficas como la ocurrencia de pequeños deslizamientos de tierra, así como numerosos factores socioeconómicos derivados de las Políticas Agrícolas Europeas, usos intensivos inadecuados de la tierra, entre otros.

4.1. Variaciones del Número de Curva

En la figura 4 se presenta el cambio de uso de suelo desde 1990 hasta 2018, además se visualiza las diferencias identificadas en los niveles de CN2 de áreas de vegetación esclerófila, zonas de pastizales naturales, agrícolas y plantaciones frutales, se muestran los cinco escenarios con las mayores diferencias del valor de CN en todas las subcuencas, siendo en menor magnitud en las subcuencas 93,100 y 101 y mayor en el resto de las subcuencas atribuible al cambio de uso del suelo y su incidencia en factores de infiltración e impermeabilización.

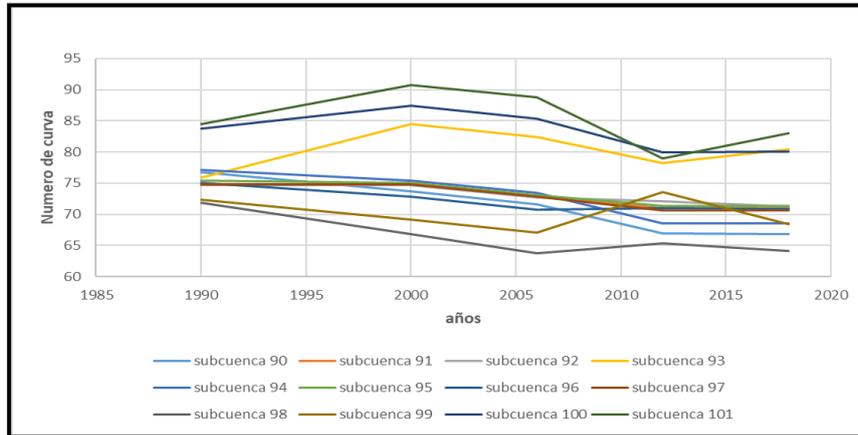


Figura 3. Variación multitemporal del número de curva.

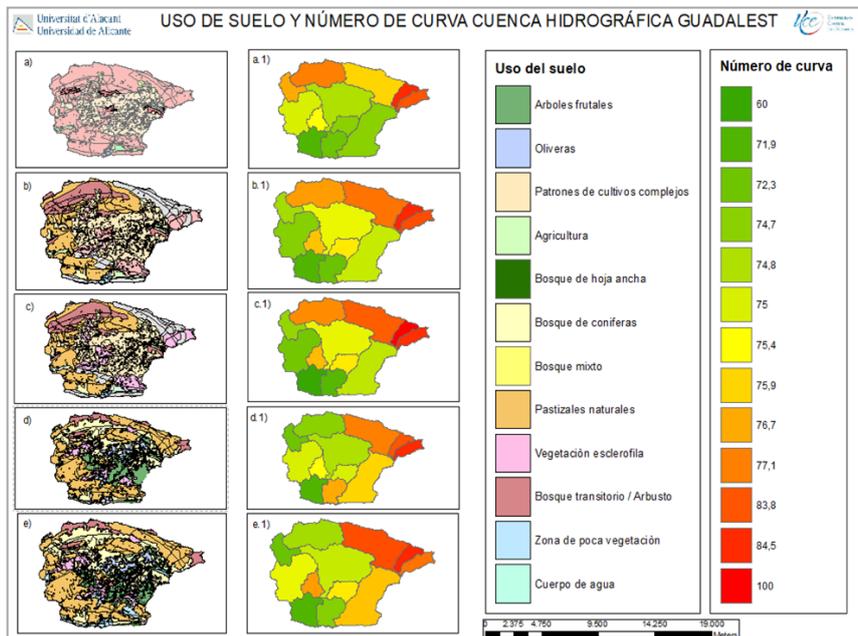


Figura 4. Mapas de uso de suelo y número de curva en los años (a) y (a.1) 1990 (b), y (b.1) 2000(c) y (c.1), 2006 (d) y (d.1), 2012 (e) y (e.1) y 2018 en la cuenca vertiente al Embalse de Guadalest

4.2. Caudales y precipitaciones

Del análisis hecho a la serie histórica de precipitaciones (1984 al 2018), aplicando las herramientas estadísticas media móvil y tendencia, se determina el componente cíclico y la tendencia de la precipitación. La parte cíclica marca aproximadamente 5 años para cada ciclo sea lluvioso o menos lluvioso, correspondiendo a este último el periodo de 2013 a 2018. Los caudales deben comportarse de una manera similar a las lluvias si las subcuencas no están muy alteradas, es decir los caudales

disminuyen ya que la lluvia decrece en términos anuales y multianuales; esto se corrobora tras establecer una correlación de 0.815 entre precipitación y caudales, es decir los caudales no presentan un comportamiento diferente a la lluvia (Fig.5) al analizar que en las subcuencas no se ha dado un mayor cambio en el uso del suelo.

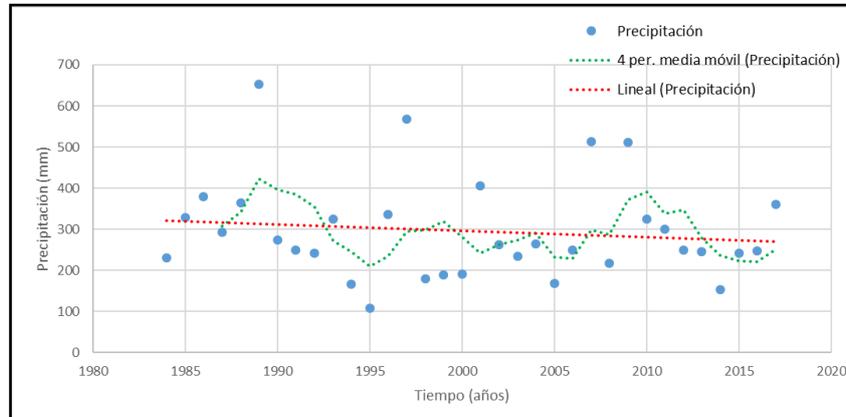


Figura 5. Media móvil y tendencia 1984-2018.

4.3. Resultados de la modelación con HEC-HMS para los cinco escenarios

Las descargas máximas se generaron para cada subcuenca y en la salida al embalse; al establecer el análisis estadístico con los datos de precipitación y caudales anuales, existe una buena correlación entre estos parámetros con un coeficiente de determinación de 0.6639 y un coeficiente de correlación de 0.815, aspecto que será contrastado a futuro con la evolución que ha tenido la cuenca en el cambio de suelos.

Se consideraron los picos obtenidos del modelo del 01 de octubre de 1986 = 137.9 m³/s; 21 de febrero de 1992 = 82 m³/s; 17 de abril de 2003 = 60.3 m³/s; 13 de octubre de 2007 = 96.6 m³/s; 22 de enero de 2017 = 84 m³/s, estos valores están altamente correlacionados con la lluvia. Se estableció que la tendencia de la esorrentía es dependiente de la cantidad de lluvia recibida en todas las subcuencas determinándose como crecidas según el resultado del modelo y comprobado con los datos observados.

El modelo HEC-HMS es particularmente adecuado para los escenarios de uso de la tierra y sus implicaciones en los procesos hidrológicos a escalas regionales y globales durante los plazos seleccionados.

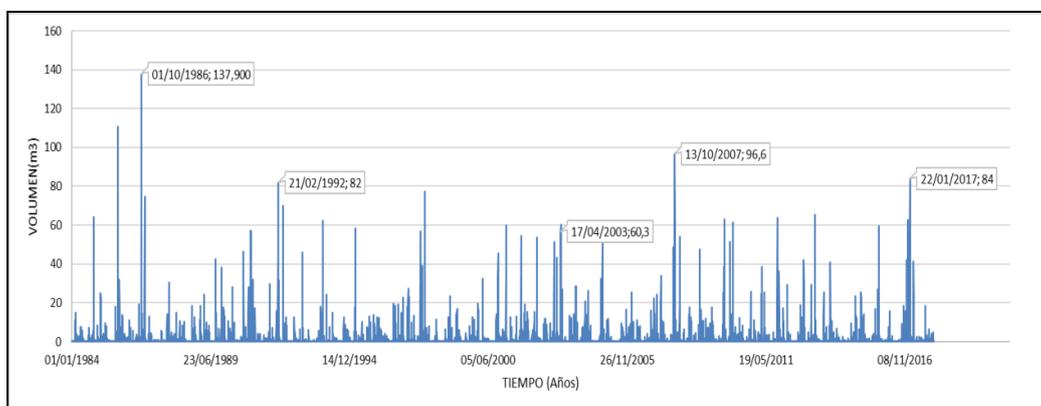


Figura 6. Caudales de 1984 al 2018 y picos de caudales.

ESCENARIO	VARIACIÓN PROMEDIO ANUAL DEL CAUDAL m ³ /s	VARIACIÓN PROMEDIO ANUAL PRECIPITACIÓN mm
1984-1989	15.73	375.21
1990-1999	15.00	263.78
2000-2005	15.61	271.20
2006-2011	20.26	352.716
2012-2017	14.80	249.96

Tabla 1. Resultado de los cinco escenarios del promedio anual del caudal y del promedio anual de la precipitación.

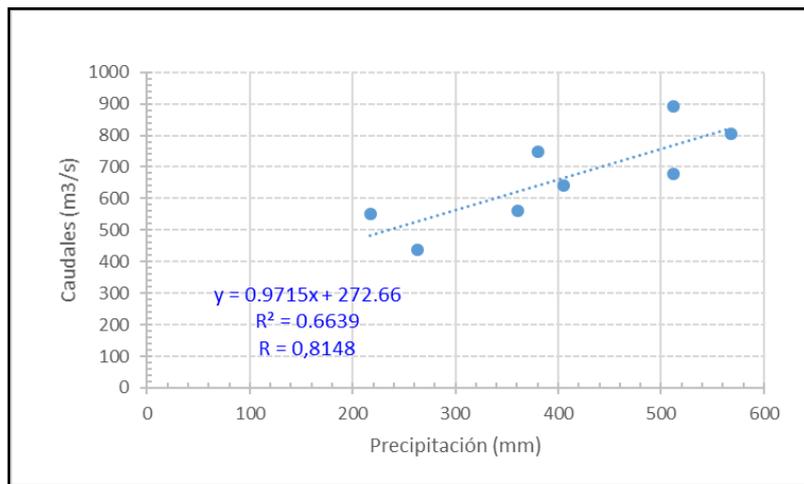


Figura 7. Correlación precipitación caudales anuales de la cuenca.

5. CONCLUSIÓN

El estudio realizado en los últimos 34 años (1984–2018) en la cuenca del Embalse de Guadalest, permite establecer cambios en el uso del suelo, pasando de vegetación esclerófila en un esenario inicial a pastizales naturales en el esenario más nuevo. Se identificó un ligero abandono de las zonas agrícolas, migrando a pastizales naturales y bosque de coníferas, lo que ha incidido en decrecimientos de los valores del número de curva en todas las subcuencas, con magnitudes menores en las subcuencas 93, 100 y 101. El modelo HEC-HMS diario implementado y las herramientas basadas en SIG han demostrado ser útiles al realizar los objetivos del estudio. Dentro del HEC-HMS, el modelo Green-Ampt Mein-Larson y el método Muskingum fueron adecuados para resolver, respectivamente, la conversión lluvia-escorrentía y las ecuaciones de propagación de inundaciones.

Los resultados obtenidos pueden aportar en la gestión del agua en la toma de decisiones contra los efectos del cambio climático, se analiza el comportamiento lluvia-caudales en la cuenca y por otro lado el cambio de uso de suelo, en el primer aspecto existe una tendencia decreciente de la lluvia en el periodo 1984 a 2018, que incide en la disminución de los caudales, en el segundo aspecto el cambio de uso de suelo a modificado los parámetros de evaporación e infiltración que también inciden en la disminución de la escorrentía de la cuenca. Existe un aumento del riesgo identificado en la ocurrencia de tormentas de alta intensidad como consecuencia del cambio climático.

Finalmente, este modelo permitirá realizar más investigaciones en las cuencas hidrográficas evaluadas relacionadas principalmente con el cambio de uso de tierra a pastizales, así como el abandono de las áreas agrícolas, importantes en las subcuencas y su influencia esperada en las tasas

máximas de escorrentía. Se indica que las expansiones de tierras de cultivo conducen a la disminución de la evapotranspiración general, con un aumento de la escorrentía; además se presenta información valiosa de los cambios posteriores en los componentes hidrológicos como resultado del cambio de uso del suelo para la predicción futura, que puede ser útil en el desarrollo de políticas de gestión para conservar los bosques. El modelo HEC-HMS utilizado, con la información implementada, puede proporcionar futuros escenarios hidrológicos, a los planificadores para la toma de medidas previas para el uso sostenible del agua.

REFERENCIAS

- Abbaspour, K., Srinivasan, R., Ashraf Vaghefi, S., Faramarzi, M. & Chen, L. (2018). *Integrated Soil and Water Management: Selected Papers from 2016 International SWAT Conference*. MDPI, Basel. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03842-816-9>
- AEMET (2018). *Agencia Nacional de Meteorología*. <http://www.aemet.es>
- Ayala Carcedo, F.J., Olcina Cantos, J., Lain Huerta, L. & González Jiménez, A. (2007) *Riesgos naturales y desarrollo sostenible, impacto, predicción y mitigación*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Ballesteros, C., Jiménez, J.A. & Viavattene, C. (2017). Flood risk evaluation to multiple components on the coast of Maresme. *Ribagua*, 4(2), 110-129. <https://doi.org/10.1080/23863781.2017.1381453>
- Belnap, J., Büdel, B. & Lange, O. L. (2001). Biological Soil Crust: Characteristic and Distribution. En: J. Belnap & O. L. Lange (Eds.), *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, 150, 3-30. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56475-8_1
- Beven, K.J. (2012). *Rainfall-Runoff Modelling. The Primer*. Wiley-Blackwell, England.
- Boithias L., Sauvage, S., Lenica, A., Roux, H., Abbaspour, K. C., Larnier, K., Dartus, D. & Sánchez-Pérez, J. M. (2017). Simulating Flash Floods at Hourly Time-Step Using the SWAT Model. *Water*, 9, 929. <https://doi.org/10.3390/w9120929>
- Boongaling, C. G. K, Faustino-Eslava, D. V. & Lansigan, F. P. (2018). Modeling land use change impacts on hydrology and the use of landscape metrics as tools for watershed management: The case of an ungauged catchment in the Philippines. *Land Use Policy*, 72, 116-128.
- Camarasa-Belmonte, A. M. (2016). Flash floods in Mediterranean ephemeral streams in Valencia Region (Spain). *Journal of Hydrology*, 541, 99-115.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. Singapore.
- Conesa García, C. (1985). Inundaciones en Lorca (Murcia): Riesgo y Expectación. *Papeles de Geografía*, 10. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/41981>
- CNIG. (2017). *Centro Nacional de Información Geográfica*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. <https://www.cnig.es/servicios>
- Gassman P. W., Reyes, M. R., Green, C. H. & Arnold, J. G. (2007). *The soil and water assesment tool: historical development, applications and future research directions*. Transactions of the ASABE, 50(4), 1211-1250. <https://doi.org/10.13031/2013.23637>
- IGME (2018). *Instituto Geológico Minero de España*. Madrid. www.igme.es.
- IGME (2013). *Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración*, 331-342. Instituto Geológico Minero de España, Madrid.
- Jeong, J. S., García Moruno, L., González Gómez, D. & Carver, S. (2016). Implementación de un método para alcanzar un paisaje resiliente mediante la ubicación apropiada de edificaciones rurales. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 16(1), 19-38. <https://doi.org/10.7201/earn.2016.01.02>
- Koneti, S., Sunkara, S. L. & Sarathiroy, P. (2018). *Hydrological Modeling with Respect to Impact of Land-Use and Land -Cover Change of the Runoff Dynamics in Godavari River Basin Using*

- the HEC-HMS Model*. Centre for Earth Ocean and Atmospheric Sciences, University of Hyderabad, 2-17.
- Kosztra, B., Büttner, G., Hazeu, G. & Arnold, S. (2019). *Updated CLC Illustrated nomenclature guidelines*. European Topic Centre on Urban, land and soil systems (UTC/ULS), European Environment Agency, Austria.
 - Martínez Ibarra, E. (2010). La inundación extraordinaria del 12 de octubre de 2007 en Calpe (Alicante, España): una perspectiva geográfica. *Cuadernos de Geografía*, 87, 89-110. <http://hdl.handle.net/10550/31504>
 - Mishra, S.K. & Singh, V. P. (2003). *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology* (Primera ed.). Springer, Dordrecht.
 - Mohedas Díaz, M. & Moreno Vega, A. (2015). *UF0700 - Trabajos de infraestructuras forestales*. Paraninfo, Madrid.
 - Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R. & Williams, J. R. (2011). *Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation*. Version 2009. Texas Water Resources Institute, Texas. <http://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>
 - Pérez-González, A., Vegas Salamanca, J. & Machado, M. J. (2002). *Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
 - Pérez Morales, A., Gil Guirado, S. & García Martín, F.M. (2015). Veinte años de protección de cauces en el litoral de la Región de Murcia (1194-2014). Evaluación de la eficiencia de las medidas de Ordenación del Territorio. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 35(1), 169-185. http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2015.v35.n1.48969
 - Petchprayoon, P., Blanken, P.D., Ekkawatpanit, C. & Hussein, K. (2010). Hydrological impacts of land use/land cover change in a large river basin in central–northern Thailand. *International Journal of Climatology*, 30(13), 1917-1930. <https://doi.org/10.1002/joc.2131>
 - Rao, K. H. V. D., Rao, V. V., Dadhwal, V. K. & Sharma, J. R. (2011). A distributed model for real-time flood forecasting in the Godavari Basin using space inputs. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2, 31-40. <https://doi.org/10.1007/s13753-011-0014-7>
 - López-Chicano, M., Calvache, M. L., Martín-Rosales, W. & Gisbert, J. (2002). Conditioning factors in flooding of karstic poljes, the case of Zafarraya polje. *Catena*, 49(4), 331-352. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00053-X](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00053-X)
 - Rouholahnejad, E., Abbaspour, K. C., Srinivasan, R., Bacu, V. & Lehmann, A. (2014). Water resources of the Black Sea Basin at high spatial and temporal resolution. *Water Resources Research*, 50(7), 5866-5885. <https://doi.org/10.1002/2013WR014132>
 - Tarboton, D. G. (1997). A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 33(2), 309-319. <https://doi.org/10.1029/96WR03137>
 - Teng, F., Huang, W. & Ginis, I. (2018). Hydrological modeling of storm runoff and snowmelt in Taunton River Basins by applications of HEC-HMS and PRMS models. *Natural Hazards*, 91, 179-199. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3121-y>
 - Valdes-Abellan, J., Pardo, M. A. y Tenza-Abril, A. J. (2017). Observed precipitation trend changes in the western Mediterranean region. *International Journal of Climatology*, 37, 1285-1296. <https://doi.org/10.1002/joc.4984>
 - Vielca Ingiopsa Ingenieros (2013). *Plan Director de Defensa Contra las Avenidas en la Comarca de La Marina Baja (Alicante)*. Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia.
 - Villón Béjar, M. (2014). *HEC-HMS Ejemplos* (Primera ed.). Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica.
 - Zheng, H., Chen, F., Ouyang, Z., Tu, N., Xu, W., Wang, X., Miao, H., Li, X. & Tian, Y. (2008). Impacts of reforestation approaches on runoff control in the hilly red soil region of Southern China. *Journal of hydrology*, 356, 174-184. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.04.007>