

ASKOA IBISATE^{a*}

VANESA ACÍN^b

DAVID GRANADO^c

ANA SÁENZ DE OLAZAGOITIA^d

CAMBIOS DE USOS DEL SUELO Y RELACIÓN CON CAMBIOS EN CAUCES CANTÁBRICOS (OIARTZUN Y ORIA)

RESUMEN

Se ha analizado la evolución y relación entre los usos del suelo, el cauce activo y las actuaciones realizadas en el último medio siglo en las cuencas de los ríos Oiartzun y Oria. Se constata una importante reducción de la superficie del cauce activo, con estrechamiento e incremento de la vegetación, coincidiendo en el tiempo con un aumento de la superficie arbórea y arbustiva y suelos antrópicos en ambas cuencas, en detrimento de usos de praderas. Además, durante el mismo periodo se han visto ocupadas las escasas llanuras de inundación funcionales que restaban y se han acometido muchas obras de defensa y modificación de los cauces. Todo ello ha afectado a la superficie del cauce activo, y es, probablemente, el factor más relevante de su ajuste.

PALABRAS CLAVE: cauce activo; usos de suelo; ajustes hidrogeomorfológicos; impactos y presiones antrópicas; geomorfología fluvial.

a Área de Geografía Física, Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU. C/ Tomás y Valiente, s/n. 01006 Vitoria-Gasteiz. *E-mail:* askoa.ibisate@ehu.eus. <https://orcid.org/0000-0002-9396-476X>.

b ECOTER, S. C. *E-mail:* vanesaacin@gmail.com

c ECOTER, S. C. *E-mail:* davidgranadog@gmail.com

d Área de Geografía Física, Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU. C/ Tomás y Valiente, s/n. 01006 Vitoria-Gasteiz. *E-mail:* ana.saenzdeolazagoitia@ehu.eus. <https://orcid.org/0000-0003-1912-0259>.

Fecha de recepción: 21-09-2021. Fecha de aceptación: 07-12-2021.

LAND USE CHANGES AND ITS RELATION TO CHANGES
IN CANTABRIAN RIVERS (OIARTZUN AND ORIA BASINS)

ABSTRACT

The evolution and relationship of basin land use, active channel and river works on Oiartzun and Oria basins has been studied. The active channel has reduced its surface, narrowing and increasing riparian vegetation and at the same time anthropic and, especially, forested and shrub surfaces, have grown significantly, while grasslands decreased. Although during the same period the river works on the channels and floodplain occupations have directly modified river channels and probably they have been the main factor for their adjustment.

KEYWORDS: active channel; land use; hydrogeomorphological adjustments; impacts and pressures; fluvial geomorphology.

INTRODUCCIÓN

La morfología fluvial es el resultado de una compleja interacción entre todos los procesos geomorfológicos que ocurren en una cuenca a distintas escalas espaciales y temporales (Schumm, 1977; Lane & Richards, 1997; Church, 2008).

Los cambios en los usos del suelo de la cuenca, en forma de incremento o reducción de la cubierta vegetal, la modificación de los tipos de cubierta vegetal o el incremento en la impermeabilización del suelo, pueden ser resultado de procesos tanto naturales como antrópicos. Estas modificaciones afectan a su vez a los procesos hidrogeomorfológicos, en la medida en que controlan la disponibilidad de escorrentía y aportes sedimentarios que condicionan la dinámica y la morfología fluvial (Rinaldi y Simon, 1998).

El incremento de la cubierta vegetal de porte arbóreo favorece los procesos de infiltración, reduce la erosión del suelo y disminuye la formación de escorrentía superficial (Charlton, 2008). Ello supone una reducción de los caudales circulantes por los cauces y de la disponibilidad de sedimento, lo que favorece la reducción de la dinámica fluvial, la estabilización del cauce, con su consiguiente estrechamiento y proliferación de vegetación de ribera (Beechie et al., 2006; Ibisate et al, 2011) y en ocasiones la transformación de la tipología fluvial (Schumm, 1977). El incremento de las superficies antrópicas urbanizadas sella el suelo e impide los procesos de infiltración o de erosión, de forma que genera escorrentías directas a partir de la precipitación sin aportes de sedimento, lo que incrementa la erosión en los cauces, estrechamientos, incisión y reducción de barras de sedimentos (Yousefi et al., 2019). Una reducción de la cobertura vegetal supone, por el contrario, una mayor escorrentía y una mayor erosión en la cuenca, lo que incrementa el caudal y la aportación sedimentaria. A ello hay que añadir las prácticas de gestión del bosque. Las plantaciones forestales de rápido crecimiento, con prácticas de tala a matarrasa, favorecen en esos momentos los aportes de finos por la exposición del suelo y el paso de maquinaria pesada (Elosegi et al., 2020).

La relación entre los cambios en los usos del suelo y los ajustes en los cauces ha sido analizada en diversos trabajos (García-Ruiz et al., 1997; Bravard, 2002; Kondolf et al., 2002; Liébault et al., 2005). Por su parte, Vázquez-Tarrío et al. (2011) y Marquínez et al. (2018a) han analizado los cambios en la acumulación de sedimento en el cauce en los ríos cantábricos y los ajustes del río a los cambios en la cuenca.

Sin embargo, es probable que factores directos como la invasión del cauce, la modificación de su trazado o la construcción de defensas sean las principales causas de la disminución de la dinámica y de su cauce activo en determinados tramos (Ollero, 2007).

Desde 2013 se están realizando propuestas para la restauración del cauce en ríos de Gipuzkoa (Ibisate et al., 2016), analizando las presiones, los impactos, el estado hidromorfológico y las propuestas de restauración morfológica de ríos de dicho territorio. Ese año se comenzó con el trabajo de la cuenca del río Oiartzun; durante los años 2014 y 2015 se aplicó a la cuenca del río Oria; en 2016 y 2017, a la cuenca del Urumea y desde 2018 y hasta 2021 a la cuenca del río Urola. En este trabajo se presentan los resultados de las cuencas de Oiartzun y Oria.

ÁREA DE ESTUDIO

Las dos cuencas estudiadas se ubican en la vertiente cantábrica y son ríos que, en una escasa distancia, salvan un fuerte desnivel hasta el mar Cantábrico. La cuenca del río Oiartzun tiene una superficie de 85,27 km², mientras que la del Oria, con sus 881,99 km², es la de mayores dimensiones del territorio guipuzcoano y comprende casi la mitad de este (figura 1).

Geológica y litológicamente, la cuenca del río Oiartzun se caracteriza por presentar afloramientos paleozoicos en el extremo suroriental. Bordeando estos materiales encontramos otros de edad jurásica y cretácica y la presencia de un diapiro en la parte central de la cuenca, que condiciona la existencia de materiales menos resistentes a la erosión y una topografía más suave. Finalmente, en la cuenca baja encontramos las series carbonatadas terciarias (Edeso, 2006). En el caso del Oria, el río atraviesa de sur a norte las morfoestructuras del Arco Vasco, donde destaca el predominio de materiales carbonatados, pero con amplia presencia de alternancias de lutitas, areniscas y margas, así como afloramientos diapiricos y materiales paleozoicos en su extremo nororiental.

Los cauces del territorio guipuzcoano se caracterizan por su corta longitud, elevada pendiente, fuerte encajamiento y ausencia de llanura de inundación, lo que provoca que el *talweg* de muchos de ellos linde con las propias laderas del valle. Estas características son trasladables a nuestras cuencas, y en especial a la cuenca del río Oria, mientras que en la de Oiartzun, aun teniendo unos cursos fluviales de escasa anchura y cubiertos por vegetación, su grado de encajamiento varía: es mayor en las zonas altas de mayor pendiente, mientras que el sector central presenta mayor amplitud y terrazas.



Figura 1. Cuencas de los ríos Oiartzun y Oria en el contexto del Cantábrico oriental.

Fuente: GeoEuskadi e IDENA.

Ambas cuencas presentan un clima templado húmedo, caracterizado por temperaturas suaves (14,5 °C de media anual) y escasa amplitud térmica. Las precipitaciones son abundantes, con un valor medio anual de 2.333 mm en Oiartzun; oscilan entre algo más de 1.900 mm en la parte baja de la cuenca, y los más de 3.000 mm en los años más húmedos en la parte alta. En la cuenca del río Oria las precipitaciones medias se sitúan en torno a los 1.547 mm, y oscilan entre los 1.300 mm de las zonas más secas de los fondos de valle del interior y los más de 2.000 mm en las partes más elevadas del extremo oriental. Las temperaturas medias son ligeramente inferiores a las de Oiartzun (Diputación Foral de Gipuzkoa, 2021).

Esa elevada pluviometría se traduce en altos caudales específicos, singularmente en la cuenca del río Oiartzun, con 43,5 l/s/km², mientras que en la cuenca del río Oria, con menor pluviometría y mayor superficie, son 33,78 l/s/km², aunque registra los caudales medios absolutos más elevados de todo el territorio guipuzcoano, con 29,79 m³/s frente a los 3,71 m³/s del río Oiartzun (Diputación Foral de Gipuzkoa, 2021).

Los usos forestales predominan en ambas cuencas, aunque en la cuenca del Oria la superficie forestal es considerablemente superior, destacando las repoblaciones de coníferas. En la cuenca del río Oiartzun, los bosques se circunscriben a la cuenca alta y a las zonas de mayor pendiente. Las praderas

presentan una superficie similar y se ubican en el fondo del valle, más amplio y con menores pendientes, así como en las laderas de las colinas. Los usos antrópicos (suelos urbanos e industriales), se desarrollan cerca de las vías de comunicación, que coinciden con el eje principal del río Oria y ocupan las escasas llanuras de inundación, mientras que en Oiartzun presentan una mayor extensión en la parte baja de la cuenca y se extienden a través del corredor oeste-este de la carretera A-1 y los fondos de valle. Ambas cuencas apenas cuentan con grandes infraestructuras de regulación de caudales y retención de sedimentos, como grandes embalses; no obstante, son numerosos los azudes que fragmentan ambas redes de drenaje, lo que limita la dinámica sedimentaria.

Las cuencas de Oiartzun y Oria han tenido una afección antrópica de carácter secular. En Oiartzun, el pastoreo, las ferrerías, las talas, los incendios o la presencia de las minas romanas de Arditurri (Edeso, 2006) dan cuenta de presiones e impactos que han alterado los usos del suelo de la cuenca y el cauce, con claras afecciones a los procesos hidrogeomorfológicos de sus ríos. Edeso (2006) señala que algunos depósitos analizados en el estuario del río Oiartzun presentan materiales procedentes de la mina de Arditurri. Esos depósitos, de origen claramente antrópico, junto con los procedentes de la roturación y tala de la cuenca, han ido colmatando el estuario de la bahía de Pasajes, formado en el Holoceno, con la transgresión flandriense y que hasta entonces presentaba una dinámica incisiva (Edeso, 2006).

En el caso de la cuenca del Oria, las presiones han sido también muy intensas, algunas de carácter secular, en forma de pastoreo, roturación, transformación del agrosistema vasco (Ugarte, 1986), talas, repoblaciones, ferrerías y azudes (Ugarte & Ugalde, 1989). Dichas presiones se intensificaron a raíz de la industrialización producida desde mediados del siglo xx, habiéndose ocupado prácticamente todas las llanuras de inundación y transformado el trazado y las orillas de los ríos de los cursos medio y bajo del río Oria y los tramos bajos de los afluentes con un continuo de defensas fluviales.

El objetivo del trabajo es analizar la evolución de los cambios acaecidos desde mediados del siglo xx en los usos del suelo de ambas cuencas y sus llanuras de inundación y relacionarlo con los cambios en el cauce activo de ambos ríos.

METODOLOGÍA

Mediante el empleo de sistemas de información geográfica, *software* ArcGis, v.10.2.2, se han cuantificado los cambios en los usos del suelo de las cuencas y la evolución del cauce activo de la red fluvial estudiada.

La evolución de los cauces se determinó a través de su cauce activo, el área que engloba la superficie de la lámina de agua y la de las barras de sedimentos desnudas (Surian, 1999; Comiti et al., 2011). Para ello, mediante fotointerpretación se digitalizaron tres imágenes de 1954, 1983 y 2012 en Oiartzun, siendo esta última de 2013/2014 en Oria, de modo que se reflejara la primera fotografía disponible, una intermedia y una reciente, lo que permite analizar la evolución en el último medio siglo (tabla 1).

Tabla 1. Características de los vuelos empleados para el análisis del cauce.

Cuenca	Vuelo	Fecha	Escala	Fuente
Oiartzun y Oria	1954	Enero 1954	1:10.000	DFG
Oiartzun y Oria	1983	Mayo-Junio 1983	1:30.000	IGN
Oiartzun	2012	24/07/2012	1:5.000 Tamaño píxel 0,22 m	PNOA
Oria – cuenca alta	2013	21/08/2013	1:5.000 Tamaño píxel 0,22 m	GeoEuskadi
Oria – cuenca baja	2014	16/07/2014 10/09/2014 03/10/2014	1:5.000 Tamaño píxel 0,22 m	PNOA

La fotointerpretación presenta la dificultad derivada de la estrechez de los valles y la baja calidad de las fotografías más antiguas en algunas de las zonas. Es por ello por lo que algunos tramos no se han podido estudiar, ya que las características morfológicas del cauce no permiten cambios significativos en planta, bien por la pendiente o por el elevado grado de encajamiento. Otra circunstancia habitual es la escasa dimensión de los cauces cantábricos, que impide su distinción a través de la fotografía aérea, o la presencia de una vegetación de ribera que impide la visibilidad. Asimismo, se han descartado aquellos tramos bajos con influencia mareal por tratarse de morfologías derivadas tanto de los procesos fluviales como marinos.

Por ello, la cartografía del cauce activo se ha limitado a nueve ríos del área de estudio, por ser los únicos visibles a través de las fotografías aéreas y ortoimágenes, lo que ha sumado una totalidad de 106,99 km. Los cursos fluviales y tramos que se han digitalizado y analizado han sido solo parte del eje principal de la cuenca del río Oiartzun (tabla 2, figura 2) y, en la cuenca del río Oria, al eje principal se han añadido otros siete tributarios (tabla 2 y figura 3). En gran parte de los tributarios se trata solamente del tramo final en su confluencia con el río Oria, caso de los ríos Amezketa, Leitzaran y Urtsuaran.

Tabla 2. Longitudes de los ríos en los que se ha analizado el cauce activo.

Cuenca	Río	Longitud (km)
Oria	Agauntza	14,35
	Amezketa	0,2
	Amundarain	4,16
	Araxes	8,8
	Berastegi	1,59
	Oria	66,42
	Leitzaran	0,56
	Urtsuaran	0,61
Oiartzun	Oiartzun	10,3

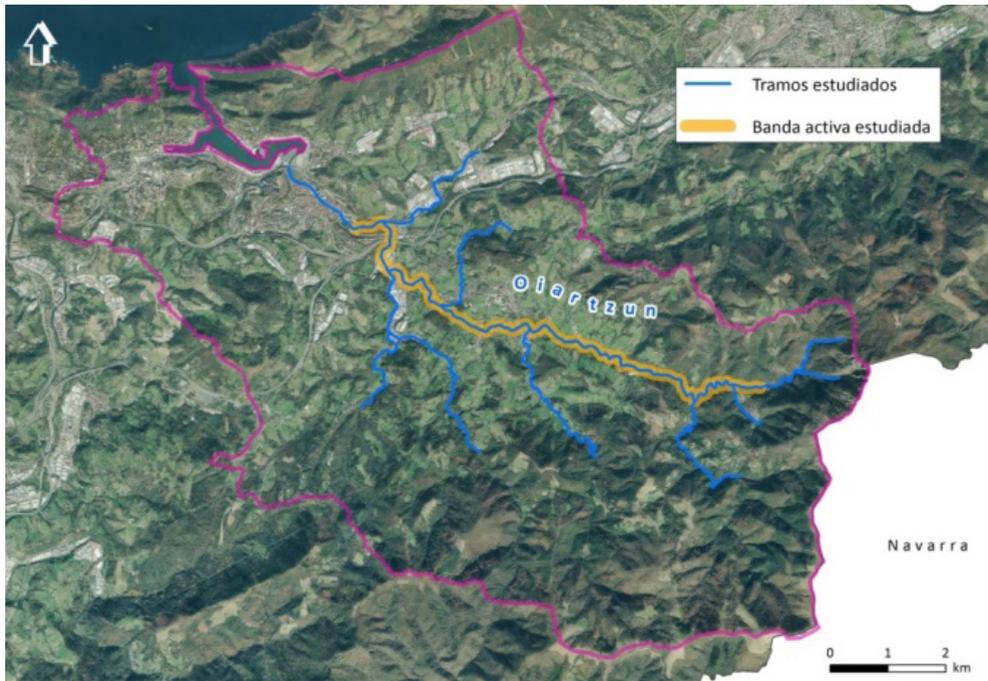


Figura 2. Tramos de la red fluvial del río Oiartzun en los que se ha analizado el cambio en el cauce activo.

Fuente: GeoEuskadi.

La digitalización del cauce activo permitió también la identificación de otro tipo de actuaciones sobre el cauce, como rectificaciones, cortas artificiales de meandros, soterramientos o rellenos de cauces, entre otras.

Los cambios en los usos del suelo de la cuenca se han cuantificado a partir del análisis de imágenes de satélite (Vicente-Serrano et al., 2006; Lasanta & Vicente-Serrano, 2007). Se ha tratado de hacer coincidir las fechas de las imágenes de satélite con las de las fotografías aéreas y ortoimágenes, de modo que se puedan comparar los resultados del análisis del cauce activo con los cambios en los usos del suelo. En este caso, no se dispone de imagen coincidente con el primer fotograma analizado en la banda activa, de 1954, por lo que el análisis de los usos del suelo se ha reducido exclusivamente a las fechas de 1984 para la fecha intermedia y para el análisis más reciente, imágenes de 2011 y 2015 para Oiartzun y Oría respectivamente, tratando de hacer coincidir las fechas de las imágenes de satélite con las de las ortofotos (tabla 3). Dichas imágenes fueron obtenidas a través del *Global Visualization Viewer* (GloVis, 2021).

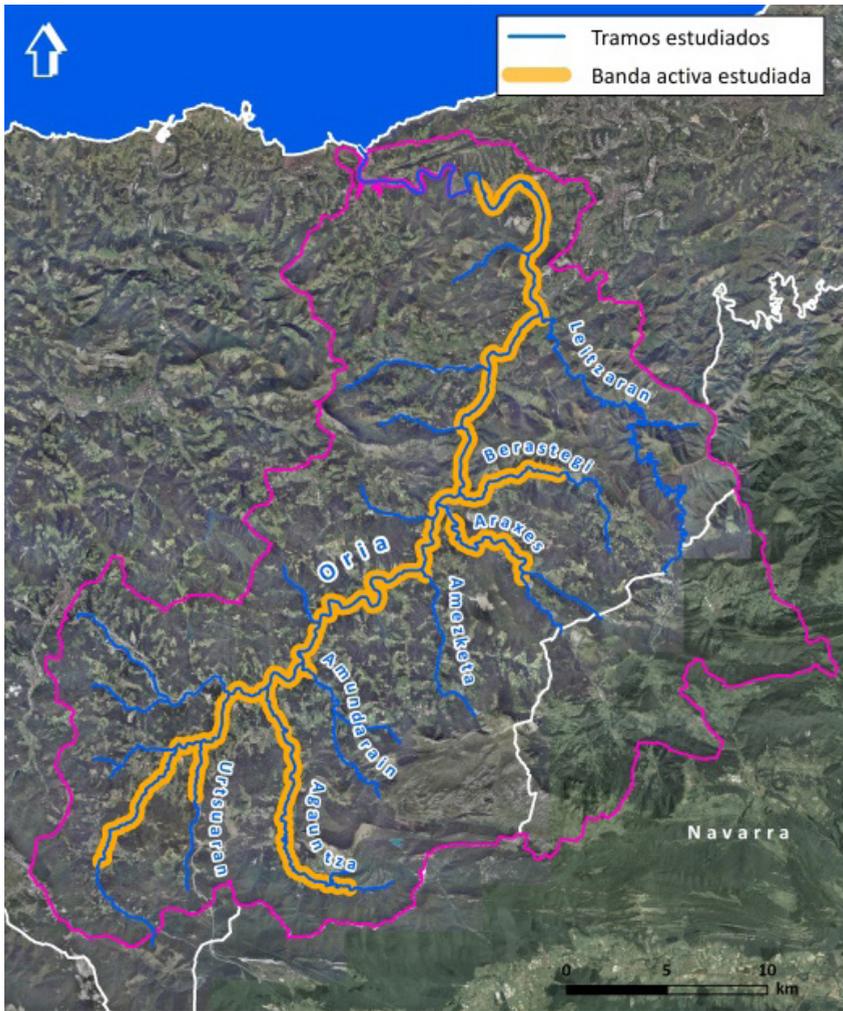


Figura 3. Tramos de la red de drenaje de la cuenca del río Oría en los que se ha analizado el cambio en el cauce activo.

Fuente: GeoEuskadi, IDEE.

Tabla 3. Imágenes de satélite seleccionadas.

Cuencas	Zona	Fecha	Bandas	Satélite	Resolución
Oiartzun y Oría	200-30	12/9/84	7	Landsat 5	30 metros
Oiartzun	200-30	4/2/11	7	Landsat 5	30 metros
Oría	200-30	30/6/15	11	Landsat 8	30 metros

A partir de las imágenes de satélite se han cartografiado cinco categorías de usos de suelo mediante un proceso de clasificación supervisada: “Superficie rocosa, depósitos y suelo desnudo”, “Superficie agraria, cultivos, pastos y praderas”, “Superficie arbórea y arbustiva”, “Superficie antrópica y degradada” y “Superficie de agua”. Estas categorías se han definido atendiendo a su relación con la respuesta hidrológica y la aportación sedimentaria y se asemejan a clasificaciones realizadas por otros autores (Segura-Beltran & Sanchis-Ibor, 2013).

El proceso de clasificación supervisada partió de la descompresión de las imágenes y una posterior combinación de las bandas. Landsat 5 dispone de siete bandas, mientras que Landsat 8 tiene once bandas. Dado el mayor número de bandas con diferentes longitudes de onda de Landsat 8, se han llevado diferentes composiciones para ajustarlo al tratamiento realizado con Landsat 5. Así pues, en el proceso de discriminar cubiertas, se han usado las diferentes composiciones, unas para discriminar áreas urbanas, roca y suelo desnudo (5-6-4; 7-6-2), otras para discriminar áreas agrícolas (6-5-2; 5-6-2) y otras para superficies vegetadas (6-5-4; 5-4-3) (figura 4). Se trata de composiciones habituales que permiten distinguir mejor los usos de suelo y la vegetación. La disponibilidad de fotogramas aéreos que se aproximan a las fechas de obtención de las imágenes satélite, ha permitido la corroboración de distintas cubiertas del año 1984 con la fotografía aérea de 1983, , la de 2011 con la de 2012 y la de 2015 con las ortoimágenes de 2013 y 2014.

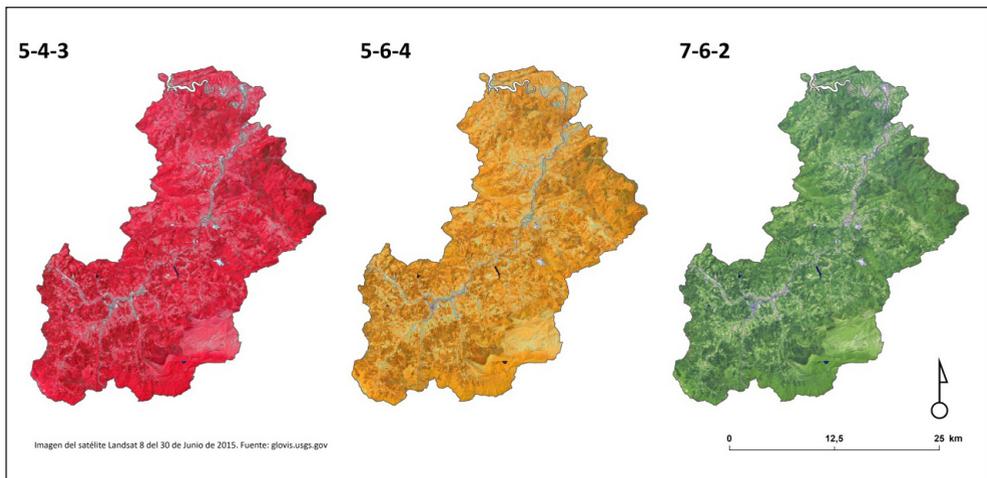


Figura 4. Ejemplo de varias composiciones en falso color de la cuenca del Oria en junio de 2015. Izquierda: Bandas 5-4-3. Centro: Bandas 5-6-4. Derecha: Bandas 7-6-2. Fuente: Glovis.usg.gov

Tras esto, se han seleccionado distintas áreas de entrenamiento, de las que se conoce el uso del suelo por la comprobación en el campo, su identificación mediante fotografía aérea o la visualización

de su signatura espectral. A partir de ello, se elaboró la cartografía de usos de suelo de cada una de las cuencas.

RESULTADOS

Cambios en el cauce activo

Los resultados de la digitalización se han representado cartográficamente y se ha cuantificado su evolución mediante gráficos (figura 5).

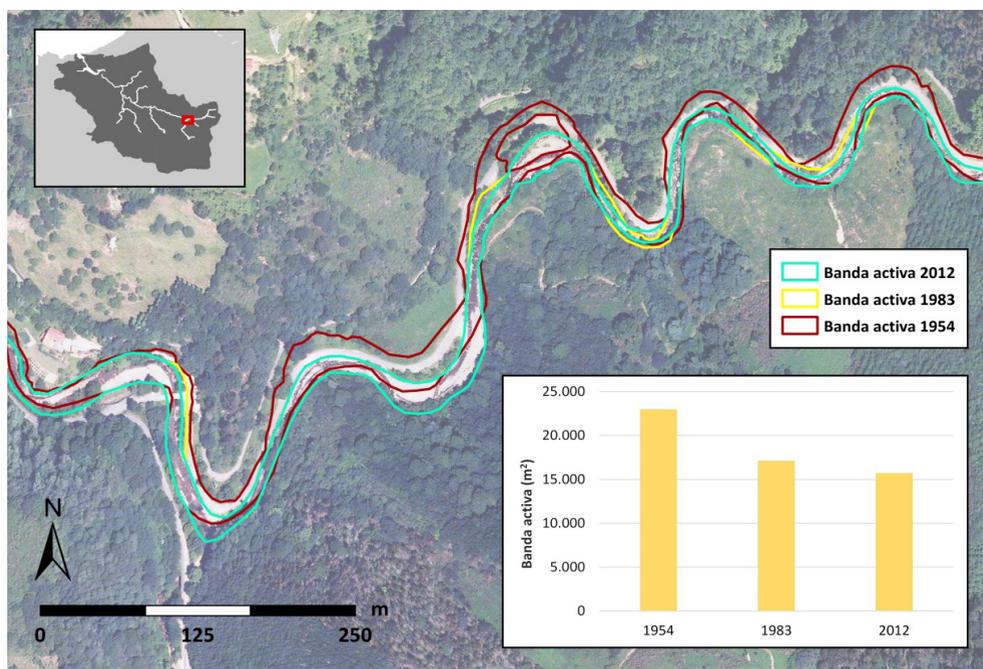


Figura 5. Representación cartográfica de la evolución del cauce activo de un tramo del río Oiartzun y evolución de su superficie en los tres años estudiados.

La evolución del cauce activo en el río Oiartzun presenta una reducción total de 27.932 m², lo que supone una merma de un 32,1 % (tabla 4 y figura 6). Durante el primer periodo estudiado (1954-1983) se produce una reducción muy importante de la superficie (22.376 m², 27,3 %), mientras que en el segundo periodo (1983-2012) prosigue la reducción, pero de forma muy modesta (5.556 m², 6,3 %). Ello ha supuesto una pérdida anual de 481 m², pero de mayor intensidad en los primeros 29 años, con una tasa de 772 m²/año frente a los 192 m²/año de la segunda mitad del total del periodo analizado.

Tabla 4. Modificación de la superficie del cauce activo entre 1954 y 2013/14 en los ríos estudiados.

Río	% alteración cauce activo		
	1954-1983	1983-2013/14	1954-2013/14
Agauntza	-32,8	-25,9	- 50,2
Amezqueta	-7,4	+ 29,0	+ 19,4
Amundarain	-16,2	-14,9	-28,7
Araxes	-25,6	-18,2	-39,1
Berastegi	-11,9	-11,6	-22,1
Leitzarain	-38,1	+ 9,7	-32,1
Urtsuaran	-5,4	-20,4	-24,7
Oiartzun	-27,3	-7,3	-32,1
Oria	-7,3	-9,9	-16,5

En la red fluvial del río Oiartzun se descartaron los tramos superiores por su elevada pendiente y encajamiento y las reducidas dimensiones del cauce, que no permiten cambios significativos en planta y dificultan su cartografía. El tramo final está muy alterado por la actividad humana, con numerosas defensas que han dificultado la dinámica y movilidad del cauce, además de estar condicionado por la dinámica del estuario.

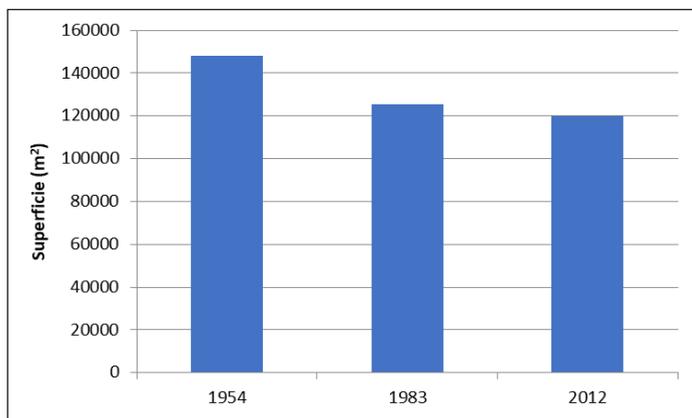


Figura 6. Cuantificación de la evolución de la superficie del cauce activo en el tramo del río Oiartzun estudiado.

Aunque en valores absolutos la disminución de la superficie del cauce activo en la cuenca del río Oria es de en torno a 443.456 m², en términos relativos es algo más modesta a la identificada en Oiartzun, del orden de un 21,9 % en el conjunto de la serie estudiada (tabla 4 y figura 7). Esa reducción se reparte de manera muy similar en los dos subperiodos estudiados, y es de alrededor del 11,6 %. Eso supone una disminución de 8.093,2 m²/año entre 1954 y 1983 y de 6.523,5 m²/año entre 1983 y 2013/14, por lo que en el conjunto de la serie es de 7.269,8 m²/año.

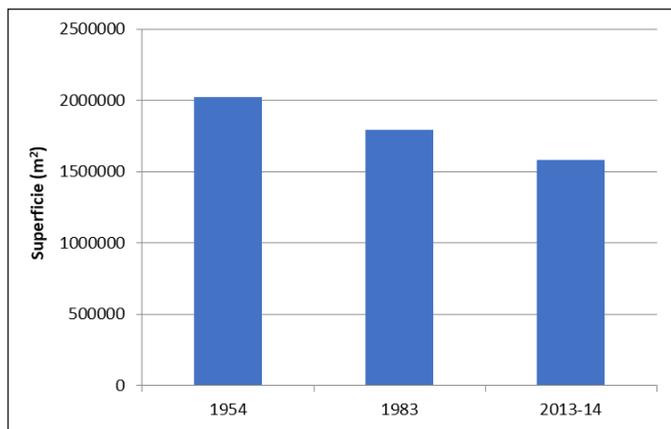


Figura 7. Cuantificación de la evolución de la superficie del cauce activo en el conjunto de la red fluvial estudiada de la cuenca del Oria.

Si analizamos los distintos afluentes y tramos identificados, se ha observado una disminución generalizada del cauce activo, en algunos casos por la proliferación de la vegetación en fechas más recientes, o por la presión urbanística e industrial, especialmente en sus tramos medios y bajos (tabla 4). Salvo el tramo del río Amezqueta, que ha incrementado su superficie, el resto de los tramos estudiados han presentado una apreciable reducción en su superficie desde 1954 a 2013/14. Destaca la reducción en un 50 % del tramo del río Agauntza, seguido del 39 % del río Araxes o del 32 % del Leitzarán. Urtsuarán, Berastegi y el propio eje del río Oria presentan los valores más bajos, con reducciones del 24,7, 22 y 16 %, respectivamente.

Así, en diversos tramos del río Oria, Agauntza y Araxes esa reducción del cauce activo se ha manifestado por una reducción de la superficie de barras de sedimentos desnudas y la proliferación de la vegetación en el cauce, principalmente en la última fotografía estudiada (figura 8).

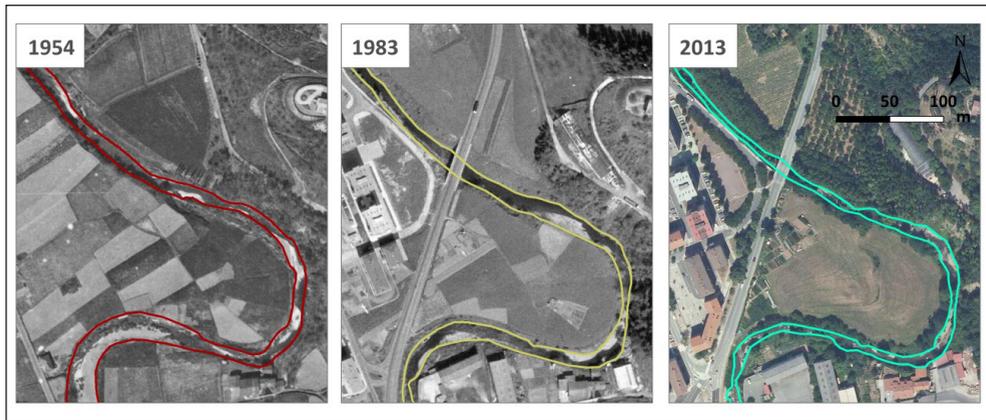


Figura 8. Evolución de la banda activa en un tramo del río Agautza.

Los incrementos en la superficie del cauce activo se producen fundamentalmente ligados a actuaciones en los cauces. Este hecho se ha constatado en el caso del río Amezketa en el último periodo de 1983 a 2014, no por una reactivación de la dinámica fluvial, sino por la urbanización del tramo, que ha eliminado la vegetación de ribera y desnaturalizado el cauce. En el caso del río Leitzaran, también se produce un incremento en la superficie del cauce activo en este segundo subperiodo, sin que haya alterado el balance global, debido a la modificación artificial de la confluencia con el río Oria en el casco urbano de Andoain, en la que se actúa incrementando la superficie de cauce.

Los tramos de los ríos Amezketa, Berastegi, Leitzaran y Urtsuaran son los más cortos de todos y circunscritos al tramo final de su desembocadura en el colector principal. Se trata de tramos urbanos, muy alterados, con orillas defendidas, en algún caso con trazados modificados y que, por lo tanto, no representan la tendencia real de la evolución de la superficie del cauce activo. Puntualmente, se observan también cambios en algunos tramos del río Oria, como el incremento entre 1983 y 2014 de la superficie del cauce activo por la urbanización de un polígono industrial próximo a Ikaztegieta, la urbanización de la orilla derecha en la zona urbana de Lasarte-Oria o la construcción de la estación de aforo de Alegia.

Evolución de los usos del suelo

El análisis de la evolución de los usos del suelo entre 1984 y 2011 en la cuenca del río Oiartzun se recoge en los datos de la tabla 5 y la figura 9.

La cuenca del río Oiartzun muestra entre 1984 y 2011 un incremento de casi el 10 % de la superficie forestal y arbustiva, donde el mosaico de prados y bosques se cierra, especialmente en la cuenca alta y media y en zonas de mayor pendiente (tabla 5 y figura 9). Estos cambios de uso han ido en detrimento de las superficies de cultivos y prados, que han perdido un 10,6 %, de modo que el anterior mosaico de prados y bosques evoluciona hacia una masa boscosa más continua. Mientras tanto, la superficie de suelos antrópicos, degradados y suelo desnudo se incrementa un 1 %, especialmente por el continuo urbano

del eje del río Oiartzun y del eje suroeste-noreste de la carretera A-1. Sin embargo, las zonas degradadas, o con roca expuesta, como el entorno de la mina de Arditurri, en el sureste de la cuenca, se han tapizado con vegetación.

Tabla 5. Porcentaje de cada categoría de uso de suelo en la cuenca del Oiartzun en 1984 y 2011.

Uso de suelo	1984	2011
Superficie antrópica, degradada y suelo desnudo	12,9	13,8
Superficie agraria, cultivos, pastos y praderas	56,0	45,4
Superficie arbórea y arbustiva	31,0	40,8

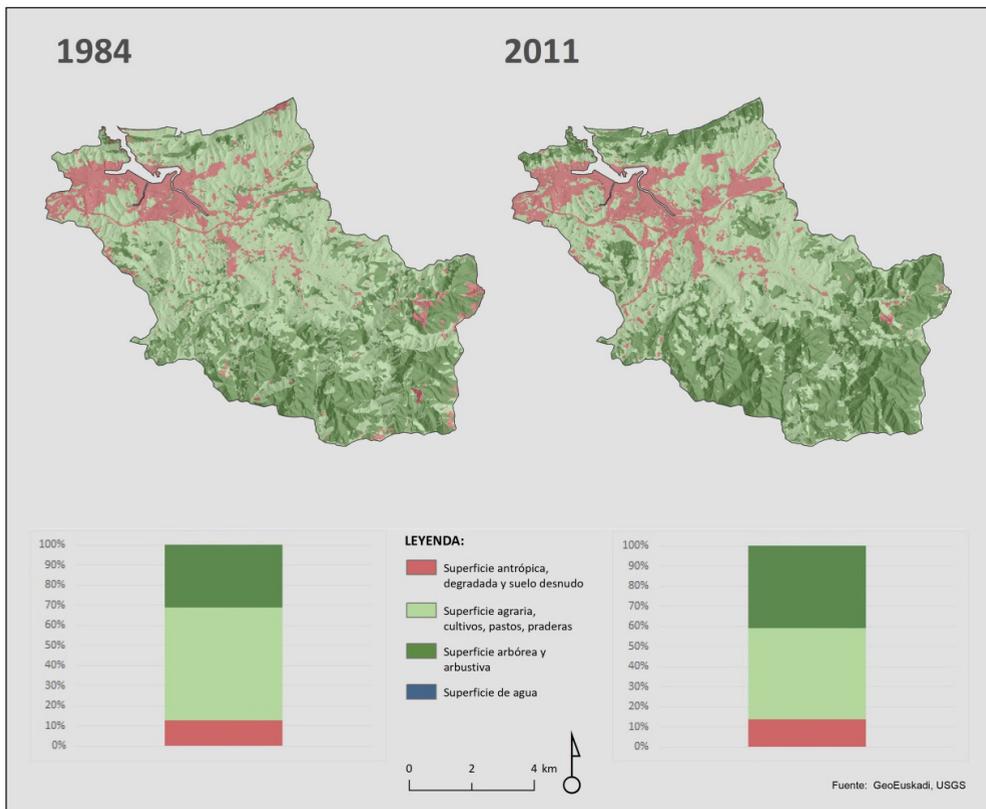


Figura 9. Evolución de los usos del suelo en la cuenca del río Oiartzun.
Fuente: GeoEuskadi, USGS.

La evolución del conjunto de la cuenca del río Oria y las principales subcuencas analizadas (Agauntza, Amundarain y Araxes) se recogen en la tabla 6 y figura 10. Las subcuencas de Amezqueta, Berastegi, Leitzarain y Urtsuaran no han sido representadas, dado que solo se ha estudiado el cauce activo de tramos concretos, finales, de zonas muy urbanizadas.

Tabla 6. Porcentaje de cada categoría de uso de suelo en la cuenca del Oria en 1984 y 2015.

Uso de suelo	Oria		Agauntza		Amundarain		Araxes	
	1984	2015	1984	2015	1984	2015	1984	2015
Superficie antrópica, degradada y suelo desnudo	4,4	4,4	7,9	2,8	6,4	2,2	2,4	2,2
Superficie agraria, cultivos, pastos y praderas	43,7	30,2	32,8	21,9	52,3	44,8	37,9	22,9
Superficie arbórea y arbustiva	51,8	65,4	59,3	75,1	40,6	53,0	59,7	74,4

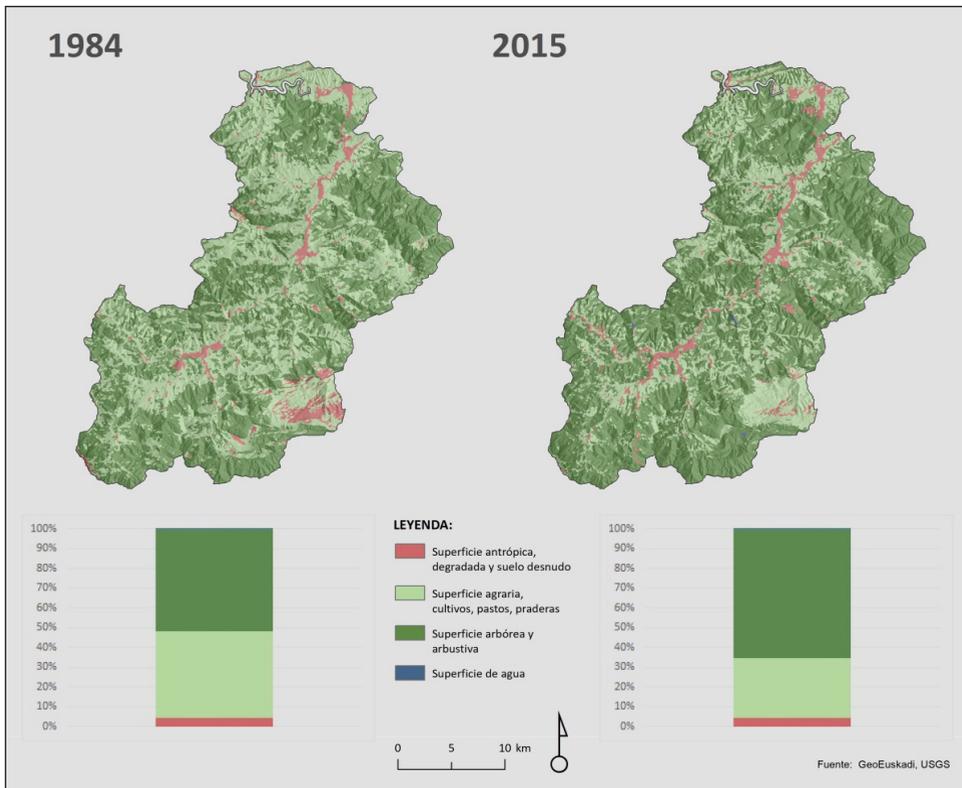


Figura 10. Usos del suelo en la cuenca del río Oria.

Fuente: GeoEuskadi, USGS.

Tanto los datos numéricos de la tabla 6 como el mapa de la figura 10 reflejan un incremento de las superficies forestales y arbustivas, principalmente en las zonas de mayor pendiente tanto en el conjunto de la cuenca del río Oria como en las distintas subcuencas analizadas; en todas ellas se produce en torno a un 15 % de incremento, salvo la subcuenca de Amundarain, la menos forestada. Por el contrario, se produce una disminución de las superficies agrarias, pastos y praderas.

La figura 10 muestra en los fondos de valle un incremento y continuidad de las superficies antrópicas, usos urbanos e industriales, así como la de superficies degradadas. Sin embargo, los cálculos de esta categoría no muestran cambios en el conjunto de la cuenca, y en algunas subcuencas se producen, al contrario, descensos en los valores porcentuales. Esto se debe a que algunas superficies de roca desnuda han sido tapizadas con herbáceas, como ejemplo la zona suroriental, correspondiente al domo de Ataun y roquedos de la sierra de Aralar, que afecta a las cabeceras de las tres subcuencas analizadas, y especialmente a Agauntza y Amundarain.

Los cambios en la superficie del cauce activo y la superficie arbórea y arbustiva de la cuenca del río Oiartzun muestra una relación inversa (figura 11).

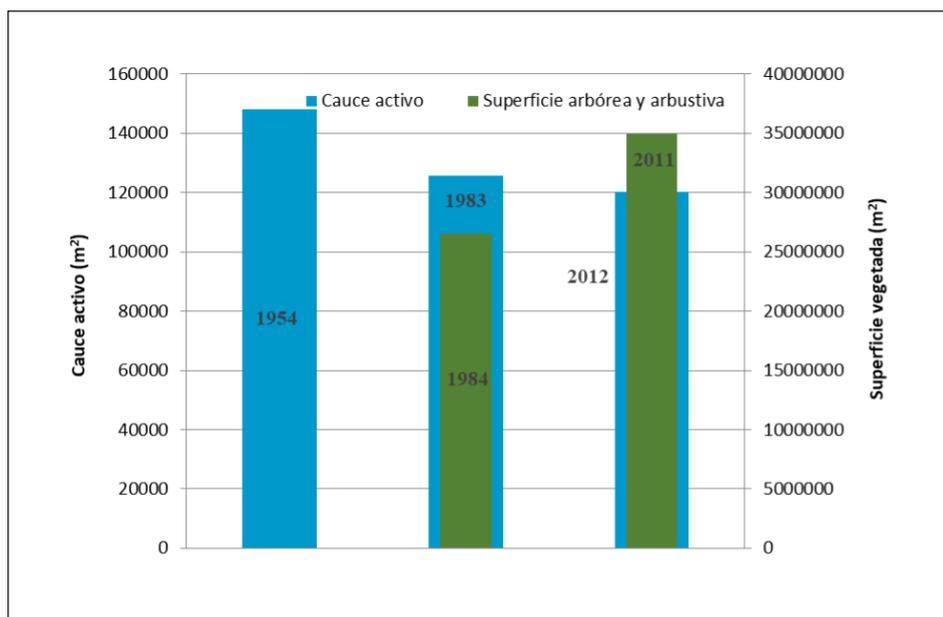


Figura 11. Relación entre cauce activo y superficie arbórea y arbustiva en la cuenca del río Oiartzun.

La superficie del cauce activo presenta una disminución paulatina, mientras que desde 1983, año en el que se ha iniciado el análisis de los usos del suelo, la superficie arbórea y arbustiva ha mostrado un notable incremento en su superficie (figura 11).

En la cuenca del río Oria observamos idéntico comportamiento (figura 12). Esa misma tendencia es apreciable en las tres subcuencas del Oria estudiadas, Agauntza, Amundarain y Araxes, donde los patrones registrados en la evolución de los usos del suelo y del cauce activo se corresponden con el conjunto de la cuenca del río Oria.

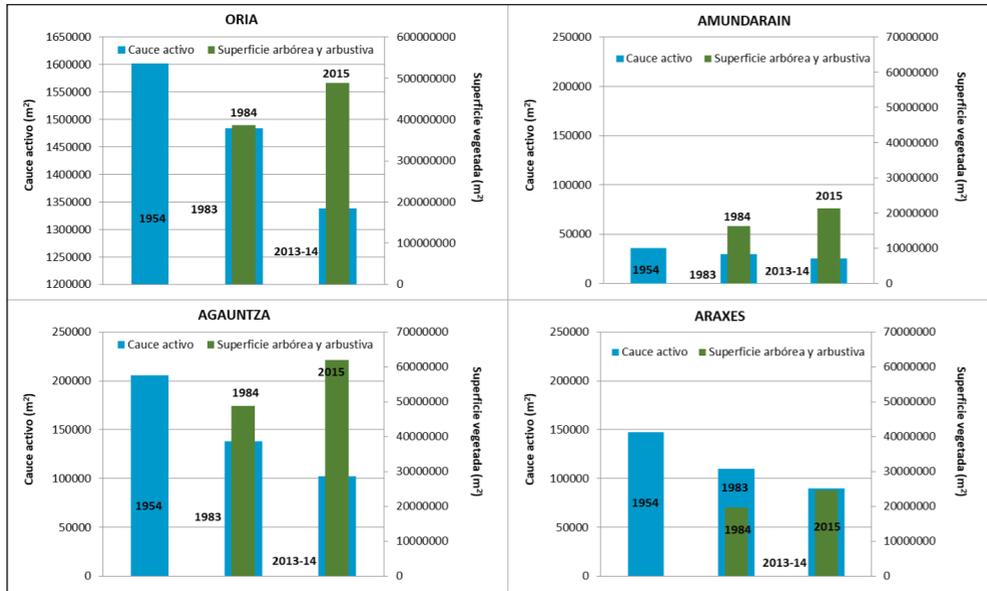


Figura 12. Relación entre cauce activo y superficie arbórea y arbustiva en la cuenca del río Oria.

Alteraciones del cauce y la llanura de inundación

El cauce activo ha mostrado una reducción de su superficie a lo largo del periodo de estudio, tal y como se aprecia en el análisis de la evolución de los usos del suelo de la cuenca a lo largo de los ejes fluviales, como en el curso del río Oria, y especialmente en los tramos bajos del resto de los ríos analizados. Al mismo tiempo, ha habido una artificialización de usos que, favorecida por una reducción de la dinámica fluvial y la realización de obras de defensa, ha llevado a la proliferación de superficies urbanas e industriales (figura 13).

En tramos de ríos que atraviesan zonas muy urbanizadas se detecta una reducción de la superficie del cauce activo. Se corresponde en términos generales con los tramos bajos o zonas del eje del Oria que atraviesa núcleos urbanos y zonas donde la llanura de inundación alcanza una mayor anchura. En muchos de estos tramos, la urbanización ya alcanza una importante extensión en 1954, de modo que entre ese año y 1983 los cambios no tienen la intensidad que se aprecia en general, y a partir de

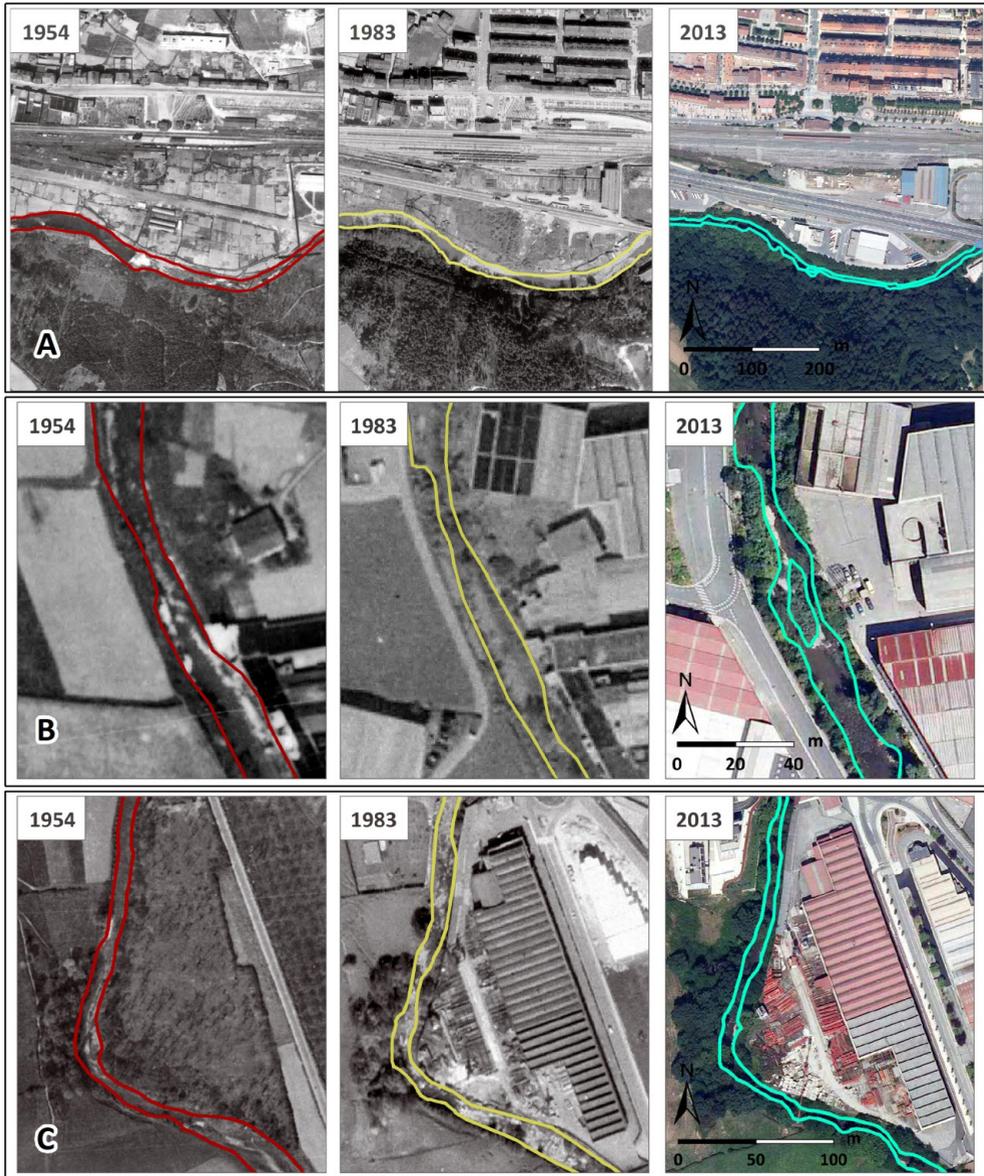


Figura 14. Evolución del cauce activo: A) en el tramo del río Oria que atraviesa la localidad de Beasain; B) en un tramo del río Araxes cuando atraviesa un polígono industrial próximo a la desembocadura en el río Oria, y C) en un tramo del río Agantza.

En otros casos el desarrollo urbanístico posterior a 1954 conlleva la reducción del cauce activo en 1983, que se estabiliza en el siguiente periodo, 1983-2013. Este es el caso de algunos tramos bajos como el del río Araxes (figura 14B) o en los últimos tramos del río Oria a su paso por Andoain o Lasarte-Oria. Otros tramos registran sus cambios fundamentalmente en el periodo entre 1983 y 2013, como es el caso del tramo bajo del río Agauntza (figura 14C).

A pesar de que la evolución general del cauce activo ha sido decreciente en todos los tramos, los impactos directos sobre el cauce han sido mucho mayores en los cursos bajos de los ríos (figura 13). Dentro de esos impactos se han constatado cortas artificiales de meandro entre 1983 y 2013/14, lo que ha conllevado una pérdida irreversible de la morfología fluvial natural. Las cortas artificiales de meandro detectadas han sido las recogidas en la tabla 7.

Tabla 7. Cortas de meandro artificiales identificadas en la red fluvial de la cuenca del río Oria.

	Río	Descripción y localización
CORTAS DE MEANDRO	Oria	Dos cortas en la zona industrial entre Arama e Itsasondo.
		Dos cortas por la construcción de la vía de comunicación A-1 entre las localidades de Legorreta y Alegia.
		Corta artificial del meandro en el punto de confluencia de la A-1 y A-15, en el término municipal de Aduna, aguas arriba de la localidad de Andoain.
	Berastegi	Corta artificial de un meandro próximo a la desembocadura en el río Oria, en el límite de las localidades de Ibarra y Tolosa.
	Urtsuaran	Corta artificial del meandro en las inmediaciones de la localidad de Idiazabal.
	Amundarain	Corta artificial de un meandro en la zona industrial de Ordizia y Arama (figura 15A).
	Santa Luzia	Dos cortas identificadas en el río Santa Luzia.

En otros casos se ha modificado el trazado de los meandros para la construcción de vías de comunicación (tabla 8).

Tabla 8. Modificaciones y rectificaciones de trazados en la red fluvial de la cuenca del río Oria.

Río	Descripción y localización
Oria	Modificación del trazado en el meandro por la construcción de la vía de comunicación A-1 tras la localidad de Alegia.
Berastegi	Modificación de trazado en un área industrial de la carretera que se dirige a la localidad de Berrobi.
Asteasu	Rectificación del trazado en el río Asteasu y la desaparición de un meandro por el desarrollo de un polígono industrial entre Elizmendi y Beballea (figura 15C).

Otras modificaciones se deben a soterramientos (tabla 9) o a la ocupación y urbanización de canales secundarios, lo que simplifica o destruye la cuenca en planta (tabla 10).

Tabla 9. Soterramientos en la red fluvial de la cuenca del río Oria.

Río	Descripción y localización
Berastegi	Soterramiento del cauce en la confluencia con el río Oria en Tolosa.
Amezketta	Soterramiento bajo el polígono industrial de la localidad homónima entre 1954 y 1983 (figura 15B).
Santa Luzia	Soterramiento bajo el polígono industrial de Sorozabal, aguas arriba de Ormaiztegi.

Tabla 10. Ocupación y urbanización de canales secundarios en la red fluvial de la cuenca del río Oria.

Río	Descripción y localización
Oria	Cauce secundario de la margen izquierda de Andoain, urbanizado en 1983 y 2014.
	Canal secundario de la margen derecha en la localidad de Usurbil rellenado en 1983 y ocupado por un polígono industrial en 2014 (figura 15D).

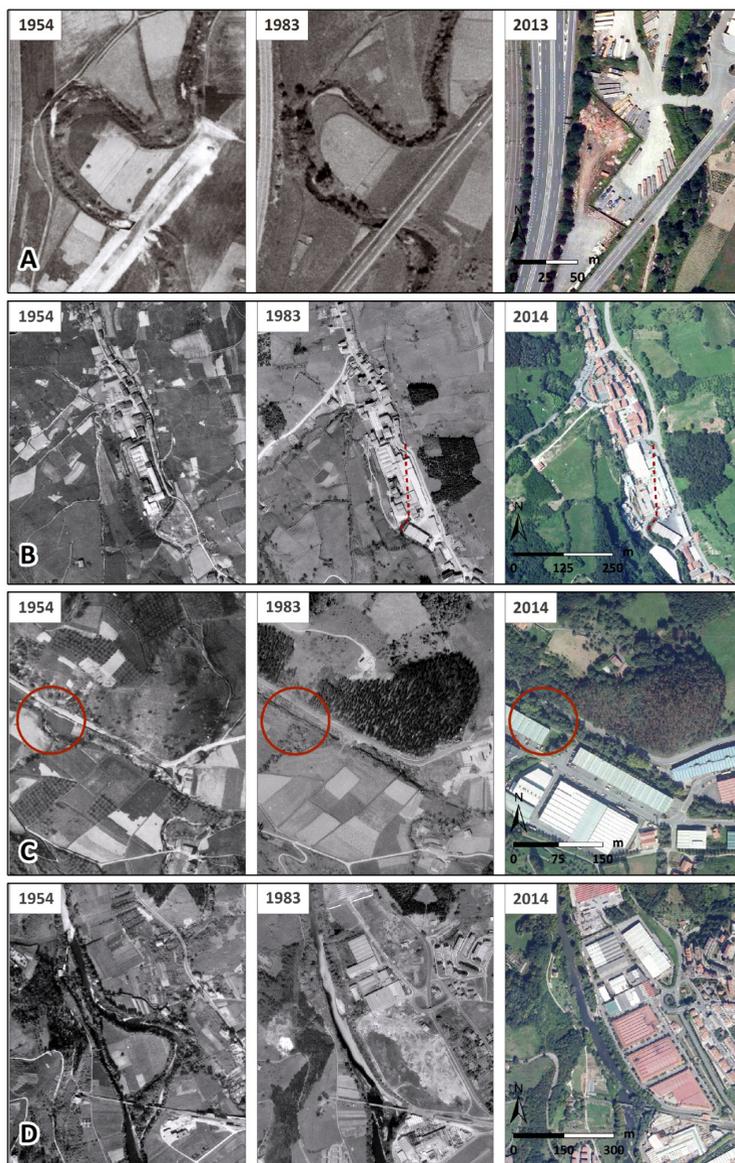


Figura 15. A) Evolución del meandro de Amundarain aguas arriba de su confluencia con el Oria. En 2013 se aprecia la corta artificial. B) Arriba evolución del meandro del río Amezketa y su soterramiento. C) Evolución del trazado del río Asteasu debido a una rectificación del cauce y desaparición de un meandro en un área donde se desarrolla en 2014 un polígono industrial. D) Evolución del meandro del Oria en Usurbil. En 1983 se observa la desaparición del meandro que había en 1954. En 2014 se ha desarrollado un polígono industrial.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de la evolución de los usos de suelo de la cuenca y su comparación con la evolución del cauce activo a partir de documentación fotográfica histórica y del análisis de imágenes de satélite permitieron conocer los cambios acaecidos desde la segunda mitad del siglo xx.

Así, se ha podido corroborar que el cauce activo ha sufrido un estrechamiento y una merma en su superficie en ambas cuencas, coincidente en el tiempo, por una parte, con los cambios en los usos del suelo de la cuenca, y por la otra, con las actuaciones realizadas sobre el cauce y el desarrollo de una importante superficie urbana industrial en su llanura de inundación, lo que ha provocado un aumento de la presión antrópica sobre el sistema, que ha derivado en una notable pérdida de diversidad geomorfológica y ambiental.

Estos resultados son consistentes con los procesos observados en distintos ríos europeos, donde se constataron tendencias similares de ajustes en el último medio siglo ligados a los cambios en los usos del suelo en forma de incremento de la colonización vegetal (Liébault & Piégay, 2002; Rinaldi, 2003; Keestra et al., 2005; Piégay et al., 2004; Harvey, 2007; Surian et al., 2009). La misma tendencia se ha observado en ríos ibéricos tanto mediterráneos como atlánticos. En la cuenca del Ebro, se han identificado ajustes geomorfológicos en los ríos en las cuencas del Pirineo Central, con una colonización vegetal, estrechamiento y estabilización del cauce (García-Ruiz et al., 1997; Beguería et al., 2006; García-Ruiz et al., 2010). En otros cursos fluviales se ha constatado esa reducción de la superficie fluvial, estrechamiento del cauce y disminución de barras de sedimentos desnudas, pero con afecciones añadidas como la regulación hidrológica y retención de sedimento por parte de embalses, como en el río Ebro (Ollero, 2010; Vericat & Batalla, 2004; Besné & Ibisate, 2015); en los tramos bajos del Arga y Aragón (Acín et al., 2011); en el Gállego, donde se añade el efecto de los dragados (Martín-Vide et al., 2010) y en el río Jarama, en el centro de la península (Uribelarrea et al., 2003). El mismo patrón ha sido identificado en ramblas mediterráneas como la de Cervera (Segura-Beltran & Sanchis-Ibor, 2013; Sanchis-Ibor & Segura-Beltran, 2014). En cambio, en el río Serpis, los cambios morfológicos solo son debidos a la influencia del embalse, sin que los cambios en los usos del suelo de la cuenca muestren relevancia (Navarro et al., 2016). En el caso de la Rogativa (Murcia), los cambios morfológicos son principalmente fruto de las actuaciones en el cauce así como de las presas de retención de sedimentos (*check-dams*) en su cuenca (Boix-Fayos et al., 2007; Conesa et al., 2012). En la vertiente cantábrica, también se constata la misma tendencia tanto en el río Esva como en el Saja (Marquínez et al., 2018a, 2018b)

Los cambios en la morfología del río y la afección al cauce activo son en Oiartzun más intensos en el primer periodo estudiado, 1954-1983, y se estabilizan en el segundo. Sin embargo, en el eje del río Oria la disminución de esta superficie ha sido bastante homogénea entre los dos periodos (1954-1983 y 1983-2015) debido a que en esta cuenca en el año 1954 ya existía una presión urbanística en la llanura de inundación, principalmente en el colector principal. Los afluentes muestran una reducción más intensa y repartida entre ambos periodos (Agauntza, Araxes, Amundarain o Berastegi), mientras que los otros tramos estudiados presentan una escasa longitud que permita un análisis comparativo.

En general se han podido identificar diferentes dinámicas:

1. Sistemas fluviales en áreas semiurbanas en las que se ha producido un descenso de la actividad del cauce, menor número de barras, estrechamiento y mayor vegetación. En este sentido, destacan los datos del río Agauntza, que engloba tramos de ríos con menor urbanización, pero que, sin embargo, acusa también una reducción del cauce activo, así como diversos tramos del río Araxes.
2. Sistemas fluviales en áreas muy urbanizadas donde se ha constatado generalmente una disminución de la superficie del cauce activo, que se corresponden principalmente con los tramos bajos de los ríos, donde la llanura de inundación se hace más extensa. En este sentido, el cauce activo de los cursos bajos ha evolucionado de las siguientes maneras en función del desarrollo urbano e industrial de la llanura de inundación:
 - Proceso de urbanización ya existente en 1954. Se estabiliza el cauce activo en 1983 y sufre una nueva merma en el siglo XXI. Este proceso se aprecia en el tramo medio del eje principal del río Oria, a la altura de núcleos como Beasain y Ordizia.
 - Proceso de urbanización con inicio a mediados del siglo XX. Se intensifica durante esos primeros años con la consiguiente reducción del cauce activo y en el último periodo se estabiliza. Este proceso se ha constatado en el tramo bajo del río Araxes y en los tramos del río Oria a su paso por la zona urbana e industrial de Andoain y en el tramo de Lasarte-Oria, donde se ha producido un ligero incremento debido a actuaciones antrópicas en el cauce y a la urbanización de la margen derecha.
 - Proceso de urbanización observado en la década de los años ochenta y que se intensifica a finales del siglo XX e inicios del XXI, lo que supone una merma del cauce activo en ese segundo periodo. Este proceso ha sido identificado en los cursos bajos de los ríos Amundarain y Agauntza. También se ha podido constatar en el río Oria, aguas arriba de Andoain, una zona afectada por polígonos industriales más recientes y con nuevas infraestructuras de comunicación, y en el tramo que rodea el núcleo de Usurbil, consistente en un meandro de orillas de carácter agrario.

En estos casos se produce una sinergia entre las actuaciones directas en el cauce y los cambios derivados de los usos del suelo en la cuenca (Surian & Rinaldi, 2003), que resulta complicado cuantificar. Además, la respuesta en el cauce no es sincrónica en todos los puntos de la cuenca, tal y como se aprecia en la respuesta de los distintos afluentes.

La falta de datos de la primera mitad del siglo XX impide conocer cuándo se inició el proceso de cambio en el cauce activo. Aun no teniendo el mismo impacto que los grandes embalses de otras cuencas como la del Ebro (Ollero, 2010; Vericat & Batalla, 2004; Besné & Ibisate, 2015; Tuset et al., 2015), a los cambios en la cuenca hay que añadir la presencia de azudes que derivan caudales y que retienen y disminuyen los aportes sólidos, incrementando el déficit y favoreciendo, por lo tanto, la estabilización del cauce, lo cual es especialmente importante en el propio eje principal del río Oria. La reducción en el cauce activo ha conllevado su incisión, apreciable especialmente en las zonas con defensas, donde la movilidad lateral ha quedado limitada, proceso constatado en otros cursos fluviales con similares

dinámicas (Conesa & Pérez, 2014), así como en los tramos aguas abajo de los azudes, como el caso descrito en el río Aragón (Ibiate et al., 2013) o Ain (Rollet et al., 2014).

Así, a pesar de que hay un aumento de la superficie arbórea y arbustiva, simultáneo al retroceso de la superficie del cauce activo, las actuaciones directas en el cauce (modificación de trazados, construcción de defensas, ocupación de cauces, etc.) han repercutido en mayor medida en el descenso de la superficie fluvial, como identifican en otros ríos Ollero (2010) y Conesa et al. (2012). No obstante, en algunos tramos altos de las cuencas –zonas donde no existen importantes impactos– el aumento de las áreas arbóreas y arbustivas en la cuenca pueden explicar la reducción del cauce activo. Con ello, la ausencia de grandes obras hidráulicas de regulación en las cuencas de estudio permite intuir el papel de los cambios de usos del suelo de la cuenca en los cambios morfológicos y de superficie de cauce activo, derivado del control sobre los aportes hidrológicos y sedimentarios.

La mayor cobertura forestal conlleva una disminución de escorrentía y aportación sedimentaria que a su vez ha inducido un estrechamiento del cauce. Estas nuevas condiciones de los ríos pueden suponer un mayor riesgo ante eventos de inundaciones, aunque las distintas obras realizadas en los cauces han tenido por objeto la defensa contra estos procesos, en unos valles estrechos, con escasas y ocupadas llanuras de inundación e importantes pendientes y comportamiento torrencial.

Así pues, en estas cuencas se manifiestan como principales actores en los ajustes fluviales las actuaciones directas sobre el cauce, defensas, modificación de trazados, azudes, ocupación de la llanura de inundación, entre otros, y modificaciones indirectas, a través de la alteración de la producción de caudal y sedimento asociado a los cambios en los usos del suelo de la cuenca. Ello genera nuevas condiciones a las que el sistema fluvial responde ajustándose con cierta celeridad, y que proseguirá con las nuevas condiciones derivadas de los cambios en los patrones climáticos.

AGRADECIMIENTOS

A la Diputación Foral de Gipuzkoa, y en concreto a los Departamentos de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas y al Servicio de Fauna y Flora Silvestre del Departamento de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo, que han promovido y financiado los trabajos de diagnóstico y propuestas de restauración geomorfológica de ríos de Gipuzkoa en los que se incluye el contenido de este trabajo. A los técnicos que propusieron e impulsaron el trabajo, Patxi Tamés (in memoriam), Iñaki Bañares, Iñigo Mendiola, Andoni da Silva y Aitor Lekuona.

REFERENCIAS

- Acín, V., Díaz Bea, E., Granado, D., Ibiate, A. & Ollero, A. (2011). Cambios recientes en el cauce y la llanura de inundación del área de confluencia Aragón-Arga (Navarra). *Geographicalia*, 59-60, 11-25.
- Bravard, J. P. (2002). Les réponses des systèmes fluviaux à une réduction des flux d'eau et de sédiments sous l'effet du reboisement en montagne. *La Houille Blanche*, 3, 68-71.

- Beechie, T. J., Liermann, M., Pollock, M. M., Baker, S., & Davies, J. (2006). Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems. *Geomorphology*, 78, 124-141.
- Beguería, S., López-Moreno, J. I., Gómez-Villar, A., Rubio, V., Lana-Renault, N., & García-Ruiz, J. M. (2006). Fluvial adjustments to soil erosion and plant cover changes in the Central Spanish Pyrenees. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 88(3), 177-186.
- Besné, P. & Ibisate, A. (2015). River channel adjustment of several river reaches on Ebro basin. *Quaternary International*, 364, 44-53.
- Boix-Fayos, C., Barbera, G. G., López-Bermúdez, F., & Castillo, V. M. (2007). Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain). *Geomorphology*, 91(1-2), 103-123
- Comiti, F., Da Canal, M., Surian, N., Mao, L., Picco, L., & Lenzi, M.A. (2011). Channel adjustments and vegetation cover dynamics in a large gravel bed river over the last 200 years. *Geomorphology*, 125, 147-159.
- Conesa García, C., Pérez Cutillas, P., García Lorenzo, R., & Martínez Salvador, A. (2012). Cambios históricos recientes de cauces y llanuras aluviales inducidos por la acción del hombre. *Nimbus*, 29-30, 159-176.
- Conesa García & Pérez Cutillas, P. (2014). Alteraciones geomorfológicas recientes en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. Síntomas y problemas de incisión en los cauces. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 25-44.
- Charlton, R. (2008). *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Routledge: Abingdon.
- Church, M. (2008). Multiple scales in rivers. En Habersack, H., Piégay, H., & Rinaldi, M. (eds.), *Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration* (pp. 3-27). Ámsterdam: Elsevier.
- Diputación Foral de Gipuzkoa (2021). Obras Hidráulicas. <https://www.gipuzkoa.eus/es/web/obrahidraulikoak/hidrologia-y-calidad/informacion-general/nuestras-cuencas>
- Edeso, J. M. (2006). Caracterización granulométrica, morfométrica, litológica y sedimentológica de las terrazas fluviales del valle del río Oiartzun (Gipuzkoa, País Vasco). *Lurralde*, 29, 299-342.
- Elosegui, A., Cabido, C., Larrañaga, A., & Arizaga, J. (2020). Efectos ambientales de las plantaciones de eucaliptos en Euskadi y la península ibérica. *Munibe Ciencias Naturales. Natur zientziak*, 68, 111-136.
- García-Ruiz, J. M., White, S. M., Lasanta, T., Marti, C., González, C., Errea, M. P. & Valero, B. (1997). Assessing the effects of land-use changes on sediment yield and channel dynamics in the central Spanish Pyrenees. En Walling, D. E. & Probst, J. L. (eds). *Human Impact on Erosion and Sedimentation* (pp. 151-158). Wallingford: International Association of Hydrological Sciences.
- García-Ruiz, J. M., Lana-Renault, N., Beguería, S., Lasanta, T., Regués, D., Nadal, E., Serrano, P., López-Moreno, J. I., Alvera, B., Martí-Bono, C., & Alatorre, L.C. (2010). From plot to regional scales: Interactions of slope and catchment hydrological and geomorphic processes in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 120, 248-257.

- GeoEuskadi (2021). geoEuskadi, Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Euskadi. Eusko Jaurlaritzza / Gobierno Vasco. <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/>
- GloVis (2021). Global Visualization Viewer. USGS (US Geological Service). <http://glovis.usgs.gov/>
- Harvey, A. M. (2007). Differential recovery from the effects of a 100-year storm: Significance of long-term hillslope-channel coupling; Howgill Fells, northwest England. *Geomorphology*, 84, 192-208.
- Ibisate, A., Díaz Bea, E., & Ollero, A. (2011). Influence of catchment processes on fluvial morphology and river habitats. *Limnetica*, 30, 169-182.
- Ibisate, A., Díaz, E., Ollero, A., Acín, V., & Granado, D. (2013). Channel response to multiple damming in a meandering river, middle and lower Aragón River (Spain). *Hydrobiologia*, 712(1), 5-23.
- Ibisate, A., Ollero, A., Sáenz de Olazagoitia, A., Acín, V., Granado, D., Ballarín, D., Herrero, X., Horacio, J., & Mora, D. (2016). Condiciones de referencia para la restauración de la morfología fluvial de los ríos de las cuencas de Oiartzun y Oria (Gipuzkoa). *Cuaternario y Geomorfología*, 30(1-2), 49-60.
- Keestra, S. D., van Huissteden, J., Vandenberghe, J., van Dam, O., Gier, J. & Pleizier, I. D. (2005). Evolution of the morphology of the river Dragoja (SW Solvenia) due to land-use changes. *Geomorphology*, 69, 191-207.
- Kondolf, G. M., Piégay, H., & Landon, N. (2002). Channel response to increased and decreased bedload supply from land use change: contrasts between two catchments. *Geomorphology*, 45, 35-51.
- Lane, S. N. & Richards, K. S. (1997). Linking river channel form and process: time, space and causality revisited. *Earth Surface Processes and Landforms*, 22, 249-260.
- Lasanta, T. & Vicente-Serrano, S. M. (2007). Cambios en la cubierta vegetal en el Pirineo aragonés en los últimos 50 años. *Pirineos*, 162, 125-154.
- Liébault, F. & Piégay, H. (2002). Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(4), 425-444.
- Liébault, F., Gómez, B., Page, M., Marden, M., Peacock, D., Richard, D. & Trotter, C. M. (2005). Land-use change, sediment production and channel response in upland regions. *River Research and Applications*, 21, 739-756.
- Marquínez, J., Fernández-Iglesias, E., Colina, A., Fernández, M., Salgado, L., Vázquez-Tarrió, D., Menéndez-Duarte, R. & González-Rodríguez, G. (2018a). Effects of land-use changes during the last 60 years on river channel morphology in the Cantabrian area NW Spain): preliminary results. En *Proceedings of the I.S. Rivers 2018, Lyon*. <http://www.graie.org/ISRivers/docs/papers/2018/11A14-296MAR.pdf>
- Marquínez, J., Fernández-Iglesias, E., & Menéndez-Duarte, R. (2018b). Transformaciones geomorfológicas en ríos aluviales cantábricos (NO España): modificaciones Antrópicas vs cambio global. En García, C., Gómez-Pujol, L., Morán Tejada, E., & Batalla, R. J. (eds.). *Geomorfología del Antropoceno. Efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos* (pp. 359-362). Palma: Universidad Illes Balears / Sociedad Española de Geomorfología.
- Martín-Vide, J. P., Ferrer-Boix, C., & Ollero, A. (2010). Incision due to gravel mining: Modeling a case study from the Gállego River, Spain. *Geomorphology*, 117(3-4), 261-271.

- Navarro, A., Sanchis-Ibor, C., & Segura-Beltrán, F. (2016). Cambios morfológicos en el cauce del río Serpis tras la construcción del embalse de Beniarrés (Alicante, 1958-2013). En Durán, J. J., Montes, M., Robador, A., & Salazar, Á. (eds). *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro* (pp. 399-406). Málaga: Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Geología y Geofísica n.º 5. SEG y Universidad de Málaga.
- Ollero, A. (2007). Alteraciones geomorfológicas en cauces. La restauración de sistemas fluviales afectados por canalizaciones y dragados. *Estrategia Nacional de Restauración de Ríos*. Technical report. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- http://marm.es/ca/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/Alteraciones_Geomorfologicas_de_rios_tcm8-27494.pdf
- Ollero, A. (2010). Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. *Geomorphology*, 117, 247-260.
- Piégay, H., Walling, D. E., Landon, N., He, Q., Liébault, F., & Petiot, R. (2004). Contemporary changes in sediment yield in an alpine mountain basin due to afforestation (the upper Drôme in France). *Catena*, 55, 183-212.
- Rinaldi, M. (2003). Recent channel adjustments in alluvial river of Tuscany, Central Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 587-608.
- Rinaldi, M. & Simon, A. (1998). Bed-level adjustments in the Arno River, central Italy. *Geomorphology*, 22, 57-71.
- Rollet, A. J., Piégay, H., Dufour, S., Bornette, G., & Persat, H. (2014). Assessment of consequences of sediment deficit on a gravel river bed downstream of dams in multicriteria, hierarchical and spatially explicit diagnosis. *River Research and Applications*, 30(8), 939-953.
- Sanchis-Ibor, C. & Segura-Beltran, F. (2014). Spatial variability of channel changes in a mediterranean ephemeral stream in the last six decades (1946-2006). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(1), 89-118.
- Segura-Beltran, F. & Sanchis-Ibor, C. (2013). Assessment of channel changes in a Mediterranean ephemeral stream since the early twentieth century. The Rambla de Cervera, eastern Spain. *Geomorphology*, 201, 199-214.
- Schumm, S. A. (1977). *The fluvial system*. Nueva York: Wiley.
- Surian, N. (1999). Channel changes due to river regulation: the case of the Piave River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 1135-1151.
- Surian, N. & Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50, 307-326.
- Surian, N., Ziliani, L., Comiti, F., Lenzi, M. A. & Mao, L. (2009). Channel adjustments and alteration of sediment fluxes in gravel-bed rivers of north-eastern Italy: potentials and limitations for channel recovery. *River Research and Applications*, 25(5), 551-567.
- Tuset, J., Vericat, D. & Batalla, R. J. (2015). Evolución morfo-sedimentaria del tramo medio del río Segre. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 41(1), 23-62.

- Ugarte, F. M. (1986). Aspectos de la transformación histórica del paisaje natural por el caserío vasco-cantábrico. *Lurralde*, 9, 191-224
- Ugarte, F. M. & Ugalde, T. (1989). El conjunto valle/río en Gipuzkoa: una aproximación geomorfológica e hidrológica. En Ayerbe, E. (ed.). *Ibaiak eta Haranak. El agua, el río y los espacios agrícola, industrial y urbano* (pp. 73-87). San Sebastián: Etor.
- Uribebarrea, D., Pérez-González, A., & Benito, G. (2003). Channel changes in the Jarama and Tagus rivers (central Spain) over the past 500 years. *Quaternary Science Reviews*, 22, 2209-2221.
- Vázquez-Tarrio, D., Menéndez-Duarte, R., & Fernández, E. (2011). Changes in fluvial sediment storage from aerial photograph analysis (river Narcea, Northern Cantabrian Range). *Cuaternario y Geomorfología*, 25(3-4), 71-85.
- Vericat, D. & Batalla, R. J. (2004). Efectos de las presas en la dinámica fluvial del curso bajo del río Ebro. *Cuaternario y Geomorfología*, 18(1-2), 37-50.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & Lasanta, T. (2006). Diversidad espacial de la actividad vegetal en campos abandonados del Pirineo Central español: análisis de los procesos de sucesión mediante imágenes Landsat (1984-2001). *Pirineos*, 161, 59-84.
- Yousefi, S., Moradi, H. R., Keesstra, S., Pourghasemi, H. R., Navratil, O., & Hooke, J. (2019). Effects of urbanization on river morphology of the Talar River, Mazandarn Province, Iran. *Geocarto International*, 34(3), 276-292.

Cómo citar este artículo:

Ibisate, A., Acín, V., Granado, D., & Sáenz de Olazagoitia, A. (2021). Cambios de usos del suelo y relación con cambios en cauces cantábricos (Oiartzun y Oria). *Cuadernos de Geografía*, 107, 269-297.

<https://doi.org/10.7203/CGUV.107.21625>



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

