



Condiciones de referencia para la restauración de la geomorfología fluvial de los ríos de las cuencas de Oiartzun y Oria (Gipuzkoa)

Reference condition of river reaches for geomorphological restoration: Oiartzun and Oria basins (Gipuzkoa)

Ibisate, A.⁽¹⁾; Ollero, A.⁽²⁾; Sáenz de Olazagoitia, A.⁽¹⁾; Acín, V.⁽³⁾; Granado, D.⁽³⁾; Ballarín, D.^(2,4); Herrero, X.⁽¹⁾; Horacio, J.^(5,6); Mora, D.⁽⁴⁾

(1) Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco, UPV/EHU. askoa.ibisate@ehu.eus

(2) Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.

(3) ECOTER, S.C.

(4) MASTERGEO, S.L.

(5) Departamento de Geografía, Universidad de Concepción (Chile)

(6) Laboratorio de Tecnología Ambiental. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Universidad de Santiago de Compostela

Resumen

Se desarrolla un trabajo aplicado en el que la geomorfología constituye la herramienta para la toma de decisiones y la gestión de espacios fluviales. La restauración que demanda la Directiva Marco de Agua (2000/60/CE) para el logro del buen estado ecológico, requiere identificar la condición de referencia para cada tramo y definir la imagen objetivo alcanzable, teniendo en cuenta cambios directos e indirectos en la cuenca y el tramo que han alterado el caudal, sedimentos y morfología del valle. Para identificar condiciones de referencia se han tramificado y tipificado las redes fluviales de las cuencas de Oiartzun y Oria con base en criterios geomorfológicos. A continuación se ha diagnosticado el estado de todos los tramos de la red con respecto a la condición de referencia o estado "natural" de su tipología correspondiente, valorando su grado de alteración y su capacidad de recuperación. Se han propuesto imágenes objetivo para cada tramo y las medidas de restauración geomorfológica posibles teniendo en cuenta la dinámica fluvial actual y la presión sociodemográfica que genera la mayor parte de los impactos y presiones. La aplicación de la metodología en las cuencas de Oria y Oiartzun ha concluido que un 36% de los tramos son recuperables y que un 40% constituyen condición de referencia.

Palabras clave: restauración fluvial; geomorfología fluvial; condiciones de referencia; imagen objetivo; cuencas río Oiartzun y Oria.



Abstract

An example of applied geomorphology for decision-making and fluvial spaces management is presented. The achievement of the good ecological status through river restoration as Water Framework Directive (2000/60/CE) requires needs the identification of the reference condition and the definition of the target image for each river reach, taking into account direct and indirect changes both in the basin and river reach and which modified discharge, sediments and valley morphology. The methodology started with the identification of the geomorphological homogeneous river reaches. Two reach-making processes were developed; one based on crossed variables by GIS tools and a second more exhaustive, basin level and based on fieldwork data. Based on data, the hydrogeomorphological state of each reach in relation to its “natural” condition has been assessed. This assessment was very useful to allocate to each reach another with a good or very good hydrogeomorphological condition which it was considered its reference condition. Finally target images were proposed for each reach, as well as feasible geomorphological restoration measures taking into account the sociodemographical pressure that implies most of the hydromorphological pressures and impacts. The application of the methodology on both Oria and Oiartzun basins showed that a 36% of the reaches are reversible and a 40% can be considered as reference condition reaches.

Key words: river restoration; fluvial geomorphology; reference conditions; target image; Oiartzun and Oria watersheds.

1. Introducción

Se presenta el desarrollo de un trabajo aplicado en el que la geomorfología constituye la herramienta para la toma de decisiones y la gestión de los espacios fluviales.

La restauración de las masas de agua que demanda la Directiva 2000/60/CE para el logro del buen estado ecológico, requiere la identificación de la condición de referencia (Brierley y Fryirs, 2005, Stoddard *et al.*, 2006, Pardo *et al.*, 2012) para cada uno de los tramos y la definición de la imagen objetivo alcanzable teniendo en cuenta los cambios directos e indirectos sucedidos en la cuenca y en el tramo (Wyźga *et al.*, 2012) y que han alterado los factores que condicionan la morfología fluvial: caudal, sedimentos y morfología del valle (Ibisate *et al.*, 2011). En este caso se aborda la propuesta de tramos condición de referencia para la restauración de la morfología fluvial, sus procesos y dinámica, lo que además constituye la base para la recuperación y restauración de los hábitats y elementos biológicos de los cursos fluviales.

2. Área de estudio

La propuesta de tramos de condición de referencia se ha desarrollado para la red fluvial de dos cuencas del Territorio Histórico de Gipuzkoa: Oiartzun y Oria (Figura 1). Se trata de un ámbito caracterizado por una elevada pluviometría (hasta 2100 mm), fuertes pendientes y cursos de elevada energía. La cuenca del



Figura 1. Localización de las cuencas de los ríos Oiartzun y Oria.

Figure 1. Oiartzun and Oria watershed's location.

Oiartzun, de 85,3 km², se sitúa en el extremo nororiental de Gipuzkoa y se inserta íntegramente en territorio guipuzcoano (Figura 1). La red fluvial analizada corresponde al eje del río Oiartzun y sus principales afluentes: Txurru-murru, Otsamantegi, Intzenoro, Karrika, Txalaka-Bonatxo, Auztegi y Bakarraitegi, sumando un total de 35,0 km. La cuenca del Oria, de 882,0 km² en total, se localiza a caballo entre los territorios guipuzcoano y navarro (con 132,8 km² correspondientes a las cabeceras de los afluentes Araxes y Leitzarain) (Figura 1), habiéndose estudiado exclusivamente la red fluvial localizada en el territorio de Gipuzkoa: eje principal del río Oria, Troi/Zerain, Urtsuaran, Estanda/Santa Luzia, Agauntza/Aia-Iturrieta, Amundarain/Urtsu, Berostegi, Amezketa, Salubita, Araxes/Orexa, Berastegi, Alkiza, Asteasu, Leitzarain y Abalotz, sumando un total de 243,9 km.

3. Metodología

El desarrollo metodológico se resume en el esquema aportado en la Figura 2 y que a continuación se relata. El estudio se ha basado en un exhaustivo trabajo de captura de datos en campo, recorriendo a pie por el propio cauce la totalidad de kilómetros estudiados, y el análisis posterior de la información obtenida en gabinete mediante herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica).

Como primer paso de trabajo se ha procedido a la tramificación y tipificación de toda la red fluvial estudiada de las cuencas de los ríos Oiartzun y Oria (Figura 2A), basada en la información obtenida en campo y con criterios geomorfológicos (pendiente, lecho fluvial, tipo sedimento, características del flujo), dividiéndola en tramos homogéneos desde el punto de vista del comportamiento hidromorfológico, de sus procesos y dinámica fluvial, y que por tanto funcionan de forma distinta a los demás tramos aunque interconectada (Amoros y Petts, eds., 1993). Para establecer la tipología empleada se revisaron las clasificaciones propuestas por Montgomery y Buffington (1997), Brierley y Fryirs (2005),

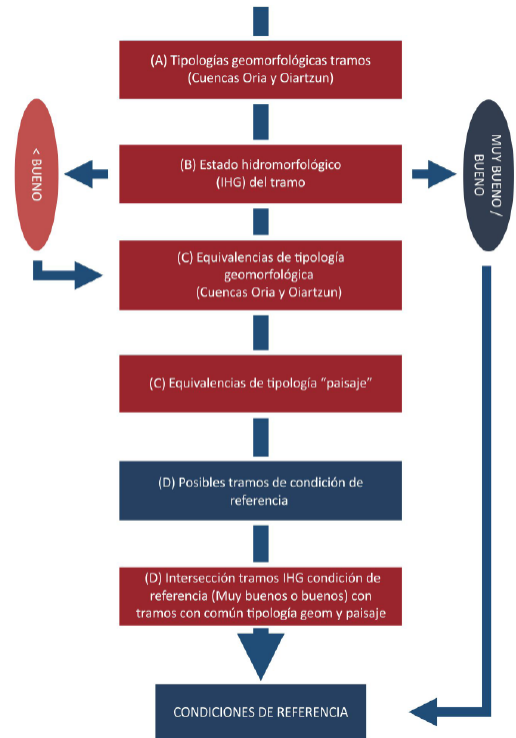


Figura 2. Metodología y fases para la obtención de la condición de referencia para cada uno de los tramos de los cursos fluviales de las cuencas del Oria y del Oiartzun

Figure 2. Methodology and phases for the definition of reference conditions for Oria and Oiartzun watershed's river reaches.

Díaz Bea y Ollero (2005) y Horacio (2014), que cuentan con numerosos tipos en común, pudiéndose identificar 11 tipos presentes en el área de estudio, basándose en el criterio de la morfología del cauce: cascadas, río en roca, saltos y pozas, *cascade*, coluvial, rampa, rápidos y remansos, río en roca con rápidos y remansos, río en roca-coluvial, alterado y de afección mareal.

A continuación se realizó un análisis de los procesos geomorfológicos y de las presiones e impactos registrados identificados en campo (Figura 3) que ha permitido el diagnóstico de cada uno de los tramos de las redes fluviales de Oiartzun y Oria y la valoración de su estado de calidad hidromorfológica (Figura 2B) aplicando el índice IHG (Ollero *et al.*, 2008, 2011). Con ello se han identificado los tramos como

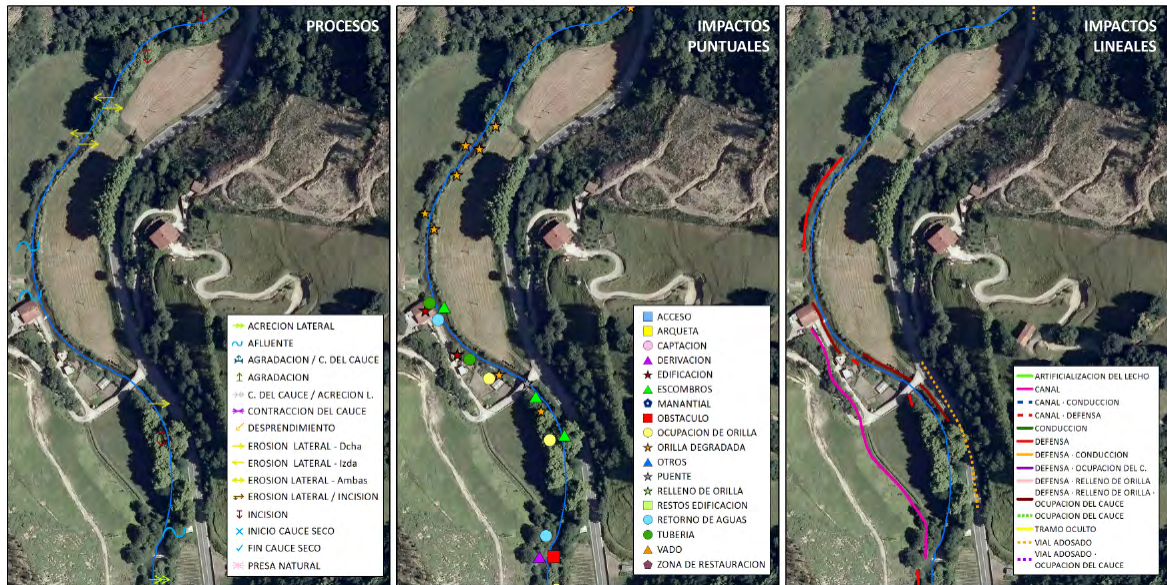


Figura 3. Ejemplo de cartografía de procesos e impactos de carácter puntual y lineal en el tramo 10 del río Amezketeta.
 Figure 3. Example of the cartography of fluvial processes and point and lineal impacts for the Amezketeta River reach 10.

de muy buena, buena, moderada, deficiente y muy mala calidad hidromorfológica, lo que ha permitido establecer su estado con respecto a la condición de referencia o estado “natural” de la tipología correspondiente, valorándose así su grado de alteración y su capacidad de recuperación.

En una tercera fase de trabajo se ha procedido a la identificación de los tramos que pudieran constituir condiciones de referencia de los tramos que compartieran la tipología hidromorfológica mencionada previamente, pero también la misma tipología de paisaje, entendida ésta como tipos que comparten condiciones litológicas y de usos del suelo similares (Figura 2C). Para ello la capa de litología de la IDE de GeoEuskadi (1:25.000) se ha simplificado en 5 categorías con características comunes en cuanto al comportamiento geomorfológico (depósitos no consolidados, detríticas consolidadas de grano grueso, detríticas consolidadas de grano fino, rocas carbonatadas y por último granitoides y rocas ígneas). La capa de usos del suelo del Inventario Forestal obtenido de la IDE de GeoEuskadi (1:10.000) se ha simplificado a su vez en 3 categorías (zonas artificiales, zonas agrícolas

y bosques y áreas seminaturales). De modo que la combinación de ambas da lugar a 15 categorías de paisaje (Figura 4).

La valoración hidromorfológica (IHG) de cada tramo se ha cruzado con las categorías de paisaje de modo que aquellos tramos que presentan una valoración buena o muy buena constituyen la condición de referencia para los tramos de igual categoría de paisaje y tipología hidromorfológica (Figura 2D).

Finalmente se han propuesto imágenes objetivo para cada uno de los tramos, así como las medidas de restauración/rehabilitación geomorfológicas posibles atendiendo a los procesos hidromorfológicos que condicionan la dinámica fluvial actual y que limitan la recuperación total del funcionamiento natural en algunos de los casos.

El cruce de información no proporciona condiciones de referencia para todos los tramos, como es lógico especialmente para zonas artificiales (núcleos urbanos, polígonos industriales, etc.) ubicadas en tramos bajos y llanos y que han sido intensamente modificados.

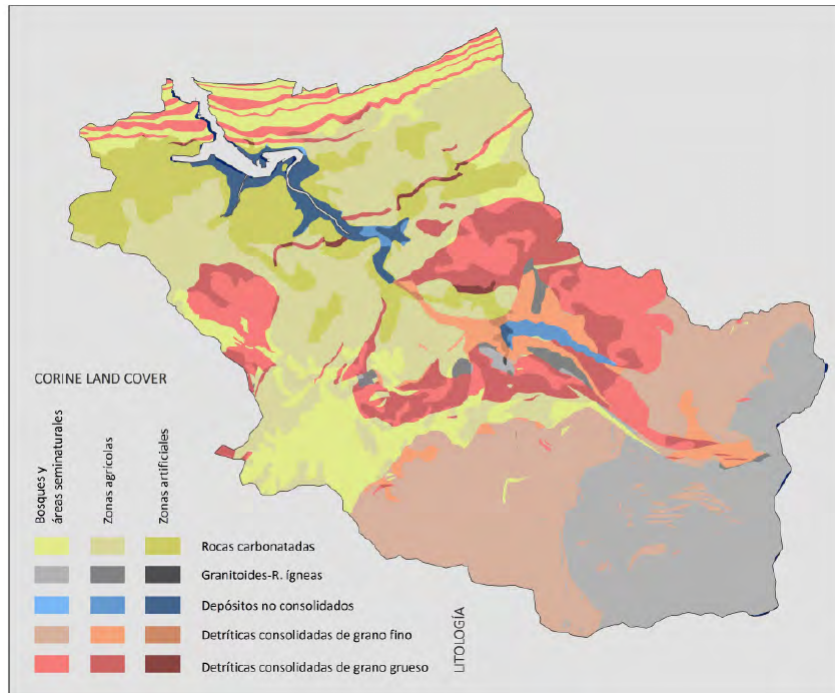


Figura 4. Combinación de la litología y los usos del suelo en la cuenca del Oiartzun.
 Figure 4. Lithology and land uses combination in Oiartzun basin.

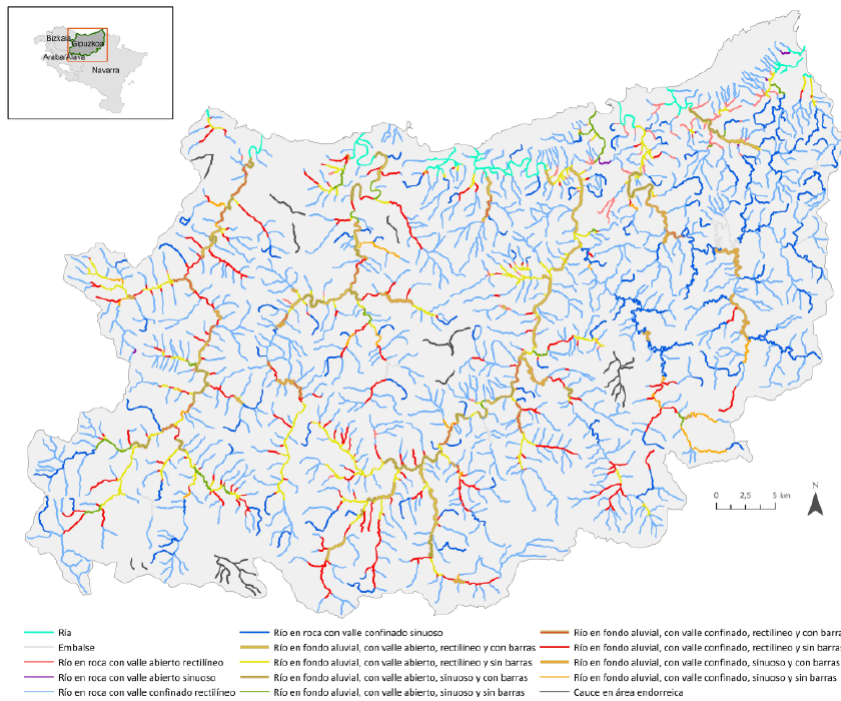


Figura 5. Detalle de la tramificación a escala de Gipuzkoa.
 Figure 5. Detail of the identified geomorphological reaches at Gipuzkoa region scale.

Por ello, se abordó una segunda fase de trabajo para todo el territorio de Gipuzkoa. Inicialmente se planteó trabajar para toda la cornisa cantábrica, con el fin de poder disponer de mayores opciones de hallar condiciones de referencia. Sin embargo, la falta de homogeneidad de la información hizo desistir.

Para el conjunto de Gipuzkoa se elaboró una tramificación realizada mediante SIG, basándose en la superposición de las variables pendiente, sinuosidad, dinámica fluvial y sustrato del lecho (Figura 5). La pendiente, que fue generada a partir del Modelo Digital del Terreno, de 25 metros de píxel, obtenido en el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional, se utilizó para clasificar los valles abiertos (Nagel, 2013); para el sustrato del lecho se usó el mapa litológico 1:25.000 del País Vasco y el mapa geomorfológico 1:25.000 de Navarra, junto a la revisión de las ortofotografías (IDENA e Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Gipuzkoa) a escala aproximada de trabajo de 1:10.000; para el cálculo de la sinuosidad se utilizó la caja de herramientas "Hawth's Analysis Tools, versión 3.27" con la fórmula $S = Lt / Lsf$, donde Lt es la longitud total de la línea y Lsf es la distancia entre el inicio y el final de la línea; y para la obtención de las zonas con una mayor dinámica fluvial, se optó por analizar los fondos de valle aluviales utilizando de nuevo las ortofotografías (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra (IDENA) e Infraestructura de Datos Espaciales de Gipuzkoa) de 2012, dado que son las que ofrecían más calidad y mayor detalle en el análisis.

Estos tramos fueron empleados como base para su clasificación según las tipologías de paisaje. La información de la valoración de la calidad hidromorfológica a escala de Gipuzkoa proporcionaba muy pocos tramos con al menos calidad buena, de modo que se ha tomado como referencia la valoración del estado ecológico realizado para toda la red de la Comunidad Autónoma Vasca por la Agencia Vasca del Agua (URA). Sin embargo, hay que tener presentes tres aspectos: i) que la información del estado ecológico tiene una escala de trabajo más general, basada en el

concepto de masa de agua y que no está definida con criterios hidrogeomorfológicos; ii) que no existen datos del estado ecológico para toda la red de drenaje de la tramificación de Gipuzkoa, lo que descarta un gran número de tramos como posibles condiciones de referencia; y iii) que la valoración está realizada con criterios ecológicos y no geomorfológicos. Esto hace necesario tomar con cautela los resultados obtenidos a esta escala.

Por último se ha establecido la imagen objetivo, el estado que se podría alcanzar, teniendo en cuenta la condición de referencia existente, las características actuales del tramo o el potencial de recuperación.

Así se ha calculado el potencial de recuperación de los tramos con calidad moderada, deficiente y muy mala. El objetivo es conocer en qué tramos se podría alcanzar una calidad hidromorfológica buena llevando a cabo actuaciones de restauración a corto y medio plazo (tramos reversibles) y en qué tramos no se puede debido a las fuertes presiones que sufren (irreversibles). El cálculo del potencial de recuperación se realiza teniendo en cuenta dos variables que se cruzan (calidad del IHG y usos del suelo) y de las que se obtienen tres categorías en que se han dividido los tramos: irreversibles (tramos con calidad muy mala o deficiente que atraviesan mayoritariamente "zonas artificiales"), reversibles (tramos con calidad moderada y los de calidad deficiente que atraviesan mayoritariamente zonas agrícolas o áreas seminaturales) y en buen estado (de calidad hidrogeomorfológica buena o muy buena y que por lo tanto no necesitan ser restaurados).

En aquellos tramos de carácter reversible, conociendo los procesos dominantes y los impactos concretos que sufre el tramo a restaurar obtenidos de la valoración hidromorfológica, se puede establecer la imagen objetivo. Si existe una condición de referencia, esta puede servir para definir la imagen objetivo en función del objetivo de restauración. Pero en el caso de no disponer de condición de referencia la opción es la búsqueda de la imagen a través del análisis de la evolución del río

mediante fotografías aéreas históricas o imágenes de satélite. De modo que se puedan identificar los cambios habidos en el cauce y la cuenca y la dinámica previa a la alteración geomorfológica que permita obtener los elementos de mayor presión e impacto y formular los objetivos de restauración.

Para valorar la transformación del cauce se ha digitalizado la evolución de la banda activa —cauce y barras de sedimentos— en 1954 (primer vuelo disponible, a una escala aproximada de 1:10000), 1983 (vuelo nacional del Instituto Geográfico Nacional a una escala aproximada de 1:30000) y las ortofotos de 2013 (ortofotografía de 25 cm de pixel generada a partir del vuelo fotogramétrico digital de 22 cm realizado por el Gobierno Vasco) y 2014 (ortofotografía de 25 cm de pixel generada a partir del vuelo fotogramétrico realizado por el Instituto Geográfico Nacional). La escala de edición de la superficie de banda activa ha oscilado entre 1:500 y 1:800. Para la evolución de los usos del suelo en la cuenca se ha recurrido al análisis de imágenes satélite, comparando la más antigua disponible que data de 1984 y corresponde al satélite Landsat 5 y la más actual, correspondiente al año 2015 y al satélite Landsat 8. Además se cuenta con toda la información proporcionada por la cartografía de presiones e impactos elaborada a través del trabajo de campo y la posterior edición mediante SIG.

Con ello, para cada uno de los tramos, se han formulado 10 objetivos, basados en los parámetros de carácter hidrogeomorfológico valorados mediante el índice IHG (Naturalidad del régimen de caudal, Disponibilidad y movilidad de sedimentos, Funcionalidad de la llanura de inundación, Naturalidad del trazado y de la morfología en planta, Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales, Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral) y enfocados a la renaturalización, reducción o recuperación de diferentes elementos naturales así como a la retirada o disminución de distintos tipos de impactos o presiones con el fin de establecer una imagen objetivo final. Los 10 objetivos formulados son los siguientes:

1. Reducir las derivaciones de caudal y recuperar el régimen estacional
2. Reducir o eliminar barreras y presas que limiten la circulación de sedimentos
3. Mejorar la conexión de las vertientes y afluentes con el tramo
4. Reducir o eliminar defensas y obstáculos que no afecten a infraestructuras o poblaciones
5. Reducir o eliminar terrenos sobreelevados y/u otros obstáculos transversales
6. Recuperar tramos cortados o desviados
7. Recuperar pequeñas rectificaciones o retanqueo de márgenes
8. Reducir o eliminar obstáculos transversales al cauce
9. Renaturalizar topografía del fondo del lecho
10. Recuperar la morfología natural de las orillas en la totalidad del tramo

4. Resultados

Las 11 categorías resultantes de la tramificación y tipificación hidrogeomorfológica (salvo la de afección mareal al estar dominada por una dinámica oceánica y no puramente fluvial) se han cruzado con las 15 combinaciones de paisaje, lo que da lugar a 95 tipos de unión de las 150 combinaciones posibles (10 tipologías hidrogeomorfológicas cruzadas con 15 combinaciones de paisaje), lo cual indica una diversidad paisajística y fluvial muy elevada (Figura 6).

La valoración hidrogeomorfológica ha dado como resultado que un 39,7% de los tramos presentan una calidad “Muy buena” o “Buena” y que, por tanto, son considerados tramos condición de referencia. El 61,6% de los tramos no alcanzan la buena calidad hidrogeomorfológica, así el 18,6% no tienen condición de referencia para ninguna de las combinaciones de paisaje que atraviesan mientras que el 19,8% de los tramos tienen condición de referencia sólo en algunas de las combinaciones de paisaje por las que atraviesan (Figura 7). En dos tramos (0,8%), no se pudo

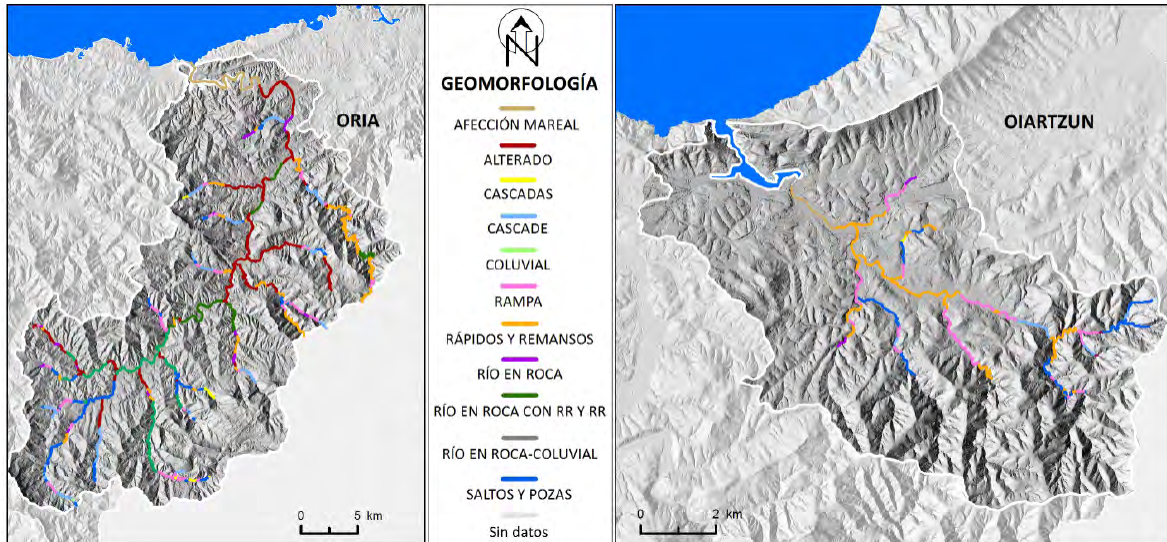


Figura 6. Tramificación y tipificación geomorfológica de la red fluvial de las cuencas de los ríos Oría y Oiartzun.

Figure 6. Geomorphology based reaches of Oría and Oiartzun watersheds.

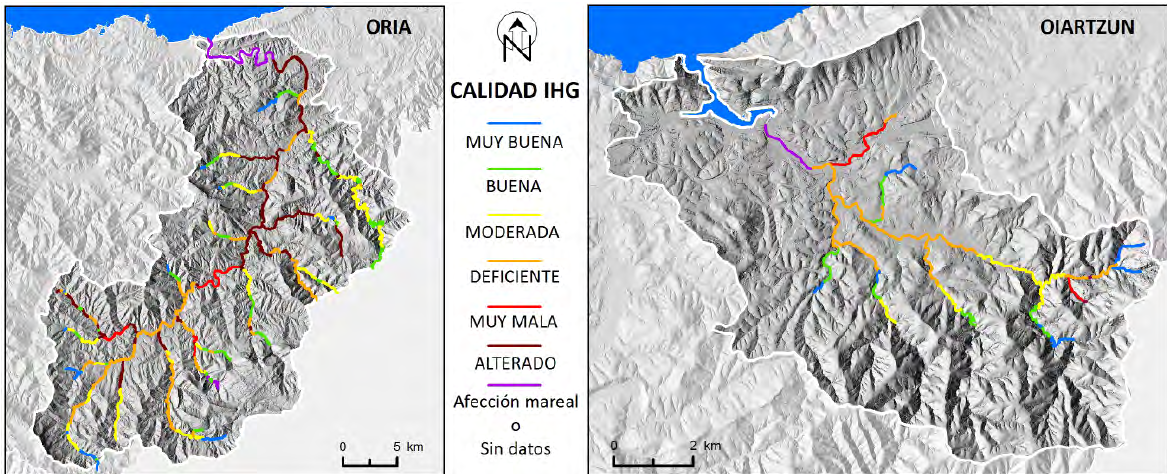


Figura 7. Resultado de la valoración del estado hidrogeomorfológico de cada tramo en las cuencas de los ríos Oría y Oiartzun.

Figure 7. Result of the hydrogeomorphological assessment for each reach in both Oría and Oiartzun basins.

realizar el diagnóstico por las dificultades de accesibilidad que presentaban.

La valoración del potencial de recuperación en ambas cuencas ha dado como resultado que el 22,7% de los tramos tienen carácter irreversible (24,5% de los tramos de Oría y 18,9% de los tramos de Oiartzun) (Figura 8), al menos a corto o medio plazo, dado que son tramos que sufren una mayor densidad de impactos y atraviesan zonas artificiales muy

degradadas donde es difícil recuperar cierto grado de naturalidad. Por otro lado hay un 36,4% (40,2% en la cuenca del Oría y 24,1% en la del Oiartzun) de tramos de carácter reversible (Figura 8), que en su mayor parte son de calidad moderada, aunque también se incluyen tramos de calidad deficiente, que atraviesan entornos agrícolas o bosques y áreas seminaturales donde no resultaría tan complejo acometer un proceso de restauración hidrogeomorfológica.

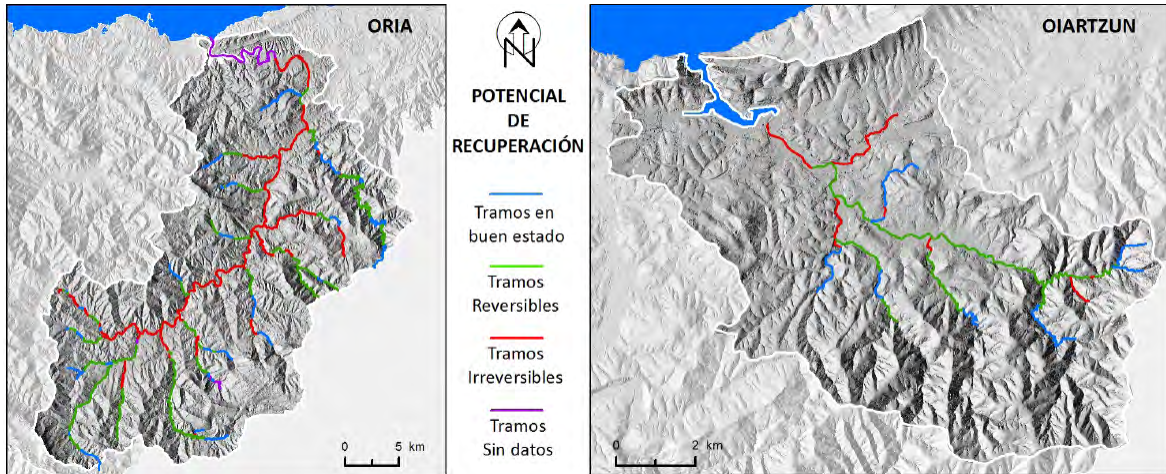


Figura 8. Potencial de recuperación de los tramos de las redes fluviales de las cuencas del Oria y Oiartzun.

Figure 8. Recovery potential of each reach of Oria and Oiartzun watersheds.

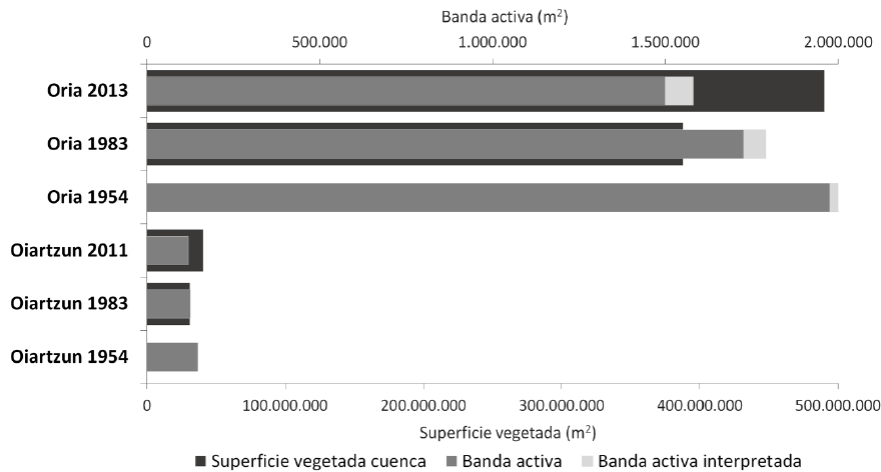


Figura 9. Evolución de la banda activa y la superficie vegetada de las cuencas del Oria y Oiartzun.

Figure 9. Active channel and basin's vegetated surface evolution in Oria and Oiartzun basins.

El análisis de la evolución de la banda activa ha mostrado una reducción de la misma que va en consonancia con el incremento de la superficie vegetada de ambas cuencas (Figura 9) y el incremento de los impactos directos en el cauce, mediante cortas, defensas y ocupación de la llanura de inundación con usos del suelo artificiales.

Esta relación está muy vinculada a la presión sociodemográfica, entendida como la combinación de la densidad de la población y de edificios. El resultado en la cuenca del Oria

deja clara la relación entre la presión demográfica y la calidad hidrogeomorfológica del cauce: a mayor presión menor calidad (Figura 10).

Se ha concluido el trabajo con la formulación de objetivos de restauración/rehabilitación/renaturalización, que se han propuesto para los tramos de carácter reversible de las cuencas del Oria y Oiartzun (Figura 11), dado que su calidad hidrogeomorfológica actual posibilita actuaciones de restauración que favorecerían el cambio hacia una calidad

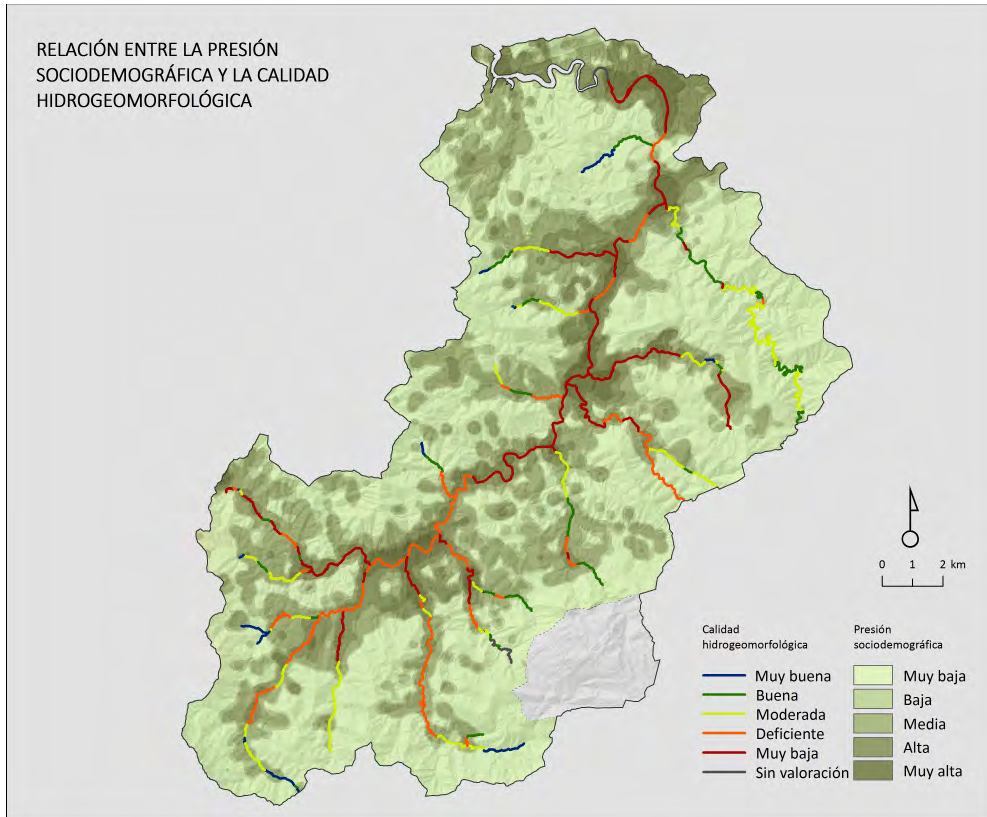


Figura 10. Relación entre la presión sociodemográfica y la calidad hidrogeomorfológica.

Figure 10. Relationship between sociodemographical pressure and hydrogeomorphological quality.



Figura 11. Objetivos de restauración y número de tramos para los que se proponen.

Figure 11. Restoration objectives and number of reaches proposed for.

hidrogeomorfológica buena. El objetivo más propuesto es el de “Reducir o eliminar defensas y obstáculos que no afecten a infraestructuras o poblaciones”.

La metodología a nivel del territorio de Gipuzkoa ha dado unos resultados escasos, con muy pocos tramos condición de referencia, y además sin un criterio puramente geomorfológico.

5. Consideraciones finales

El presente estudio constituye un trabajo de geomorfología aplicada, en el que se ha propuesto y llevado a cabo una metodología novedosa y sin antecedentes. La herramienta generada está en la línea de los requerimientos de la Directiva Marco de Agua (2000/60/CE), y pone a disposición de los gestores fluviales información geomorfológica que les ayude a establecer la condición de referencia de tramos fluviales desde el punto de vista hidrogeomorfológico, concretando procedimientos y aportando resultados aplicados a dos cuencas y, en definitiva, encarar la restauración de los cursos fluviales.

La pérdida de calidad hidrogeomorfológica está estrechamente vinculada a la presión sociodemográfica causada por la proliferación de usos artificiales en el cauce y la llanura de inundación, pero también por cambios en los usos del suelo de la cuenca.

El diagnóstico basado en presiones e impactos detectados en el cauce y las cuencas de estudio permite formular objetivos de restauración concretos que facilitan la identificación de manera sistemática de los elementos que degradan la calidad hidrogeomorfológica de los tramos, al tiempo que posibilita el reconocimiento de acciones concretas de restauración. Además, es posible establecer aquellos tramos con potencialidad de ser restaurados, los reversibles, y aquéllos en los que dada su elevada degradación, irreversibles, no es factible plantearse la restauración, salvo alguna medida de rehabilitación o mitigación. La metodología además no se queda en la identi-

ficación de condiciones de referencia de tramos prístinos, en muchos casos inalcanzables con las condiciones de contorno actuales, sino que se basa en la dinámica y procesos activos en la actualidad.

La metodología aplicada a nivel del conjunto del territorio de Gipuzkoa, basada exclusivamente en el análisis SIG a partir de la información disponible, no ha dado resultados satisfactorios, en gran parte por la falta de información básica de carácter geomorfológico, tramificación y valoración. De modo que el resultado de la aplicación de las dos metodologías manifiesta la importancia de contar con una buena información geomorfológica básica que, dadas las escasas bases de datos, solo es factible compensar mediante el trabajo de campo. Ello supone un trabajo costoso en tiempo y medios, pero con resultados de mayor garantía. Constituye también una oportunidad de obtener información de carácter geomorfológico que todavía escasea frente a otro tipo de información, por ejemplo la de tipo ecológico.

Agradecimientos

El presente trabajo es el resultado de varios contratos de investigación encargados por la Diputación Foral de Gipuzkoa a la Universidad de Zaragoza (“Tramificación hidrogeomorfológica de los cursos fluviales de Gipuzkoa”) y a la Universidad del País Vasco, UPV/EHU (“Condiciones de referencia para la restauración de la morfología fluvial en el río Oiartzun”, “Condiciones de referencia para la restauración de la morfología fluvial en el río Oria”). Queremos agradecer a los técnicos responsables de la supervisión del trabajo su labor. También a Josu Elso, Kristian Rey y Ángel Martínez por su colaboración en la obtención de datos en campo. Finalmente extendemos el agradecimiento al Grupo de Investigación Consolidado del Gobierno Vasco IT 622-13, la UFI11/09 “Cuaternario: Cambios Ambientales y Huella Humana” y al Grupo de investigación del Gobierno de Aragón “Clima, Agua, Cambio Global y Sistemas Naturales”.

Bibliografía

- Amoros, C.; Petts, G.E. (eds., 1993) *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson, Paris, 300 pp.
- Brierley, G.J.; Fryirs, K.A. (2005). *Geomorphology and river management. Applications of the River Styles Framework*. Ed. Blackwell, Oxford, 398 pp.
- Díaz Bea, E.; Ollero, A. (2005). Metodología para la tramitación y clasificación geomorfológica de los cursos fluviales de la cuenca del Ebro. *Geographicalia*, 47, 23-45.
- Horacio, J. (2014). *Geomorfología fluvial en sistemas atlánticos: metodología de caracterización, clasificación y restauración para los ríos de Galicia*. Tesis doctoral. Departamento de Xeografía, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 566 pp. + anexos.
- Ibiate, A.; Ollero, A.; Díaz, E. (2011). Influence of catchment processes on fluvial morphology and river habitats. *Limnetica*, 30 (2), 169-182.
- Montgomery, D.R.; Buffington, M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 109, 596-611. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1997\)109<0596:CRMIMD>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1997)109<0596:CRMIMD>2.3.CO;2).
- Nagel, D. E.; Buffington, J.M. (2013). *A Valley Confinement Algorithm for Aquatic, Riparian, and Geomorphic Applications*. Esri Southwest User Conference, Salt Lake City, UT, November 13-15.
- Ollero, A.; Ballarín, D.; Díaz, E.; Mora, D.; Sánchez, M.; Acín, V.; Echeverría, M.T.; Granada, D.; Ibiate, A.; Sánchez, L.; Sánchez, N. (2008). IHG: un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27(1), 171-188.
- Ollero, A.; Ibiate, A.; Gonzalo, L.E.; Acín, V.; Ballarín, D.; Díaz, E.; Doménech, S.; Gimeno, M.; Granada, D.; Horacio, J.; Mora, D.; Sánchez, M. (2011). The IHG index for hydromorphological quality assessment of rivers and streams: updated version. *Limnetica*, 30(2), 255-262.
- Pardo, I.; Gómez-Rodríguez, C.; Wasson, J.G.; Owen, R.; van de Bund, W.; Kelly, M.; Bennett, C.; Birk, S.; Buffagni, A.; Erba, S.; Mengin, N.; Murray-Bligh, J.; Ofenböeck, G. (2012). The European reference condition concept: a scientific and technical approach to identify minimally-impacted river ecosystems. *Science of the Total Environment*, 420, 33-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.01.026>
- Stoddard, J.L.; Larsen, D.P.; Hawkins, C.P.; Johnson, R.K.; Norris, R.H. (2006). Setting expectations for the ecological conditions of streams: the concept of reference condition. *Ecological Applications*, 16 (4), 1267-1276. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[1267:SEFT-EC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1267:SEFT-EC]2.0.CO;2).
- Wyžga, B.; Zawiejska, J.; Radecki-Pawlik, A.; Hajdukiewicz, H. (2012). Environmental change, hydromorphological reference conditions and the restoration of Polish Carpathian rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37, 1213-1226.