

Cómo citar este trabajo: Camarasa-Belmonte, A. M., Caballero López, M^a P., & Iranzo García, E. (2018). Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo. Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956–2011). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 78, 127–153. doi: <http://dx.doi.org/10.21138/2714>

Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo.

Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956–2011)

Land use change, runoff generation and soil loss.

Synergies and compensations in a Mediterranean ephemeral stream
(Barranc del Carraixet, 1956-2011)

Ana M. Camarasa-Belmonte 

ana.camarasa@uv.es

M^a Paz Caballero López 

macalo5@alumni.uv.es

Emilio Iranzo García 

emilio.iranzo@uv.es

Departamento de Geografía

Universidad de Valencia (España)

Resumen

Agua y suelo son los recursos básicos del paisaje de rambla. Este trabajo estudia cómo influyen los cambios de uso del suelo, entre 1956 y 2011, en los procesos de escorrentía y erosión, en una rambla típica. La escorrentía reacciona a los cambios de uso más rápidamente que la erosión. En total, el 36% de la cuenca es estable. El 64% del área presenta cambios que afectan conjuntamente a los procesos de erosión y escorrentía, con sinergias negativas hacia la degradación (20%) y otras

positivas hacia la mejoría (6%). Las proyecciones de futuro apuntan hacia una mejoría de los recursos.

Palabras clave: usos suelo; escorrentía; erosión; sinergias; riesgo.

Abstract

The basic resources of the ephemeral streams landscape are water and soil. This work studies the influence of land use changes, between 1956 and 2011, in the processes of run-off and erosion in a typical Mediterranean ephemeral stream. Run-off reacts to the use changes faster than erosion does. In total, 36% of the basin is stabilized. The 64% of the area presents changes that jointly affect erosion and run-off processes, with negative synergies towards degradation (20%) and positive synergies towards improving (6%). Future projections point toward and improvement in resources.

Key words: land use; run-off; soil erosion; water resources; risk.

1 Introducción. Agua y suelo, los recursos básicos de los paisajes mediterráneos de rambla

Los paisajes ligados a cursos de agua intermitente son más habituales de lo que pudiera parecer, ya que, a nivel mundial, más del 50 % de la red fluvial no es perenne (Skoulikidis et al., 2017). Sin embargo, es en las zonas semiáridas, donde estos sistemas presentan una mayor extensión. En el caso de Europa, la franja mediterránea es la más afectada, con porcentajes que pueden variar desde el 20 % para el caso de Francia (Snelder, 2013) hasta más del 90 % en Cerdeña y Sicilia (Petraakis, Giannakopoulos & Lemesios, 2012). En el sud-este español, Gómez, Hurtado, Suárez & Vidal-Abarca (2005) estiman que más del 70 % de los cursos fluviales son ramblas.

En la configuración de estos paisajes contribuye la coincidencia de ciertas condiciones climáticas, hidrogeomorfológicas y antrópicas. En primer lugar, se desarrollan bajo climas semiáridos, con un régimen pluviométrico muy irregular que presenta fuerte sequía estacional. La estructura del relieve suele ser contrastada, con grandes desniveles y litología permeable. Sobre este soporte se labran cuencas escarpadas de pequeño tamaño, corto recorrido y comportamiento torrencial. Los cauces son muy pedregosos y están hidrológicamente desconectados de los acuíferos (Segura, 1990), por lo que sólo llevan agua cuando llueve (Camarasa & Segura, 2001). Además, en momentos de crecida, transfieren agua a los niveles subálveos, mediante fugas en el canal, también conocidas como transmissions losses (Camarasa-Belmonte, 2016). Sobre este territorio se ha desarrollado una cobertura vegetal típica mediterránea, adaptada al fuerte stress hídrico veraniego y a suelos poco desarrollados en las laderas de mayor pendiente (Gómez et al., 2005). Por contra, en las cuencas bajas se han construido espacios muy fértiles (y, en consecuencia, muy poblados), a partir de los sedimentos depositados durante las inundaciones (Segura, 2004).

Desde el punto de vista humano, durante más de 8000 años las ramblas han soportado un fuerte aprovechamiento agrícola, tratando de adaptar en cada momento, las estrategias de explotación a las oportunidades del mercado, el crecimiento demográfico y los problemas medioambientales (Butzer, 2005). Agua y suelo han sido desde siempre los recursos sobre los que se ha edificado el paisaje mediterráneo. La combinación de un clima de temperaturas benignas, con una escorrentía superficial escasa y un suelo fértil ha necesitado históricamente de una gestión eficiente de los recursos, basada en la conservación del suelo, el aprovechamiento del agua y el control de los riesgos por inundación y erosión. Así, a lo largo del tiempo se han ido depurando diferentes técnicas de irrigación y cultivo (Hernández, 1997; Butzer, Mateu, Butzer & Kraus, 2010) que han hecho viable un complejo equilibrio para obtener el máximo aprovechamiento, en un marco de sostenibilidad ambiental. De hecho, según afirma Butzer (2005), el medio mediterráneo, que a menudo ha sido descrito como altamente degradado, ha sido capaz de desarrollar una fuerte resiliencia ecológica y humana frente a la degradación.

Sin embargo, los acelerados cambios de usos del suelo que se han producido recientemente pueden poner en peligro este equilibrio recurso/riesgo (Barredo & Engelen, 2010; Durán et al., 2013). Si bien los usos agrarios siguen siendo los prioritarios, el territorio ha ido variando de vocación. En las últimas décadas del siglo pasado ha tenido lugar una importante transformación del secano al regadío (Cerdà et al., 2007), conforme a los dictados del mercado, así como un intenso proceso de urbanización y terciarización del espacio (López-García, Camarasa & Mateu, 2007; Pascual & López, 2016; Durán, Rodríguez, Francia & Martín, 2014). Consecuencia de estos cambios ha sido la peligrosa alteración del balance recurso/riesgo, que sabiamente se había mantenido durante milenios. Factores como el abandono de la agricultura, los cambios de secano a regadío, la pérdida de masa forestal y progresiva matorralización de las cabeceras o el incremento de la urbanización y consecuente sellado del suelo, están modificando los patrones de generación de escorrentía (López-García et al., 2007) y pueden favorecer la pérdida de suelo (Belmonte, Romero & López, 1999; Zucca, Canu & Previtali, 2010; De Graaff, Aklilu, Ouessar, Asins & Kessler, 2013). Según Segura (2004) las sociedades instaladas en estos territorios de rambla han ido cambiando el desarrollo de sus actividades, pasando de un aprovechamiento integrado con el medio, a un uso abusivo que conduce a la degradación del mismo.

Si bien los cambios afectan con diferente intensidad a los distintos sectores de la rambla, no debemos de olvidar que la cuenca de drenaje conforma una unidad sistémica en la que todos los elementos están relacionados. Cambios en cualquiera de las partes producen una reacción en el resto, pudiendo llegar a desequilibrar el sistema fluvial (Nanson, Tooth & Knighton, 2002), máxime si, como en el caso de las ramblas, la circulación intermitente las hace más vulnerables a las transformaciones, ya que el periodo de recuperación de las condiciones originales (*recovery period*) es muy largo si es que llega a producirse (Wolman & Gerson, 1978).

En este contexto, el presente trabajo aborda cómo el cambio en los usos del suelo entre 1956 y 2011 ha podido condicionar la producción de escorrentía y la pérdida de suelo, en una rambla típica valenciana, el Barranc del Carraixet. Para ello se generan mapas de umbrales de escorrentía (SCS, 1972) y de paisajes erosivos (ICONA, 1982) para ambas fechas, mediante la combinación de las variables físicas que los condicionan. Seguidamente se elabora una cartografía dinámica que muestra los cambios en la escorrentía y la erosión entre 1956 y 2011. Además, el estudio de la evolución conjunta de ambos procesos pone de manifiesto áreas donde ocurren sinergias significativas que pueden magnificar el paso del *recurso* al *riesgo*, mientras que en otras zonas se anuncian cambios inversos, hacia la recuperación del recurso. En este sentido, el presente trabajo constituye una herramienta de ordenación territorial, ya que permite diagnosticar la tendencia en los procesos erosión/escorrentía y diseñar medidas de actuación.

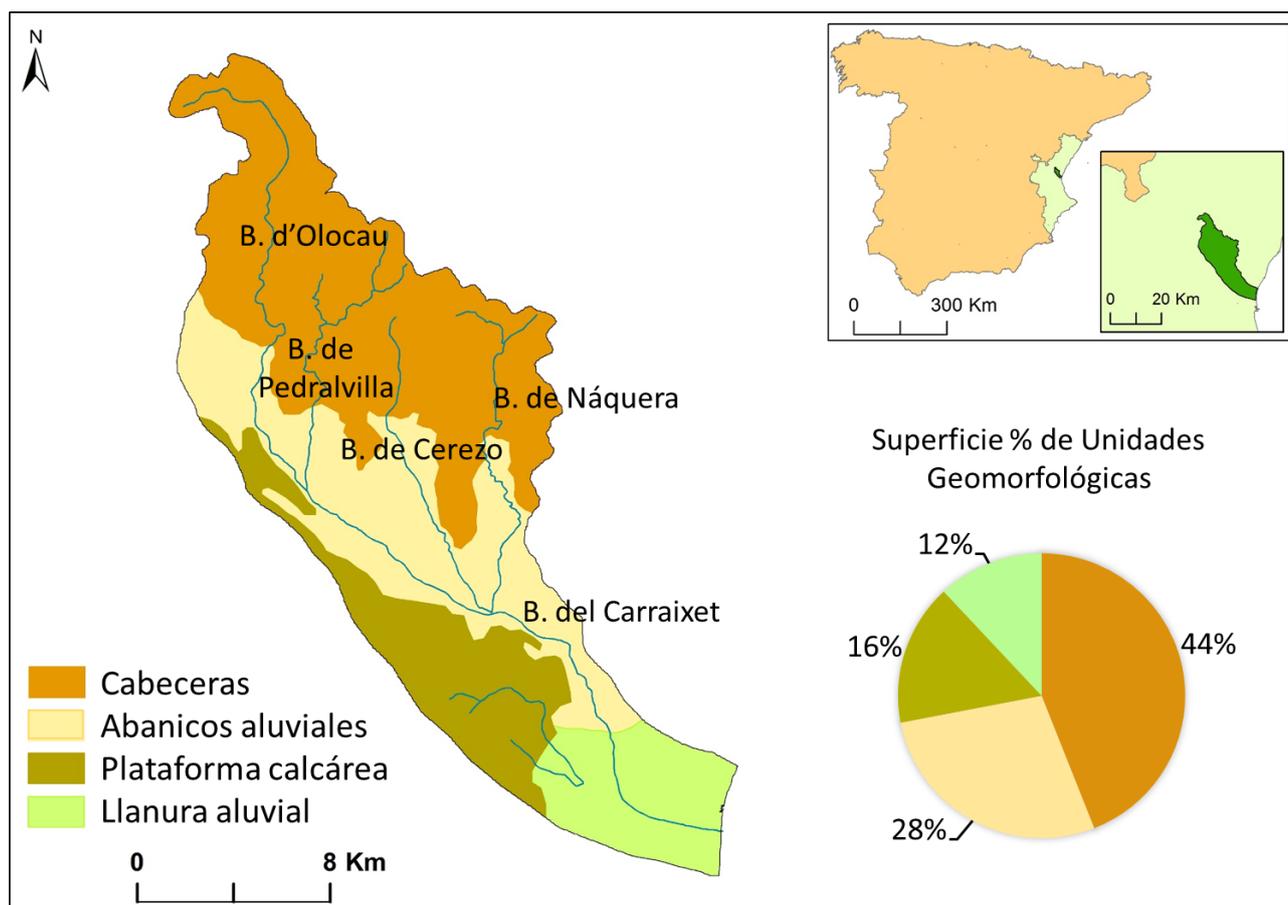
2 Área de estudio: el Barranc del Carraixet

El Barranc del Carraixet constituye una rambla típica mediterránea, ubicada en la provincia de Valencia, entre los ríos Palancia y Turia. Nace en la Sierra de Calderona, a 826 m de altitud y desemboca en Alborai, perteneciente al Área Metropolitana de Valencia (Figura 1). La cuenca de drenaje abarca una superficie de 311 Km² y se estructura en cuatro sectores geomorfológicos (Camarasa, 1995):

- a) El sector de cabecera, desarrollado sobre el retablo montañoso de la sierra de Calderona (perteneciente al Sistema Ibérico). Se trata de un relieve fracturado, construido sobre materiales calizos y dolomíticos, con presencia de areniscas rojas del Buntsandstein (*facies röt*) y algunos afloramientos de margas, arcillas y yesos del Keuper.
- b) El sector intermedio está constituido por una zona de transición al pie de la sierra, denominada piedemonte de Bétera. La brusca ruptura de pendiente favorece la aparición de potentes abanicos aluviales coalescentes que, en ocasiones, pueden presentar una cobertura de costra calcárea (Estrela, 1990).
- c) El sector SW está formado por la plataforma calcárea de Burjassot-Llíria, de origen lacustre, compuesta por sedimentos carbonatados del Terciario.
- d) Por último, la llanura aluvial está conformada por depósitos cuaternarios sin consolidar de arenas, limos y arcillas.

Desde el punto de vista climático presenta unas precipitaciones medias anuales en torno a 400–500 mm (Pérez-Cueva, 1994), que se concentran en episodios de lluvias muy intensas hacia finales del verano y principios de otoño (Camarasa-Belmonte & Soriano, 2014).

Figura 1. Zona de estudio: Barranc del Carraixet



Fuente: Camarasa (1995) modificado.

Desde el punto de vista humano, la cuenca del Carraixet casi ha triplicado su población entre 1960 y 2011, pasando de 5769 habitantes en 1960 a 142 951 habitantes en 2011. Este proceso ha venido acompañado de importantes transformaciones en los usos del suelo, entre los que destacan la intensificación agrícola, la sustitución del secano por el regadío, el abandono de la agricultura o el incremento del sellado antropogénico, como consecuencia de la extensión del suelo artificial (López García et al., 2007; Fernández & López García, 2015; Pascual & López García, 2016). Todos estos cambios están influyendo de manera activa en los procesos de generación de escorrentía y erosión del suelo.

3 Metodología

Para el análisis se utilizan métodos sencillos y conocidos, de base cartográfica, que permiten, mediante técnicas del SIG (Almorox et al., 2008), elaborar mapas de umbrales de escorrentía y de paisajes erosivos, para ambas fechas y estimar su evolución (Camarasa et al., 1998; López et al., 2007).

Tanto el proceso de producción de escorrentía como el de pérdida de suelo, dependen de factores climáticos y de las características físicas de la cuenca (Cerdá & Lavee, 1995). Este trabajo, sin embargo, se centra en la evolución de los procesos entre 1956 y 2011. Por ello, se desestima el efecto del clima (considerando que en estos 55 años la variación climática no ha sido determinante). Asimismo, se parte del supuesto de que los procesos de producción de escorrentía y pérdida de suelo no son lineales (Nanson et al., 2002, Gómez et al., 2005; Butzer, 2005; Skoulikidis et al., 2017), por lo que los métodos consisten en una combinación cualitativa no lineal de las variables físicas de la cuenca.

3.1 Datos y fuentes

Las fuentes cartográficas de las que parte el estudio son las siguientes:

- Modelo Digital del terreno (MDT), raster (25 x 25 m). Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Mapa Litológico, escala 1:50 000. Instituto Geológico y Minero (IGME).
- Mapa de Usos del Suelo de 2011, escala 1:25 000. Sistema de Información de Ocupación del suelo en España (SIOSE). IGN.
- Mapa de Usos del Suelo de 1956, escala 1:33 000 y formato vectorial, obtenido a partir de la digitalización, georreferenciación y fotointerpretación del vuelo americano (Pascual, 2002).
- Mapa de grupo hidrológico del suelo, raster (25 x 25 m), según el método del S.C.S. modificado (Fuente: Camarasa et al., 2006).

3.2 Estimación de cambios en la producción de escorrentía

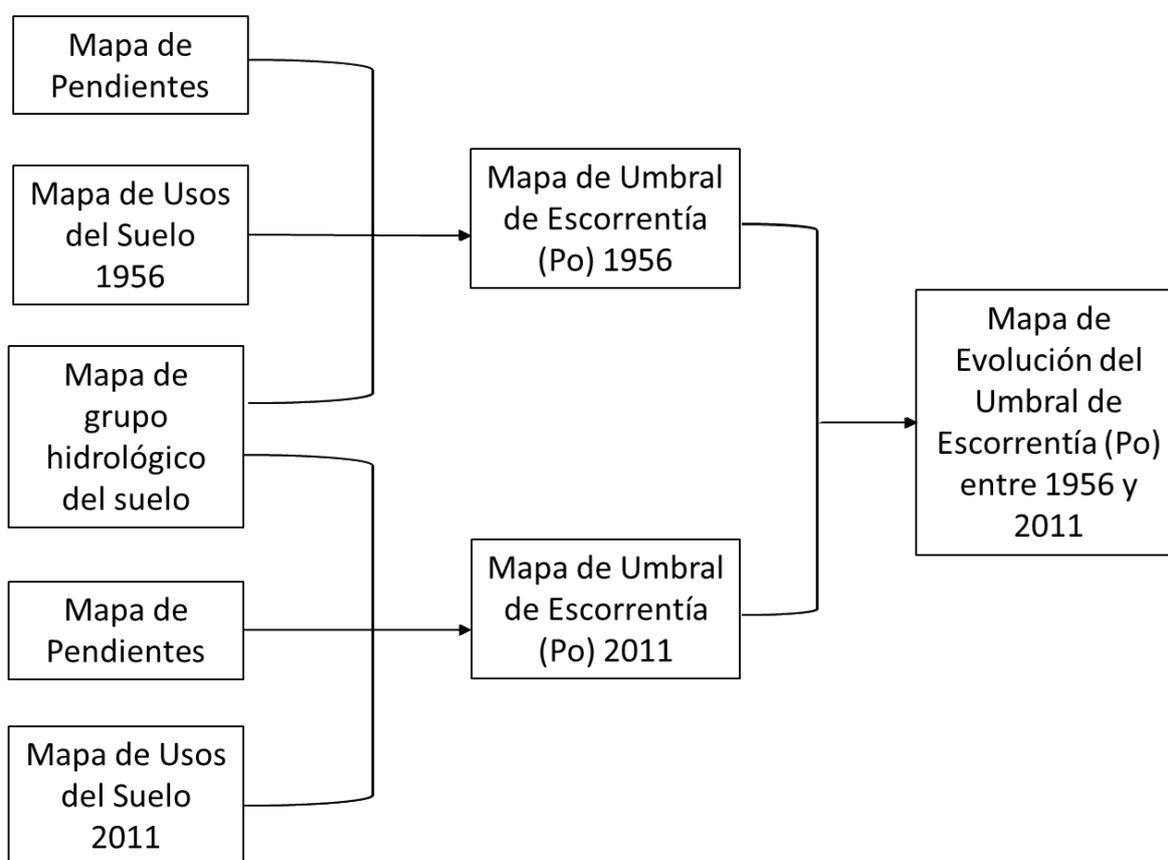
La producción de escorrentía en cada fecha (1956 y 2011) se ha estimado en relación al umbral de escorrentía, también conocido como PO (Témez, 1978; Camarasa & Segura, 2001; Cammeraat, 2004; Borga et al., 2014). Este parámetro hace referencia a la cantidad de lluvia que debe de precipitar para que se produzca escorrentía superficial o flujo Hortoniano. Incluye el volumen de precipitación que se evapotranspira, infiltra en el suelo y percola hacia el acuífero. Constituye, por tanto, un indicador de reserva hídrica para el ecosistema, especialmente importante en el caso de las ramblas, dado los largos períodos de sequía que padecen (Gómez et al., 2005). En términos de recurso/riesgo, cuanto mayor sea el umbral de escorrentía, mayor es la reserva de agua en suelos y acuíferos y menor el riesgo de inundación.

Como ya se ha mencionado, el umbral de escorrentía depende de las características de la precipitación y de las propiedades de la cuenca de drenaje (Segura, 2004; Cameraat, 2004; Camarasa et al., 2006; Zehe & Savapalan, 2009; Durán et al., 2014). Sin embargo, con objeto de comprobar el efecto de los cambios de usos en el umbral, este trabajo se centra en la capacidad potencial de la cuenca para producir escorrentía, ante unas condiciones uniformes de precipitación. Para ello se ha seguido el método de Número de Curva (NC), que fue elaborado

por el Soil Conservation Service (SCS) en 1972; modificado para España por Témex (1978) y adaptado al caso de las ramblas valencianas por Camarasa et al. (2006).

El parámetro se ha estimado, para cada fecha, a partir de la combinación no lineal de las variables de pendiente, usos del suelo, tipo de práctica de cultivo y grupo hidrológico del suelo, según las tablas de Témex (1978), con la salvedad de que se ha usado el grupo hidrológico de suelo elaborado para esta cuenca por Camarasa et al. (2006). La dinámica entre los umbrales de escorrentía que presentaba la cuenca en 1956 y los de 2011 se ha representado mediante cartografía de cambios (Figura 2).

Figura 2. Esquema metodológico para el cálculo del umbral de escorrentía (PO)



Fuente: Camarasa et al. (2006)

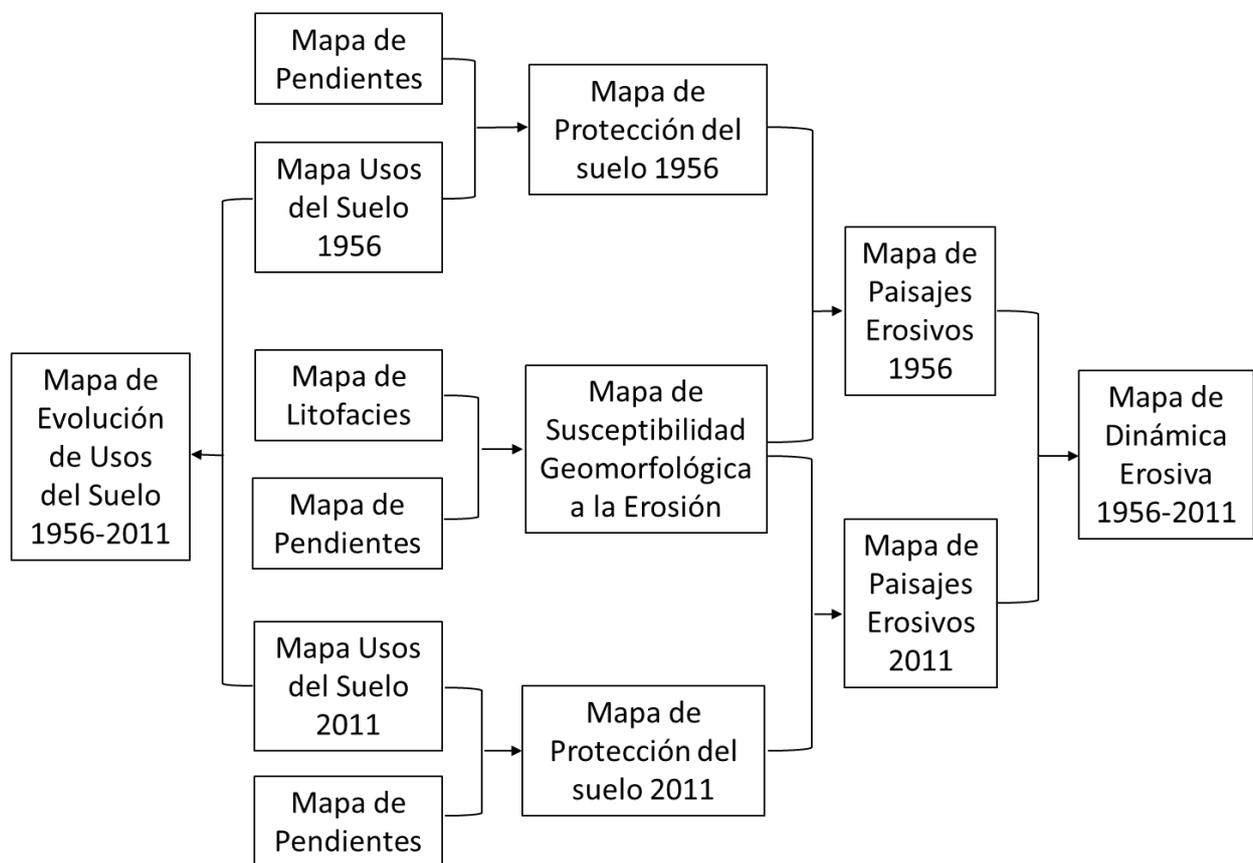
3.3 Estimación de cambios en los Paisajes Erosivos

La determinación de la dinámica erosiva se ha llevado a cabo según la metodología desarrollada por ICONA (1982) en el proyecto LUCDEME: Paisajes erosivos en el sureste español.

El método clasifica el territorio en paisajes erosivos, que define como “porciones de terreno con un comportamiento similar frente a la erosión”. Para ello se basa en la combinación no lineal de las

variables implicadas en el proceso (pendiente, litofacies y cubierta vegetal o usos del suelo). Mediante la conjunción entre pendiente y litofacies (tabla I) se obtiene un mapa de susceptibilidad geomorfológica a la erosión. En el lado contrario, la asociación de pendiente y cubierta vegetal proporciona el mapa de protección del suelo (tabla II). Finalmente, integrando los mapas de susceptibilidad geomorfológica y protección se obtiene la cartografía de paisajes erosivos (Figura 3), que presenta siete tipos, siendo el 1 el más problemático y el 7 el mejor conservado (Tabla 3). El mapa de cambios entre las dos fechas nos indica la dinámica de la erosión. Según Camarasa et al., (1998) se trata de un método de tipo cualitativo, que resulta adecuado para una diagnosis general de la erosión a escala de cuenca.

Figura 3. Esquema metodológico para la estimación de Paisajes Erosivos



Fuente: elaboración propia a partir de ICONA (1982)

Tabla 1. Matriz de susceptibilidad geomorfológica a la erosión

Tipos de litología	Pendientes %					
	0–12	12–18	18–24	24–35	35–60	>60
Rocas calcáreas bien cementadas: calizas, dolomías	C	B	B	A ₃	A ₂	A ₂
Rocas silíceas compactas: filitas, areniscas cuarzosas	C	B	B	A ₃	A ₂	A ₂
Rocas poco consolidadas: areniscas, calizas arenosas, conglomerados.	C	B	A ₃	A ₂	A ₂	A ₂
Formaciones blandas: argilitas, margas, yesos, arcillas	C	B	A ₃	A ₂	A ₂	A ₂
Arcillas, arenas y depósitos cuaternarios	C	B	A ₃	A ₂	A ₂	A ₂

Fuente: ICONA (1982)

Tabla 2. Matriz de protección del suelo

Vegetación	Pendientes %					
	0–12	12–18	18–24	24–35	35–60	>60
Arbolado forestal	10	10	10	10	10	10
Arbolado claro	10	8	6	6	4	4
Matorral	8	6	4	4	2	2
Pastizal	9	8	8	7	4	4
Cultivos secano	6	4	2	0	0	0
Cultivo arbóreo (cítricos)	6	4	2	0	0	0
Cultivo regadío	9	0	0	0	0	0
Terrenos improductivos	0	0	0	0	0	0

Fuente: ICONA (1982)

Tabla 3. Matriz de estados erosivos

Geomorfología	Índice de protección del suelo por la vegetación				
	10	9	8-7-6	4-2	0
A ₂	7	---	1	1	2
A ₃	7	---	3	1	2
B	7	---	3	3	2
C	7	6	4	4	2

Fuente: ICONA (1982)

4 Resultados: cambios en la producción de escorrentía y en la pérdida de suelo (1956–2011)

4.1 Principales cambios en los usos del suelo

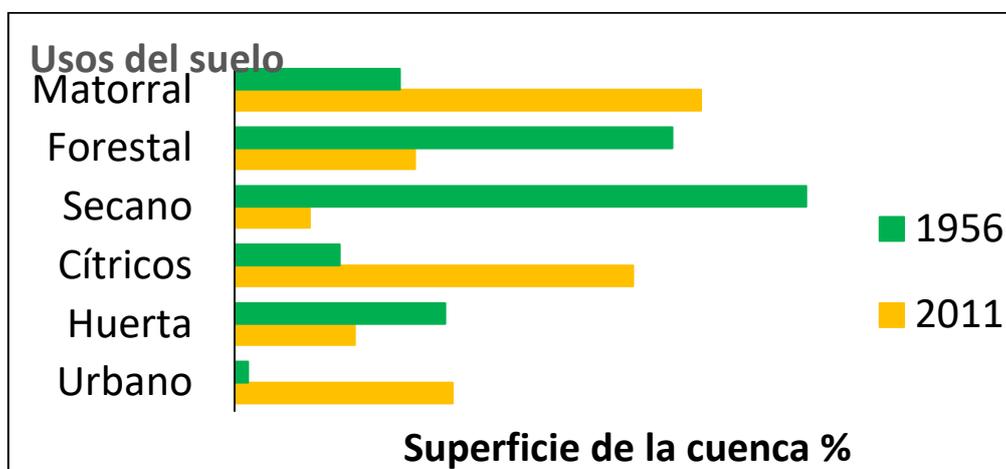
El mapa de usos del suelo de 1956 presenta un paisaje de monte con bosques de pinares, matorral y cultivo de secano arbolado (olivos y almendros) por encima de los 400 metros. En la cuenca media predominan algarrobos y viñedos y, en el llano litoral, los cultivos de regadío con campos de cítricos (Pascual, 2002). Las zonas urbanizadas se limitan a los núcleos de poblaciones tradicionales y algún área periférica de la ciudad de Valencia. Por extensión, el secano ocupa la mayor superficie (39 %), seguido de la masa forestal (36%). La huerta (15 %) y los cítricos (9 %) tienen una menor presencia y las superficies artificiales apenas ocupan el 1 %.

En el mapa de usos del suelo de 2011 el panorama ha variado considerablemente. El cambio más significativo ha sido el retroceso del secano (en un 32 % de la cuenca) en la zona de abanicos y piedemonte, a costa, sobre todo, del incremento de los cítricos (en un 15 %). También la masa forestal ha disminuido en un 23 % a favor del matorral. Las repoblaciones forestales de los años 80 aumentaron la superficie de coníferas en detrimento de los olivos, almendros y algarrobos, pero siguió la tendencia de retroceso del arbolado denso, debido a los incendios forestales (Pascual, 2002) y al avance de urbanizaciones en la sierra.

Por el contrario, la cobertura artificial ha aumentado extraordinariamente (en un 13 %) como consecuencia de la ampliación urbanística de municipios de la cuenca media y baja, como Bétera, Alborai o Moncada, así como de la aparición de numerosas urbanizaciones residenciales. Tanto el aumento de la superficie de cítricos, como el de las zonas urbanizadas, se produjo con más intensidad en el periodo entre 1956 y 1978 y, de nuevo, a principios de los 90. Después, el crecimiento de ambas ha sido constante, pero a un ritmo más lento (Pascual, 2002). La huerta, en

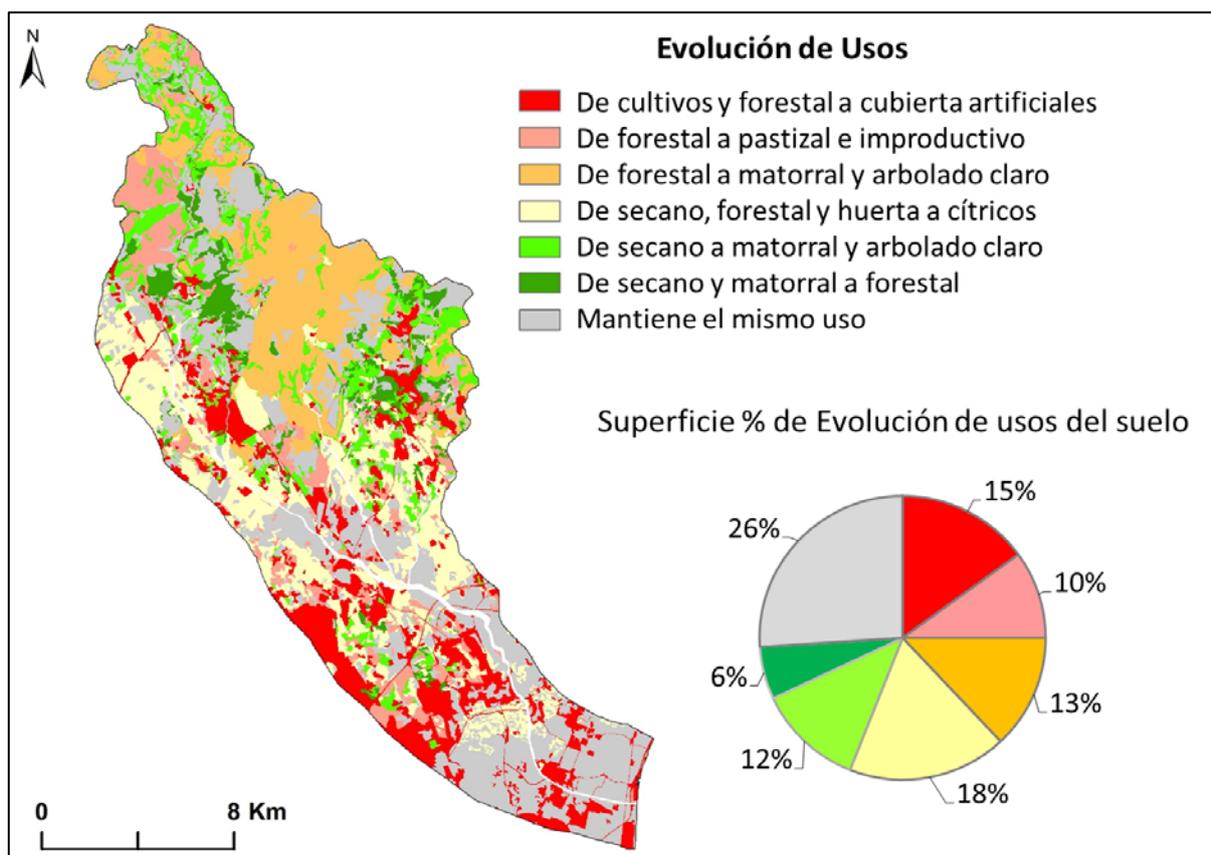
cambio, se ha ido reduciendo, sobre todo debido a la expansión de zonas urbanas que han ido ocupando el terreno de la llanura litoral (Figura 4).

Figura 4. Superficie de los usos del suelo en la cuenca del B. del Carraixet, en 1956 y 2011



Fuente: elaboración propia a partir del IGN y Pascual (2002)

Figura 5. Mapa de cambios en los usos del suelo entre 1956 y 2011



Fuente: elaboración propia

Un 26 % de la cuenca mantiene el mismo uso en 2011 respecto a 1956, como por ejemplo gran parte de la huerta de la llanura litoral, cítricos del sector medio y bajo de la cuenca, o parte de la superficie de masa forestal y matorral. El 74 % de la cuenca presenta cambios de uso que, en función de las consecuencias que implican en términos de recurso/riesgo, podrían clasificarse en 6 categorías (Figura 5):

1. Cambios que suponen una antropización severa: superficies que pasan de arbolado y cultivos a cubiertas artificiales. Afectan al 15 % de la cuenca y se encuentran en la plataforma calcárea Burjassot-Llíria, llanura litoral y urbanizaciones de la sierra. Implican un sellado antrópico del suelo, lo que supone que el 100 % de la lluvia se convierte en escorrentía, impidiendo los procesos de infiltración y almacenamiento de agua en el suelo y los acuíferos (Henríquez et al., 2006). En lo referente a la erosión, no tiene sentido hablar de pérdidas in situ, dado que el suelo se sella artificialmente, pero el incremento de la escorrentía superficial a que da lugar puede producir un aumento de la erosión en las zonas libres de hormigón (donde vierta el caudal generado sobre el suelo sellado).
2. Cambios que suponen una alta degradación del medio: superficies que pasan de suelo arbolado claro y forestal a pastizal e improductivo. Afectan al 10 % de la cuenca y se encuentran fundamentalmente en la cabecera del Barranc de Olocau (cerca de la divisoria de aguas con el Río Turia). En estas zonas el suelo pierde mucha protección, por lo que puede erosionarse con facilidad. El umbral de escorrentía se reduce mucho, incrementando la fracción de caudal superficial.
3. Cambios que suponen una degradación media: superficies que pasan de arbolado forestal a arbolado claro y matorral. Afectan al 13 % de la superficie y se encuentran en las cabeceras de los barrancos del Cerezo y Olocau, como consecuencia fundamentalmente de los incendios forestales acaecidos en los años 90. Este cambio constituye un proceso de matorralización y pérdida de masa forestal que propicia el incremento de la escorrentía superficial (disminuyendo el umbral de escorrentía) y de la pérdida de suelo (Durán et al., 2014).
4. Cambios que suponen una sustitución de la agricultura de secano al monocultivo de cítricos. Estas transformaciones, si bien podrían interpretarse como un indicador de degradación dada la pérdida de biodiversidad que suponen, no implican una mayor erosión del suelo. Además, desde el punto de vista de la generación de escorrentía, conlleva una mejoría, ya que aumenta el umbral P0 (López et al., 2007). Estos cambios, que afectan al 18 % de la cuenca, se localizan en los abanicos y piedemontes y suponen una leve transición hacia la regeneración de los recursos.
5. Cambios que suponen una recuperación intermedia del medio natural: superficies que varían de secano a matorral y a arbolado claro (Lasanta et al., 2010). Afectan a un 12 % de la cuenca y

aparecen de manera muy dispersa sobre la cuenca alta y media, principalmente en las cabeceras de los barrancos de Olocau y Náquera. Estos cambios implican una disminución de la erosión y de la escorrentía superficial (por un incremento del PO).

6. Cambios que suponen una importante recuperación del medio natural: superficies que varían de seco a forestal (Durán et al., 2014). Afectan al 6 % de la cuenca, en las cabeceras de los barrancos de Olocau, Pedralvilla y Náquera. Al igual que en el caso anterior, implican una disminución de la erosión y de la escorrentía superficial, con el consecuente aumento de las reservas hídricas del suelo.

4.2 Dinámica de la producción de escorrentía

En general, según la bibliografía, las ramblas valencianas de naturaleza calcárea presentan umbrales medios de escorrentía en torno a los 60-65 mm (Mateu, 1982; Segura, 1990; Camarasa & Segura, 1996). Más concretamente, para la cuenca del Carraixet, Camarasa et al. (2006) y López et al. (2007) calcularon, según el mismo método del SCS usado en el presente trabajo, umbrales que variaban entre 63,6 mm y 68,4 mm. En un estudio reciente, Camarasa-Belmonte (2016) estimó, mediante balances hídricos lluvia-caudal, umbrales medios de 45,41 mm (variando entre un máximo de 92,8 y un mínimo de 19,8 mm), para el tramo de subcuenca aforada hasta el municipio de Bétera. En el presente trabajo se han obtenido umbrales medios de 66,8 mm para 1956 y de 56,8 mm para el 2011, que son coherentes con los de la bibliografía, si bien muestran una tendencia decreciente. Esta dinámica (Figura 6) implica que, con la misma cantidad de precipitación, cada vez se genera más escorrentía superficial en la cuenca, favoreciendo el riesgo en detrimento del recurso.

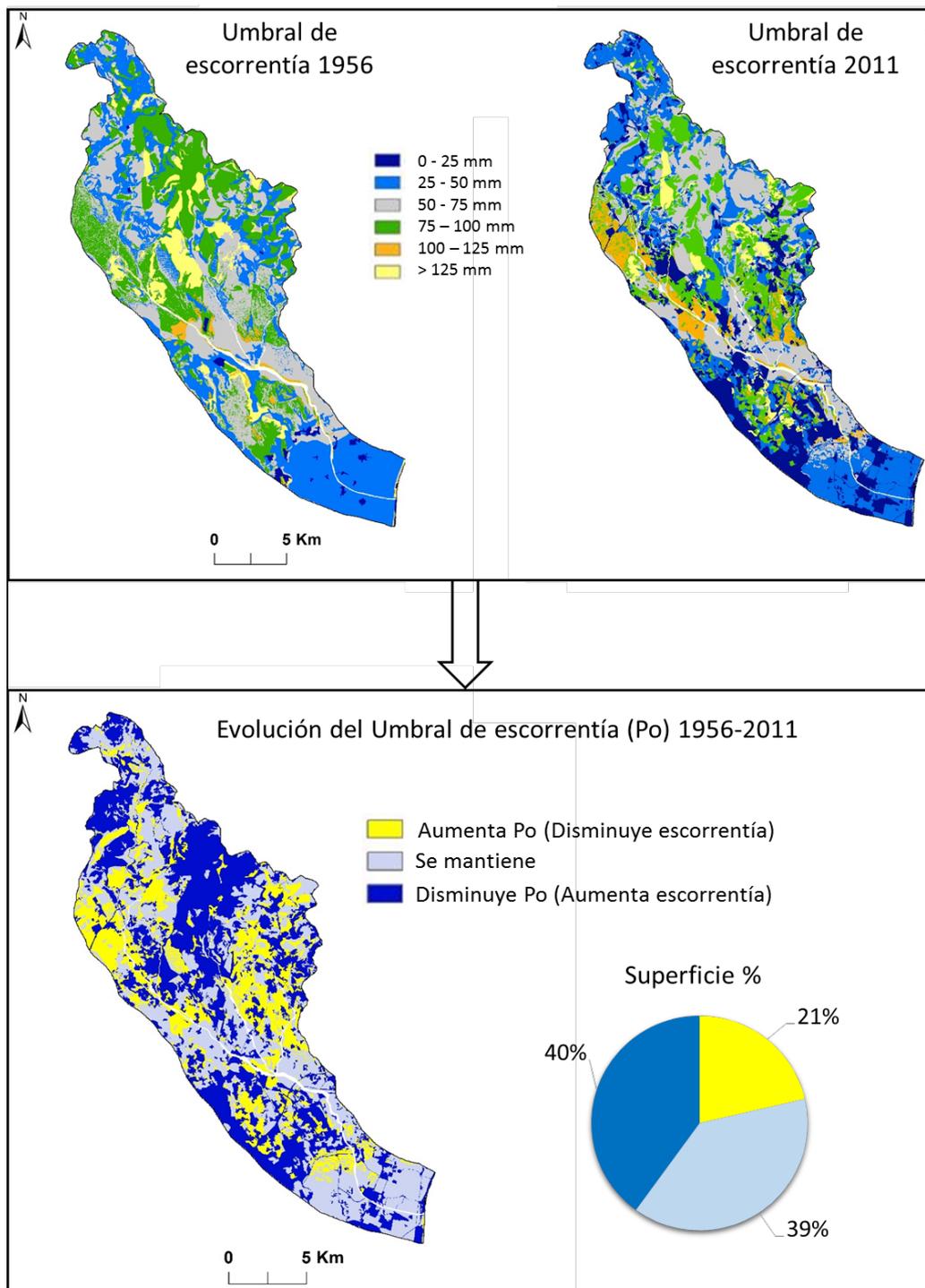
El mapa de 1956 muestra un importante sector de la cuenca (35,5 % de la superficie) con un valor de umbral por encima de los 75 mm, que aparece asociado a formaciones de bosque denso, con suelos profundos y bien desarrollados, además de zonas de alta permeabilidad (por ubicarse sobre depósitos de gravas y arenas). Son sectores de cabecera donde la infiltración es notable y el agua almacenada en el suelo constituye una reserva útil de vital importancia. En el año 2011 la situación ha variado notablemente y sólo un 27,7 % de la superficie de la cuenca presenta umbrales por encima de los 75 mm, como consecuencia del retroceso del bosque y de la vegetación natural.

El área que en 1956 mostraba umbrales entre 50 y 75 mm (principalmente localizada en la zona de abanicos aluviales y piedemonte), también ve reducida su extensión (del 30,6 % al 25,20 %) en 2011, como consecuencia del abandono del seco y el incremento de las urbanizaciones.

Sin embargo, el cambio más espectacular entre las dos fechas se ha producido como consecuencia de la artificialización del territorio, que supone un incremento del 17,3% en la superficie de rango de umbral más bajo (0–25 mm). Este aumento tiene lugar principalmente en el llano de inundación

y la plataforma calcárea de Burjassot-Llíria, como consecuencia de la ampliación de los núcleos habitados. También afecta al sector serrano, a raíz de la proliferación de urbanizaciones de segunda residencia. En estas áreas el sellado de suelo implica que prácticamente toda el agua de lluvia se convierte en escorrentía superficial, con el consecuente incremento del potencial erosivo aguas abajo y la disminución del almacenamiento de agua en el suelo.

Figura 6. Evolución del umbral de escorrentía (PO) entre 1956 y 2011



Fuente: elaboración propia

El mapa de cambios muestra un balance negativo, ya que el umbral de escorrentía disminuye en el 40 % del territorio, aumentando así la escorrentía superficial. Este efecto se produce en las cabeceras, como consecuencia del retroceso del bosque, y en la cuenca media y baja, por el incremento del suelo artificial. El agua pasa así de constituir un recurso natural a suponer un riesgo potencial (bien por provocar déficits en la reserva útil del suelo para los ecosistemas, bien por exceso de caudal y problemas de inundación). El 39 % de la cuenca se mantiene estable y un 21 % de la misma muestra incrementos en el umbral de escorrentía, como consecuencia de la regeneración del bosque y de la vegetación natural (sobre todo en las cabeceras de los barrancos de Pedralvilla y Náquera) y de los cambios de secano a cítricos (en la zona de abanicos).

4.3 Dinámica de la pérdida de suelo

Como ya se ha comentado, uno de los mayores cambios que tienen lugar entre 1956 y 2011 es el incremento del territorio urbanizado, que ha pasado de ocupar el 1,2 % de la cuenca en 1956 al 15 % en 2011. En relación a la erosión, este proceso de sellado artificial presenta características contrapuestas: por una parte, frena la erosión en este sector y, por otra, el suelo deja de ser un recurso disponible para el medio ambiente. Por ello, para el cálculo de la dinámica de la erosión no se tendrá en cuenta el suelo sellado antrópicamente.

La Figura 7 muestra como en el año 1956 una parte importante de la cuenca (41,7 % de la superficie) presenta un estado de conservación de suelo favorable, evidenciada por los tipos de paisaje erosivo 7 (26,8 %) y 6 (14,9 %). El tipo 7 se debe a la cobertura de arbolado denso que proporciona el máximo índice de protección del suelo. El tipo 6 está asociado a campos nivelados de cultivo intensivo. En el año 2011 estos paisajes en buen estado de conservación han disminuido su presencia a un 13 % en el caso del tipo 7 y a un 9 % en el tipo 6, como consecuencia del retroceso del bosque y del abandono de cultivos.

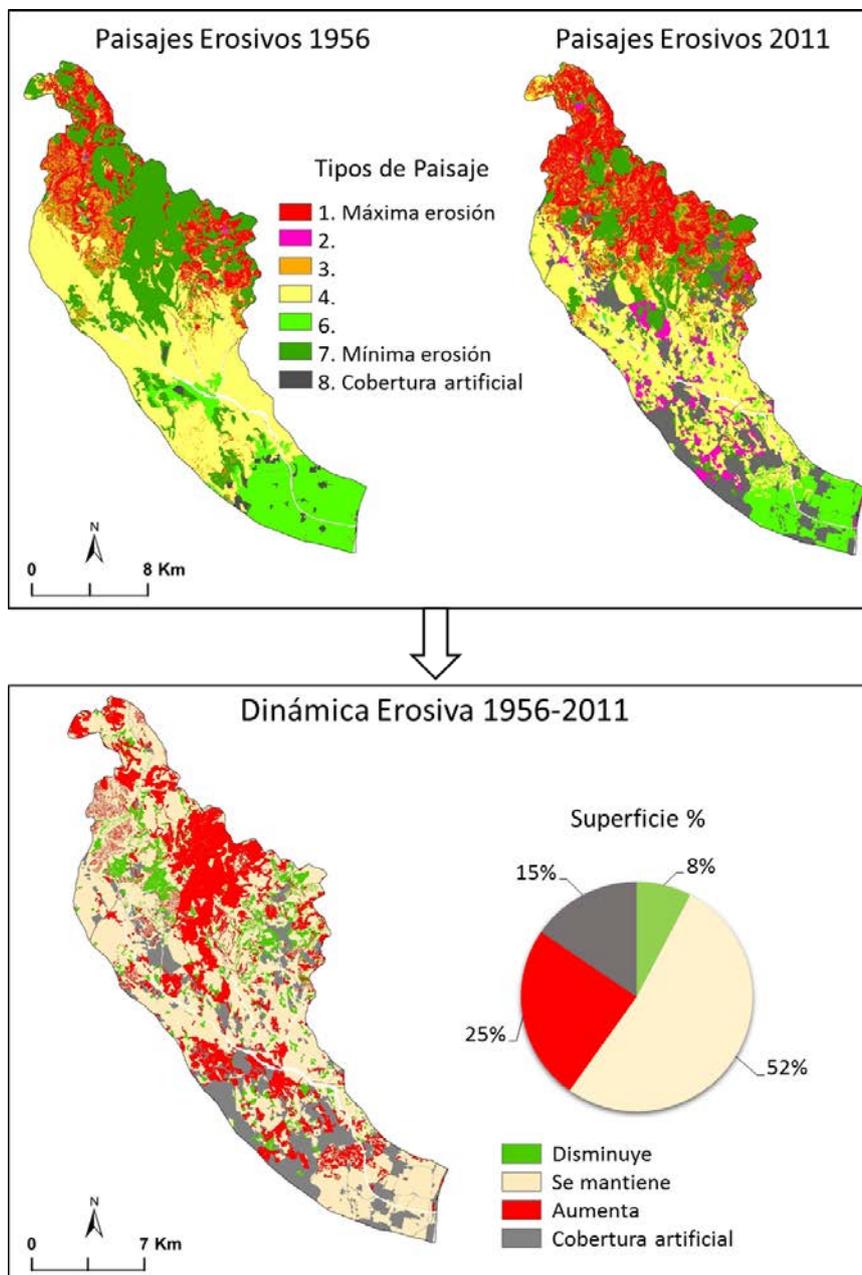
El tipo de paisaje 4 está asociado a un estado de erosión medio, en territorios de pendientes inferiores al 12 %, con litología resistente y una protección del suelo intermedia. La extensión de este tipo de paisaje se ha reducido levemente, pasando del 36,1 % en 1956 al 30 % en 2011.

Los tipos de paisaje 1, 2 y 3 son los que evidencian las mayores pérdidas de suelo. Corresponden a zonas de gran susceptibilidad a la erosión (asociadas a grandes pendientes y litologías poco resistentes) y con escasa protección vegetal. Estos tipos han incrementado su extensión entre 1956 y 2011, pasando del 8 % al 9 % para el tipo 3; del 0,3 % al 5 % para el tipo 2; y del 12,7 % al 19 % en el tipo 1, que es el más problemático.

En síntesis, la dinámica erosiva entre 1956 y 2011 muestra una tendencia preocupante, ya que los paisajes de erosión controlada (tipos 6 y 7) han disminuido, mientras que los de mayor riesgo (tipos 1, 2, y 3) han incrementado su extensión.

El mapa de la Figura 7 resume esta evolución. La mayor parte de la cuenca (52 %) se mantiene sin cambios. En un 25 % de la superficie se produce un aumento de la erosión, que se concentra fundamentalmente en las cabeceras (como consecuencia de la desaparición de la masa forestal densa). Esta predisposición también aparece en sectores de la cuenca media y baja, asociada al crecimiento de zonas periurbanas y al abandono de campos de cultivo (Piqueras, 2012). Por otra parte, se observa una tendencia positiva, esto es, zonas donde la erosión disminuye (8 % de la superficie), en aquellos sectores montañosos que se han repoblado artificialmente con bosques de coníferas o que se están recuperando por regeneración espontánea de la vegetación, tras el abandono de la agricultura.

Figura 7. Evolución de los Paisajes Erosivos entre 1956 y 2011



Fuente: elaboración propia

4.4 Evolución conjunta de los recursos de agua y suelo, sinergias y proyecciones de comportamiento futuro

Si tenemos en cuenta la dinámica de la producción de escorrentía y de la erosión entre 1956 y 2011 observamos que las dos variables muestran mapas similares, ya que los métodos de análisis se basan en los cambios de uso del suelo. Sin embargo, como parten de combinaciones no lineales de diferentes variables, los resultados presentan ciertas diferencias que merecen ser analizadas porque permiten estimar la tendencia comparada de ambos procesos y los posibles casos de sinergias entre ellos.

En general, los cambios en la dinámica erosiva se están produciendo de una manera más pausada que en la producción de escorrentía. Más de la mitad de la cuenca (52 %) permanece estable. Si a esta superficie le sumamos el 15 %, bajo sellado artificial, podemos decir que los cambios de tendencia en la dinámica erosiva sólo afectan al 33 % de la cuenca. La mayor parte de los mismos implican un incremento de la erosión (25 %) y, sólo se mejora el estado del suelo en un 8 %.

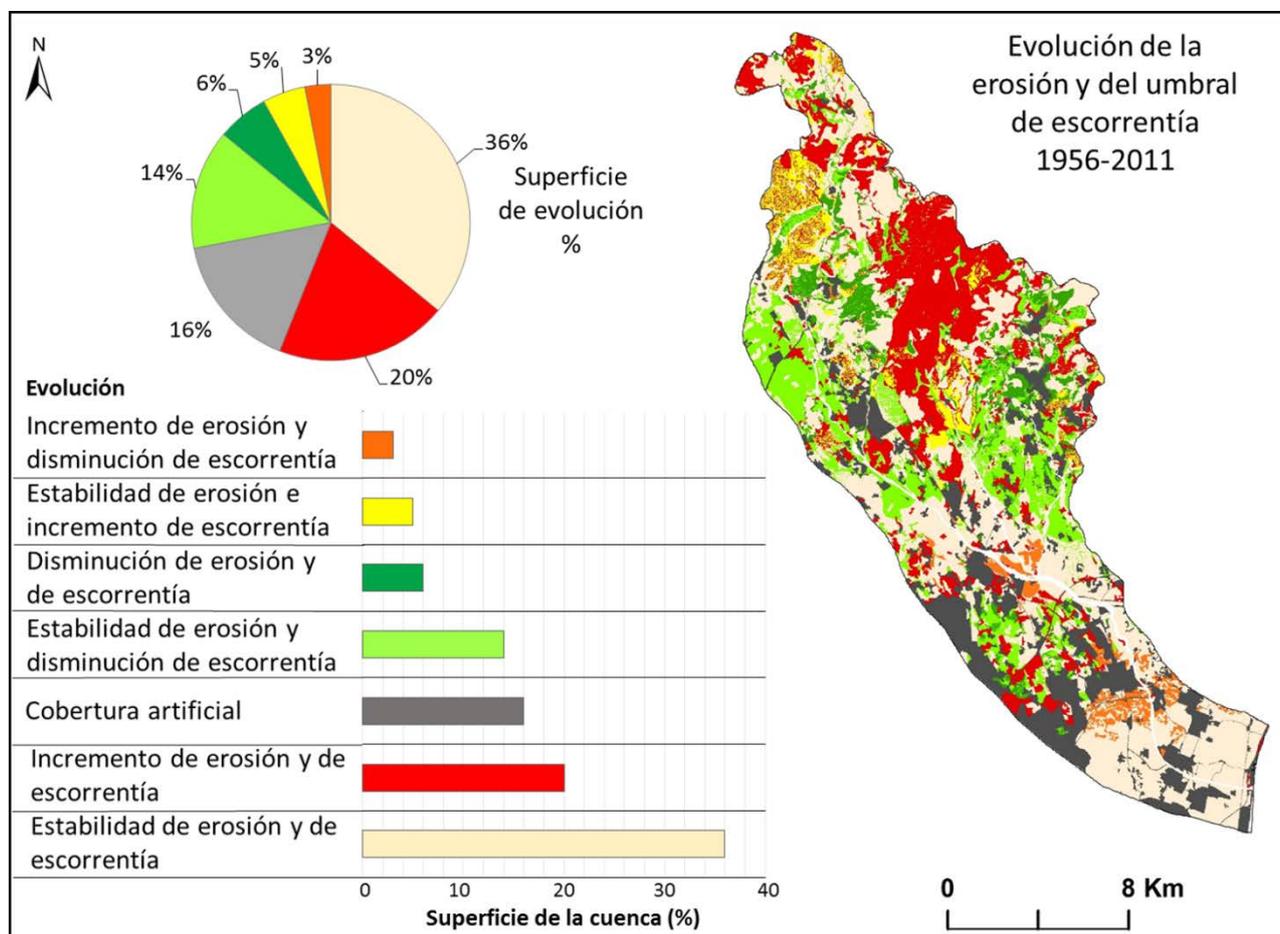
La evolución en la producción de escorrentía es, sin embargo, mucho más dinámica. Únicamente el 39 % de la superficie permanece estable, mientras el 62 % de la misma presenta cambios, en su mayoría hacia un incremento de la escorrentía (40 % de la cuenca) y, en menor, medida hacia la disminución de la misma (21 % del territorio). Por tanto, la producción de escorrentía está reaccionando a los cambios de uso mucho más rápida e intensamente que los de pérdida de suelo.

Si analizamos los cambios en ambos procesos para los diferentes sectores de la cuenca (cabeceras, abanicos aluviales, plataforma calcárea Burjassot-Llíria y llano de inundación), la unidad que proporcionalmente se mantiene más estable es el llano aluvial (aunque la urbanización ha sido importante, la huerta sigue manteniendo una extensión dominante). El sector que, comparativamente, experimenta la mejoría más grande de los recursos, tanto de suelo como de agua, es el de abanicos aluviales. Los mayores problemas de incremento de la erosión se dan en las cabeceras, donde el retroceso del bosque, combinado con las altas pendientes y algunos afloramientos de litologías blandas, han agravado la pérdida de suelo. En cuanto a la producción de escorrentía, los mayores incrementos se producen en la plataforma calcárea de Burjassot-Llíria, como consecuencia de la gran artificialización.

En los paisajes de rambla, los recursos de agua y de suelo aparecen intrínsecamente relacionados con los usos del mismo (Sala & Farguell, 2002; García-Estringana et al., 2003; Henríquez et al., 2006; Durán et al., 2013), de manera que resulta muy difícil desentrañar la interdependencia entre las tres variables. Las transformaciones en cualquiera de ellas condicionan la dinámica de las demás, pudiendo magnificar sus efectos, por sinergia en los procesos. Considerando como desencadenante los cambios en los usos del suelo, la Figura 8 muestra la evolución conjunta de los procesos de erosión y escorrentía, así como las sinergias y compensaciones entre los mismos.

Sólo el 36 % de la cuenca permanece estable, mientras que el 64 % restante presenta cambios de diferente índole. Antes de analizar estas alteraciones debemos especificar que el incremento de suelo sellado (16 %) no se considerará en este apartado, ya que su influencia en dichos procesos es muy diferente. Mientras para el caso de la escorrentía superficial supone un incremento neto e inmediato de la misma, para la erosión implica una paralización de la pérdida de suelo, pero, a la vez, dicho suelo deja de estar disponible como recurso del medio natural. Además, un incremento en la escorrentía superficial en el área artificial supone un aumento de la erosión aguas abajo (Henríquez et al., 2006), donde el territorio vuelve a ser natural, produciéndose un desfase espacio-temporal en los procesos.

Figura 8. Evolución conjunta de los procesos de erosión y producción de escorrentía entre 1956 y 2011



Fuente: elaboración propia

El 48 % de la cuenca presenta cambios conjuntos de erosión y escorrentía, de diferente índole. En un 26 % de la superficie se producen sinergias entre ambos procesos, de carácter negativo en su mayor parte (afectan al 20 % del territorio) y positivo, en una pequeña área (6 %). Las peores sinergias señalan una zona de alta degradación, por incremento de la erosión y de la escorrentía,

que afecta básicamente a las cabeceras (donde ha retrocedido el bosque y la vegetación natural) y a la plataforma Burjassot-Llíria, en los territorios periféricos de las urbanizaciones, de suelos desnudos. Las sinergias de tipo positivo, aparecen donde el suelo se está recuperando y la escorrentía disminuye por abandono de la agricultura y regeneración de la vegetación natural (Lasanta et al., 2010), principalmente en las cabeceras de los barrancos de Olocau y Náquera.

Un 19 % del territorio presenta alteraciones determinadas por cambios en los procesos de escorrentía (de reacción mucho más rápida), mientras que la erosión permanece estable. Así, el 14 % del territorio registra una mejoría de los recursos por disminución de la escorrentía (como ocurre, en la zona de los abanicos, ligada a la sustitución del secano por cítricos); mientras que un 5% empeora por incremento de la misma, ligada al abandono del secano.

Por último, queda mencionar una pequeña proporción del territorio (3 %) donde se producen cambios compensatorios, de naturaleza contraria (aumenta la erosión y disminuye la escorrentía). Esta tendencia es muy dispersa y parece estar relacionada con los cambios de huerta a cítricos, que se están produciendo en las zonas limítrofe del llano aluvial.

Llegado a este punto y, dado que los usos del suelo siguen cambiando, surge la cuestión acerca de las tendencias generales de comportamiento futuro de la erosión y la escorrentía. Para abordar esta materia parece razonable basarse en las proyecciones que ofrecen los instrumentos de planificación territorial. Una evaluación generalista, basada exclusivamente en los usos del suelo, apunta hacia una mejoría de las condiciones ambientales.

Analizando la cuenca por sectores, una parte de la unidad de cabecera pertenece, desde 2002, al Parque Natural de la Sierra de Calderona. En este espacio cabe esperar una disminución de la erosión y de la escorrentía superficial, derivado de la aplicación de las normas de uso del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural, (DECRETO 46/2006, de 31 de marzo, Consell de la Generalitat), según las cuales se detiene la proliferación de suelo sellado (puesto que no se admite nuevo suelo urbano). Se fomenta, además, la recuperación del bosque mediante repoblación con frondosas (por su alto grado de madurez y diversidad), así como con especies típicas mediterráneas, como el *Quercus rotundifolia*, *Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Fraxinus angustifolia* y *Arbutus unedo* (en un intento de diversificar las masas de *Pinus halepensis*).

El reciente Plan de Acción Territorial Metropolitano de Valencia (PATEVAL) de 2016 incluye en su ámbito de planificación, todo el llano de inundación y gran parte de la Plataforma de Burjassot-Llíria y de los abanicos aluviales, extendiéndose hacia la Sierra de Calderona, a través del corredor verde que supone el cauce del Carraixet. En general, el PATEVAL prevé un cambio en el crecimiento del tejido urbano, hacia un modelo de ciudad compacta (evitando la urbanización dispersa imperante). Este modelo no impide el aumento de suelo sellado por artificialización, pero lo regula. Por una parte no se autorizan nuevas extensiones si no están de acuerdo con la Estrategia

Territorial y, por otra, se prevé revertir algunas operaciones urbanísticas (PAIs), devolviendo a su estado original parte del suelo sellado (o en previsión de serlo).

El llano de inundación forma parte en su totalidad del Plan de Acción Territorial de Protección y Dinamización de la Huerta Valenciana, que protege el uso agrario frente al urbano. En concreto, la zona de estudio disfruta de las Figuras de Protección Especial de Grado 1 (H1) y Grado 2 (H2), lo que implica una mayor conservación de los recursos de suelo y agua. Además, el PAT va acompañado de la Llei de l'Horta (2017), que promueve y ampara la actividad agraria.

De todo ello se deduce que, si bien la evolución de los procesos de erosión y escorrentía en función de los usos del suelo ha sido negativa desde 1956 a 2011, se anuncia un cambio de tendencia para los años futuros. De hecho, el año 2011 puede suponer un punto de inflexión en la trayectoria ya que representa el final de una etapa de crecimiento urbano indiscriminado, marcado por la reciente burbuja inmobiliaria. La crisis económica ha puesto fin a este proceso y, en el seno de un nuevo contexto socioeconómico, se han desarrollado estrategias de planificación diferentes, mucho más respetuosas con el medio ambiente. Este nuevo escenario puede revertir, en parte, la tendencia de incremento del riesgo mantenida durante estos años, a favor de la conservación de los recursos de suelo y agua en un futuro próximo.

5 Conclusiones

Agua y suelo constituyen los recursos principales del paisaje mediterráneo, que se han preservado a lo largo del tiempo gracias a una gestión eficiente de conservación de suelo, aprovechamiento de agua y control de riesgos. Sin embargo, los acelerados cambios de usos del suelo que se han producido recientemente pueden poner en peligro este equilibrio recurso/riesgo. En el presente trabajo se ha abordado cómo el cambio de usos entre 1956 y 2011 ha podido condicionar la producción de escorrentía y la pérdida de suelo, en una rambla típica valenciana. Para ello se ha elaborado la cartografía de umbrales de escorrentía y de paisajes erosivos para ambas fechas, y su dinámica temporal.

Los resultados ponen de manifiesto que un 26 % de la cuenca mantiene el mismo uso mientras que el 74 % presenta cambios. Las principales transformaciones afectan al retroceso del secano (en un 32 %) a costa del incremento de los cítricos (en un 15 %); la disminución de la masa forestal (en un 23 %) a favor del matorral y el aumento de la cobertura artificial (en un 13 %).

En términos de producción de escorrentía, el mapa de evolución entre 1956 y 2011, muestra un balance negativo, ya que el umbral disminuye en el 40 % del territorio, aumentando así la escorrentía superficial. Este efecto se produce en las cabeceras, como consecuencia del retroceso del bosque, y en la cuenca media y baja, por el incremento del suelo artificial. El agua pasa así de constituir un recurso natural a suponer un riesgo potencial (bien por provocar déficits en la reserva

útil del suelo para los ecosistemas, bien por exceso de caudal y problemas de inundación). El 39 % de la cuenca se mantiene estable y un 21 % muestra incrementos en el umbral (reduciendo la escorrentía), como consecuencia de la regeneración del bosque y de la vegetación natural (sobre todo en las cabeceras de los barrancos de Pedralvilla y Náquera) y de los cambios de secano a cítricos (en la zona de abanicos).

Respecto a la trascendencia de los cambios de usos en términos de pérdida de suelo (sin contar el sellado por artificialización), la dinámica entre 1956 y 2011 muestra una tendencia preocupante, ya que los paisajes de erosión controlada (tipos 6 y 7) han disminuido, mientras que los de mayor riesgo (tipos 1, 2, y 3) han incrementado su extensión. La mayor parte de la cuenca (52 %) se mantiene sin cambios. En un 25 % de la superficie se produce un aumento de la erosión, que se concentra fundamentalmente en las cabeceras (como consecuencia de la desaparición de la masa forestal densa) y en sectores de la cuenca media y baja (por crecimiento de zonas periurbanas y abandono de campos de cultivo). Por otra parte, se observa una tendencia positiva, esto es, zonas donde la erosión disminuye (8 % de la superficie), en aquellos sectores montañosos que se han repoblado artificialmente con bosques de coníferas o que se están recuperando por regeneración espontánea de la vegetación, tras el abandono de la agricultura.

Si consideramos la evolución conjunta de los procesos de escorrentía y erosión, los cambios en la dinámica erosiva se están produciendo de una manera más pausada que en la producción de escorrentía. En total, sólo el 36 % de la cuenca permanece estable, mientras que el 64% restante presenta cambios de diferente índole. En un 26 % de la superficie se producen sinergias entre ambos procesos, de carácter negativo en su mayor parte (afectan al 20 % del territorio), y positivo, en una pequeña área (6 %). Las peores sinergias indican una alta degradación, por incremento de la erosión y de la escorrentía y afectan básicamente a las cabeceras y a la plataforma Burjassot-Llíria. Las sinergias de tipo positivo, donde el suelo se está recuperando y la escorrentía disminuye por regeneración de la vegetación natural, afectan principalmente a las cabeceras de los barrancos de Olocau y Náquera.

Un 19 % del territorio presenta alteraciones determinadas por cambios en los procesos de escorrentía (de reacción mucho más rápida), mientras que la erosión permanece estable. El 14 % del territorio registra una mejoría por disminución de la escorrentía y un 5 % empeora por incremento de la misma.

Respecto a las tendencias generales de comportamiento futuro, cabe esperar una mejoría de las condiciones ambientales, en relación con los instrumentos de planificación territorial. Así, parte del sector de cabecera pertenece, desde 2002, al Parque Natural de la Sierra de Calderona y por tanto cuenta con las medidas de conservación recogidas en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque. Por otra parte, el llano de inundación y gran parte de la Plataforma de Burjassot-Llíria y de

los abanicos aluviales, se adscriben al ámbito territorial del reciente Plan de Acción Territorial Metropolitano de Valencia (PATEVAL). Además, la llanura aluvial disfruta de Figuras de protección especial (de Grado 1 y 2) en el Plan de Acción Territorial de Protección y Dinamización de la Huerta Valenciana (PAT).

Todo ello lleva a pensar que, si bien la evolución de los procesos de erosión y escorrentía, en función de los usos del suelo, ha sido negativa desde 1956 a 2011, se anuncia un cambio de tendencia para los años futuros, a favor de la conservación de los recursos de agua y suelo en nuestros paisajes de rambla.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto CGL2013-42728-R, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos FEDER). Las/os autoras/es desean agradecer al Dr. J. Vicent Boira Maiques la revisión crítica del artículo y sus acertadas sugerencias.

Declaración responsable: Las/os autoras/es declaran que no existe ningún conflicto de interés en relación a la publicación de este artículo. Ana M^a Camarasa-Belmonte se ha encargado del diseño de la investigación y la redacción principal del texto. M. Paz Caballero López se ha encargado de la elaboración de la cartografía y ha colaborado en la redacción del texto. Emilio Iranzo García se ha encargado del asesoramiento bibliográfico sobre los usos del suelo

Bibliografía

- Almorox, J., López Bermúdez, F., & Rafaelli, S. (2008). *La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación*. Murcia: EDITUM.
- Barredo, J. I., & Engelen, G. (2010). Land Use scenario modeling for flood risk mitigation. *Sustainability*, 2, 1327–1344. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/su2051327>
- Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, A., & López Bermúdez, F. (1999). Efectos sobre la cubierta vegetal, la escorrentía y la erosión del suelo, de la alternancia cultivo-abandono en parcelas experimentales. *Investigaciones Geográficas*, 22, 95–107. Retrieved from <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcc82n3>
- Borga, M., Stoffel, M., Marchi, L., Marra, F., & Jakob, M. (2014). Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: flash floods and debris flows. *Journal of Hydrology*, 518, 194–205. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.022>
- Butzer, K. W. (2005). Environmental history in the Mediterranean world: cross-disciplinary investigation of cause-and-effect for degradation and soil erosion. *Journal of Archaeological Science*, 32, 1773–1800. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2005.06.001>
- Butzer, K. W., Mateu, J. F., Butzer, E. K., & Kraus, P. (2010). Irrigation agrosystems in Eastern Spain: Roman or Islamic Origins. *Annals of the Association of American Geographers*, 75(4), 479–509. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8306.1985.tb00089.x>
- Camarasa-Belmonte, A., Bescós Atín, A., & Sancho Comíns, J. (1998). Evaluación del riesgo de erosión en relación con la dinámica ocupacional del suelo a partir de Sistemas de Información Geográfica. In *Investigaciones recientes de la geomorfología española* (pp. 579–592).
- Camarasa-Belmonte, A. M. (2016). Flash floods in Mediterranean ephemeral streams in Valencia Region (Spain). *Journal of Hydrology*. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00146-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00146-1)
- Camarasa-Belmonte, A. M., & Soriano, J. (2014). Empirical study of extreme rainfall intensity in a semi-arid environment at different time scale. *Journal of Arid Environments*, 63–71, 100–101. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.10.008>
- Camarasa, A. M. (1995). *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc del Carraixet y Rambla de Poyo*. Valencia: MOPT-Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Camarasa, A. M., & Segura (1996). Balances hídricos de crecidas en ramblas mediterráneas: pérdidas hídrica". In M. V. Marzol, P. Dorta, P., & P. Valladares (Eds.), *Clima y agua: la gestión de un recurso climático* (pp. 235–246). La Laguna.

- Camarasa, A. M., & Segura (2001). Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain. *Catena*, 45(3), 229–249. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00146-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00146-1)
- Camarasa, A. M., López, M. J., & Pascual, J. A. (2006). Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía. In *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas* (pp. 49–63). Granada: Universidad de Granada.
- Cammeraat, E. (2004). Scale dependent thresholds in hydrological and erosion response of a semi-arid catchment in southeast Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104, 317–332. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/254746812>
- Cerdá, A., & Lavee, H. (1995). Escorrentía y erosión en los suelos del desierto de Judea. *Geographicalia*, 32, 17–36. doi: http://dx.doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.1995321720
- Cerdá, A., Bodí, M., & Hevilla-Cucarella, E. B. (2007). Erosión del suelo en plantaciones de cítricos en laderas. Valle del Riu Canyoles, Valencia. *Agroecología*, 2, 85–91. Retrieved from <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/11981>
- De Graaff, J., Aklilu, A., Ouessar, M., Asins, V. S., & Kessler, A. (2013). The development of soil and water conservation policies and practices in five selected countries from 1960 to 2010. *Land Use Policy*, 32, 165–174. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.10.018>
- DECRETO 46/2006, de 31 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona [2006/3832]. Retrieved from http://www.dogv.gva.es/datos/2006/04/04/pdf/2006_3832.pdf
- Durán, Z. V. H., Rodríguez, P. C. R., Cuadros, T. S., & Francia, M. J. R. (2014). Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterránea. *Ecosistemas*, 23(1), 66–72. Retrieved from <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/820>
- Durán, Z. V. H., Rodríguez, P. C. R., Francia, M. J. R., & Martín, P. F. J. (2013). Landuse changes in a small watershed in the Mediterranean landscape (SE Spain): environmental implications of a shift towards subtropical crops. *Journal of Land Use Science*, 1, 37–58. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2011.620992>
- Estrela Navarro, M. J. (1990). El sistema de abanicos aluviales del piedemonte de Bétera (provincia de Valencia). *Ería*, 23, 213–221. doi: <http://dx.doi.org/10.17811/er.0.1990.213-222>
- Fernández, L., & López García, M. J. (2015). Expansión urbana del Área Metropolitana de Valencia en el período 1984-2011 a partir de imágenes Landsat TM y ETM. *Revista de Teledetección*, 44, 1–14. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/raet.2015.3628>

- García-Estringana, P., Alonso-Blázquez, N., Jiménez, L., Marqués, M. J., Bienes, R., & Alegre, J. (2003). Efecto de diferentes cubiertas arbustivas sobre la escorrentía y la erosión medidas con simulación de lluvia. *Edafología-Revista de la SECS*, 10(3), 197–205. Retrieved from <http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/2003/documento%2023.pdf>
- Gómez, R., Hurtado, I., Suárez, M. L., & Vidal-Abarca, M. R. (2005). Ramblas in south-east Spain: threatened and valuable ecosystems. *Aquatic Conservation*, 15, 387–402. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.680>
- Henríquez, C., Azócar, G., & Aguayo, M. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región de Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 36, 61–74. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000200004>
- Hernández, M. (1997). *Paisajes agrarios y medio ambiente en Alicante. Evolución de impactos medioambientales en los paisajes agrarios alicantinos: 1950–1995*. Alicante: Universidad de Alicante.
- ICONA (1982). *Paisajes erosivos en el sureste español. Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación* (Proyecto LUCDEME). Ministerio de Alimentación, Pesca y Agricultura.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). [Recursos cartográficos]. Retrieved from <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). [Recursos cartográficos]. Retrieved from <http://www.igme.es/>
- Lasanta, T., Nadal-Romero, E., Serrano-Muela, P., Vicente-Serrano, S. M., & García-Fuiz, J. M. (2010). Escorrentía y erosión tras el abandono de tierras de cultivo en montaña: resultados de la estación experimental “Valle de Aísa”, Pirineos. *Revista de Ecología de Montaña*, 165, 115–133. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2010.165006>
- López-García, M. J., Camarasa, A. M., & Mateu, J. (2007). Cambios en los usos del suelo y producción de escorrentía en ramblas mediterráneas: Carraixet y Poyo (1956–1998). *Boletín de la Asociación Española de Geógrafos*, 44, 69–94. Retrieved from <http://age.ieg.csic.es/boletin/44/04-lopez-garcia.pdf>
- Llei de l’Horta de València (2017). Retrieved from <http://age.ieg.csic.es/boletin/44/04-lopez-garcia.pdf>
- Mateu, J. (1982). *El norte del País Valenciano. Geomorfología litoral y prelitoral*. Valencia: Universitat de Valencia.

- Nanson, G. C., Tooth, S., & Knighton, D. (2002). A global perspective on drylands rivers: perceptions, misconceptions and distinctions. In L. J. Bull & M. J. Kirkby (Eds.), *Drylands rivers. Hydrology and geomorphology of semi-arid channels* (pp. 17–54). New York: Wiley and Sons.
- Pascual Aguilar, J. A. (2002). *Cambios del suelo y régimen hídrico en la rambla del Poyo y el Barranc del Carraixet* (Doctoral dissertation, Universidad de Valencia, Spain). Retrieved from <http://roderic.uv.es/handle/10550/15136>
- Pascual, J. A., & López, M. J. (2016). Cambios recientes en los usos del suelo y sus implicaciones ambientales. In J. F. Mateu (Coord.), *El territorio valenciano. Transformaciones ambientales y antrópicas* (pp. 17–20). València: Universitat de València.
- Pérez Cueva, A. J. (1994). *Atlas Climàtic de la Comunitat Valenciana (1961–1990)*. València: Generalitat Valenciana.
- Petrakis, M., Giannakopoulos, C., & Lemesios, G. (2012). *Report on observed changes and responses to climate change worldwide and in Cyprus. CYPADAPT – development of a national strategy for adaptation to climate change adverse impacts in Cyprus* (Report, deliverable 1.1). LIFE10 ENV/CY/000723. Retrieved from <http://cypadapt.uest.gr/wp-content/uploads/DELIVERABLE1.1.pdf>
- Generalitat Valenciana (2016). *Plan de Acció Territorial de Ordenación y Dinamización de la Huerta de Valencia* (Normativa PATODVH). Retrieved from <http://www.habitatge.gva.es/documents/20551069/163286955/04.+Normativa/Ocd75aa8-fa39-4400-8d40-0b6175ca521f>
- Generalitat Valenciana (2016). *Plan de Acció Territorial Metropolitano de Valencia (PATEVAL)*. (DOCV 7845, 05-08-2016). Retrieved from <http://www.habitatge.gva.es/documents/20551069/163487143/00+Resolució+inicio+consellera+%28DOCV+7845%2C%2005-08-2016%29/2ff95bc6-b7cd-459e-b620-3350679aabde>
- Sala, M., & Farguell, J. (2002). Exportación de agua y sedimento en dos pequeñas cuencas mediterráneas bajo diferentes usos del suelo. Sistema Costero Catalán. *Cuaternario y Geomorfología*, 16(1–4), 97–109. Retrieved from [http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol16/Cuaternario16\(1-4\)_10.pdf](http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol16/Cuaternario16(1-4)_10.pdf)
- Segura, F. (1990). *Las ramblas valencianas*. València: Universitat de València.
- Segura, F. (2004). Ramblas y Barrancos: los ríos de piedras. *Métode*, 38, 109–117. Retrieved from <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/ramblas-y-barrancos-los-rios-de-piedras.html>

Skoulidakis, N. T., Sabater, S., Datry, T., Morais, M. M., Buffagni, A., Dörflinger, G.,...Tockner, K. (2017). Non-perennial Mediterranean rivers in Europe: status, pressures, and challenges for research and management. *Science of the Total Environment*, 577, 1–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.147>

Snelder, T. H., Datry, T., Lamouroux, N., Larned, S. T., Sauquet, E., Pella, H., & Catalogne, C. (2013). Regionalization of patterns of flow intermittence from gauging station records. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 2685–2699. doi: <http://dx.doi.org/10.5194/hess-17-2685-2013>

Soil Conservation Service (1972). *National Engineering Handbook* (sec. 4, sup. A, Hydrology). Retrieved from <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=stelpddb1043063>

Témez, J., (1978). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid: MOPU Dirección General de Carreteras.

Wolman, M. G., & Gerson, R. (1978). Relative scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology. *Earth Surface Processes*, 3, 189–208. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.3290030207>

Zehe, E., & Sivapalán, M. (2009). Threshold behavior in hydrological systems as (human) geosystems: manifestations, controls, Implications. *Hydrological Earth System Sciences*, 13, 1273–1297. doi: <http://dx.doi.org/10.5194/hess-13-1273-2009>

Zucca, C., Canu, A., & Previtali, F. (2010). Soil degradation by landuse change in an agropastoral area in Sardinia (Italy). *Catena*, 83, 46–54. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2010.07.003>