

## **DIAGNÓSTICO FLUVIAL, IMPACTOS EN CAUCES Y CAMBIO GLOBAL: APLICACIONES DEL ÍNDICE HIDROGEOMORFOLÓGICO IHG**

### **Alfredo Ollero**

Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza,  
Calle Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza  
aollero@unizar.es

### **Daniel Ballarín**

Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza,  
Calle Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza  
Medio Ambiente, Territorio y Geografía, Mastergeo S.L.,  
Avda. Patio de los Naranjos, 26, 50022 Zaragoza  
danielbf@unizar.es

### **J. Horacio García**

Dpto. de Geografía, Universidad de Santiago de Compostela,  
Praza da Universidade, 1, 15703 Santiago de Compostela  
horacio.garcia@usc.es

### **Askoa Ibisate**

Dpto. de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV/EHU,  
Calle Tomás y Valiente s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz  
askoa.ibisate@ehu.eus

### **Daniel Mora**

Medio Ambiente, Territorio y Geografía, Mastergeo S.L.,  
Avda. Patio de los Naranjos, 26, 50022 Zaragoza  
dmora@mastergeo.es

### **Miguel Sánchez Fabre**

Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza,  
Calle Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza  
msanchez@unizar.es

**Resumen:** El diagnóstico y evaluación hidromorfológica fluvial es un procedimiento necesario con el objetivo de la mejora del estado ecológico de los ríos afectados por notables impactos antrópicos. El índice hidrogeomorfológico IHG fue diseñado hace 15 años para ese objetivo. Se presenta la versión más actualizada del mismo y de su modalidad para cursos efímeros (IHG-E). Se localizan todas las aplicaciones del índice llevadas a cabo hasta el momento, un total de 60 tanto en Europa como en América. La versatilidad del índice ha quedado demostrada por la gran variedad de cursos fluviales en los que se ha aplicado. Se reflexiona sobre la empleabilidad del índice, la adecuación de los indicadores que analiza, sus criterios y las dificultades de aplicación. Se concluye que, además de permitir una evaluación hidromorfológica al uso, resulta especialmente útil para la identificación y valoración de los impactos en el espacio fluvial y, por tanto, para definir propuestas de restauración y para evaluar la eficacia de las mismas mediante una aplicación progresiva del índice a lo largo del seguimiento, identificando en qué aspectos va mejorando el río analizado.

**Palabras clave:** Geomorfología fluvial, indicadores hidromorfológicos, impacto ambiental, cambio climático, restauración fluvial.

### **River diagnosis, channel alterations and global change: Applications of the hydrogeomorphological IHG index**

**Abstract:** The hydromorphological diagnosis and assessment of rivers is a necessary procedure aimed to improve the ecological status of rivers affected by notable human impacts. The hydrogeomorphological index IHG was designed 15 years ago for that purpose. Its most updated version and its modality for ephemeral courses (IHG-E) are presented. All applications of the index carried out so far are located, a total of 60 both in Europe and in America. The versatility of the index has been demonstrated by the large variety of waterways in which it has been applied. There are reflections on the usefulness of the index, the adequacy of the indicators analysed, its criteria and the difficulties of application. It is concluded that, in addition to allowing a hydromorphological evaluation, it turns out to be particularly useful for the identification and assessment of impacts in the river area and, therefore, to define restoration proposals and to assess their effectiveness by a progressive implementation of the index throughout monitoring, identifying where the analysed river is improving.

**Keywords:** Fluvial geomorphology, hydromorphological “hymo” indicators, environmental impact, climate change, river restoration.

## 1. Introducción

Los ríos son sistemas naturales dinámicos y complejos que responden a los cambios ambientales y a todos los procesos registrados en sus cuencas. Por ello, constituyen excelentes indicadores de cambio a diferentes escalas espaciales y temporales. En un contexto actual de cambio global acelerado, diagnosticar el estado de los ríos aporta una enorme información ambiental y puede sentar las bases no solo de acciones de restauración fluvial, sino también de estrategias más amplias de adaptación y mitigación enfocadas a reducir los graves problemas ambientales de nuestro tiempo.

El diagnóstico fluvial es una tarea compleja que requiere, en primer término, un buen conocimiento y caracterización del sistema fluvial a estudio y, en segundo, la evaluación de indicadores que pueden interactuar de forma compleja entre sí y en el conjunto del sistema. En el contexto de implementación de la Directiva Marco Europea del Agua (2000/60/CE), la evaluación se simplifica en tres grupos de indicadores: biológicos, físicoquímicos e hidromorfológicos. Pero la aplicación real está llena de dificultades y el diagnóstico arroja dudas de difícil resolución, en buena medida por la imposibilidad de evaluar todos los indicadores, pero, sobre todo, de llegar a valorar el peso relativo de cada uno de ellos y de sus interrelaciones.

Una dificultad añadida en el diagnóstico fue la escasa tradición de los indicadores hidromorfológicos, no bien definidos en la Directiva (Horacio *et al.*, 2018a). La geomorfología fluvial cuenta con un muy notable desarrollo científico, pero no se había aplicado técnicamente a exigencias concretas como la evaluación del estado ecológico que demandaba la Directiva 2000/60/CE. Es así como surgieron gran cantidad de índices hidromorfológicos en la primera década del siglo XXI. Entre los más empleados pueden destacarse los aportados por Chandesris *et al.* (2008), Wyzga *et al.* (2012) y Rinaldi *et al.* (2013), así como sistemas caracterizadores que cuentan con una vertiente evaluadora, como el RHS (Raven *et al.*, 1998) o el RSF (Brierley y Fryirs, 2005).

La utilidad de la geomorfología fluvial en el diagnóstico y como base para la búsqueda de soluciones es evidente (Ollero *et al.*, 2020), a priori y en teoría, pero cuenta con una gran dificultad relacionada con la propia complejidad de los procesos geomorfológicos. El gran reto es identificar las causas de los cambios geomorfológicos que detectamos, resolver en qué medida son causas naturales o antrópicas, y determinar el peso de los efectos que provienen del cambio global y/o de impactos locales. Si los cambios son naturales no pueden considerarse negativos, pero si los cambios son antropogénicos implican alteraciones que sí deben ser evaluadas como negativas. En este caso deben implicar propuestas de mejora y restauración para alcanzar un buen estado ecológico. Es preciso, por tanto, saber diferenciar muy claramente en cada caso “cómo es” el río respecto de “cómo está” el río. Todo ello exige experiencia en los equipos de evaluación, claridad y eficacia en los métodos de trabajo y capacidad de adaptación a cada tipología fluvial y a cada situación concreta.

El índice hidrogeomorfológico IHG surgió en 2006 con el objetivo del diagnóstico hidrológico y geomorfológico fluvial. Por esas fechas, evaluar el estado de los ríos era una necesidad demandada por la administración, aunque no existían metodologías aplicables para ello. Década y media después, el objetivo del presente artículo es compilar todas las aplicaciones del índice que se han llevado a cabo y reflexionar sobre su empleabilidad y sus perspectivas de futuro, en un contexto en el que el cambio global sigue marcando los funcionamientos fluviales, con síntomas de aceleración, y en el que los impactos humanos sobre los cauces siguen constituyendo un grave problema ambiental.

## 2. Materiales y Métodos

El método aplicado para la consecución de los objetivos planteados se ha fundamentado en dos tareas. La primera se centra en la búsqueda y seguimiento de los casos en los que se ha aplicado el índice IHG hasta el momento. La segunda, en discutir la utilidad del índice tomando como base sus resultados tras 15 años de aplicación.

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica a partir de las citas recibidas por las publicaciones que desarrollan el índice. En total se detectaron 160 citas en *Google Scholar* y 175 citas en *ResearchGate* con fecha 20 de enero de 2021. También se consultaron organismos públicos en los que podrían haberse realizado aplicaciones técnicas no publicadas.

Las 60 aplicaciones del índice encontradas se han localizado geográficamente y se han clasificado por ámbito de trabajo y modalidad del índice empleada.

La reflexión posterior al vaciado bibliográfico sobre la aplicabilidad del índice se ha llevado a cabo bajo un ejercicio de evaluación sosegada y crítica entre los integrantes del estudio. Esto nos permitió plantear líneas de mejora y la necesidad de nuevos productos o versiones, en un contexto de cambio en el que se prevén nuevas demandas en diagnosis hidromorfológica fluvial.

## 3. Resultados

### 3.1. El índice IHG

El Índice HidroGeomorfológico IHG (figura 1) se presentó públicamente por primera vez en el XIII Congreso de la Asociación Española de Limnología, celebrado en Barcelona en julio de 2006 (Ollero *et al.*, 2006). A continuación se publicó en las revistas *Geographicalia* (Ollero *et al.*, 2007) y *Limnetica* (Ollero *et al.*, 2008) para darlo a conocer, respectivamente, en los contextos académicos y técnicos de la Geografía y de la Biología, especialmente implicados en la evaluación del estado ecológico de los ríos.

INDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)		
Sistema fluvial:	Masa de agua:	Fecha:
<b>CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA</b>		
<b>Naturalidad del régimen de caudal</b>		
<p>Tarifa de caudal constante por el sector entre el desarrollo típico y un promedio estacional respondiendo a la dinámica natural, por lo que el sector fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico.</p> <p>Agua arriba de el propio sector existen hoy sectores que no cumplen su función de transporte hidrológico.</p> <p>Hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se encuentre el régimen estacional natural, o sea, ciclo de hielos y deshielos.</p> <p>Hay alteraciones menores de la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo que conlleva inversiones en los sistemas de regulación de caudal.</p> <p>Hay modificaciones de la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del caudal estacional son poco marcadas.</p> <p>Hay algunas alteraciones de la cantidad de caudal circulante pero se mantienen bien conservadas la regularidad estacional y el régimen de caudal.</p> <p>Hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante.</p>		
<b>Disponibilidad y movilidad de sedimentos</b>		
<p>El caudal es suficiente para evitar funciones de erosión, entropía y el sistema fluvial cumple su función de transporte y regulación de los sedimentos.</p> <p>En más de un 70% de la cuenca varían hasta el sector caudal con los sedimentos de la cuenca.</p> <p>Hay presencia con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente en un 70% de la cuenca vertiente hasta el sector caudal con los sedimentos de la cuenca.</p> <p>Hay presencia con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente en un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector caudal con los sedimentos de la cuenca.</p> <p>Hay presencia que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector caudal.</p> <p>En el sector hay áreas de inestabilidad en la movilidad de los sedimentos (erosión, entropía, deposición) de la cuenca vertiente, especialmente en las partes altas y bajas de la cuenca.</p> <p>Hay presencia de áreas de inestabilidad en la movilidad de los sedimentos (erosión, entropía, deposición) de la cuenca vertiente, especialmente en las partes altas y bajas de la cuenca.</p> <p>Hay presencia de áreas de inestabilidad en la movilidad de los sedimentos (erosión, entropía, deposición) de la cuenca vertiente, especialmente en las partes altas y bajas de la cuenca.</p> <p>Hay presencia de áreas de inestabilidad en la movilidad de los sedimentos (erosión, entropía, deposición) de la cuenca vertiente, especialmente en las partes altas y bajas de la cuenca.</p>		
<b>Funcionalidad de la llanura de inundación</b>		
<p>La llanura de inundación puede ejercer su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p> <p>Las funciones de inundación cumplen con su función de amortiguación de energía y regulación de caudales gracias a su estructura y disposición de la llanura de inundación.</p>		
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA</b>		
<b>CALIDAD DEL CAUCE</b>		
<b>Naturalidad del trazado y de la morfología en planta</b>		
<p>El trazado del cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>Se han registrado cambios de trazado y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p>		
<b>Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales</b>		
<p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p> <p>El cauce se mantiene natural, recto, y la morfología en planta presenta los caracteres y modificaciones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del cauce.</p>		
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE</b>		
<b>CALIDAD DE LAS RIBERAS</b>		
<b>Continuidad longitudinal</b>		
<p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p> <p>El corredor ribereño es continuo a lo largo de toda el sector fluvial y en ambas márgenes del cauce.</p>		
<b>ANCHURA DEL CORREDOR RIBEREÑO</b>		
<p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p> <p>Las riberas ribereñas conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen con su función de regulación de caudales y amortiguación de energía.</p>		
<b>Estructura, naturalidad y conectividad transversal</b>		
<p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p> <p>En las riberas ribereñas se conserva la estructura ribereña (canales, estrías, tablas), la naturalidad de las riberas y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún elemento antropico que altere la estructura natural de las riberas.</p>		
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS</b>		
<b>VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA</b>		

Figura 1. Ficha para la aplicación del IHG (Ollero et al., 2009).

El índice se fue aplicando y validando paralelamente en diferentes trabajos académicos en la Universidad de Zaragoza (Granado, 2007; Gimeno, 2009; González, 2009), y especialmente en dos estudios para la administración, uno en los ríos Arga y Aragón (Díaz Bea e Ibasate, 2009) y otro más extenso para numerosos cursos de la cuenca del Ebro (Durán et al., 2010). El índice se mejoró, completándose su metodología, en la guía publicada por la Confederación Hidrográfica del Ebro (Ollero et al., 2009) y ubicada en su web (<http://www.chebro.es/contenido.streamFichero.do?idBinario=12507>). Esta versión actualizada se tradujo al inglés en forma de artículo breve publicado en Limnetica (Ollero et al., 2011). La versión del IHG quedó así fijada (figura 1) desde entonces, no habiéndose modificado, aunque sí se han hecho algunos ejercicios de simplificación.

El índice se divide en 3 apartados: calidad funcional del sistema, calidad del cauce y calidad de las riberas. Cada uno de ellos se subdivide a su vez en tres parámetros que evalúan la naturalidad (del caudal hídrico, del caudal sólido, del espacio inundable, de la forma en planta, longitudinal y vertical, transversal, de la continuidad del corredor ribereño, de su anchura y de su estructura interna), para completar los 9 campos evaluables de 0 a 10 en la ficha de trabajo, combinando criterios cualitativos y cuantitativos. La puntuación final puede estar, por tanto, entre 0 y 90 puntos. La valo-

ración final puede ser Muy Buena (75 a 90), Buena (60 a 74), Moderada (42 a 59), Deficiente (21 a 41) o Muy Mala (0 a 20).

En 2016 se creó una versión del índice adaptada a cursos efímeros, el IHG-E, que presenta un formato ligeramente simplificado y con cambios en la métrica de determinados apartados del índice, que son ponderados para su mejor adaptación a esta tipología fluvial (figura 2). Esta versión no ha sido presentada públicamente ni ha sido todavía objeto de una publicación específica. No obstante, sí ha sido aplicada en un extenso trabajo para la Confederación Hidrográfica del Júcar (Ballarín y Mora, 2018), en varios trabajos académicos (Noguera, 2016; Sanmartín, 2019; Prados, 2020), así como en el contexto del proyecto CCAMICE (Ollero *et al.*, 2021). El IHG-E fue probado y resultó útil también para la evaluación de cauces de gravas (Peño, 2017).

En la actualidad un grupo de investigación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (Perú) está trabajando en una versión del IHG para ríos tropicales (IHG-T), todavía sin publicar.

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES EFÍMEROS (IHG-E)		
Sistema fluvial	Sector o masa de agua	Fecha
<b>CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA</b>		
<b>Naturalidad del caudal hídrico</b>		
El caudal hídrico responde en su volumen, en su régimen estacional y en sus procesos operarios a la dinámica natural, así como a la calidad. Puntos: 10	Hay alteraciones por modificaciones de caudal, en menor o mayor medida, que afectan al régimen estacional y a la calidad. Puntos: -10	
Hay alteraciones por modificaciones de caudal, en menor o mayor medida, que afectan al régimen estacional y a la calidad. Puntos: -5	Hay alteraciones por modificaciones de caudal, en menor o mayor medida, que afectan al régimen estacional y a la calidad. Puntos: -2	
<b>Naturalidad del caudal sólido</b>		
El caudal sólido no presenta variación alguna de origen antropico y el sistema fluvial mantiene y favorece las condiciones de fondo original. Puntos: 20	El caudal sólido presenta variación alguna de origen antropico y el sistema fluvial mantiene y favorece las condiciones de fondo original. Puntos: -20	
El caudal sólido presenta variación alguna de origen antropico y el sistema fluvial mantiene y favorece las condiciones de fondo original. Puntos: -10	El caudal sólido presenta variación alguna de origen antropico y el sistema fluvial mantiene y favorece las condiciones de fondo original. Puntos: -5	
<b>Funcionalidad en crecida</b>		
El cauce y el espacio fluvial adecuados para un movimiento armónico que favorezca la dispersión de energía en crecida, limitando los riesgos tanto por sobrepantamiento y desbordamiento de aguas. Puntos: 10	El cauce y el espacio fluvial adecuados para un movimiento armónico que favorezca la dispersión de energía en crecida, limitando los riesgos tanto por sobrepantamiento y desbordamiento de aguas. Puntos: -10	
El cauce y el espacio fluvial adecuados para un movimiento armónico que favorezca la dispersión de energía en crecida, limitando los riesgos tanto por sobrepantamiento y desbordamiento de aguas. Puntos: -5	El cauce y el espacio fluvial adecuados para un movimiento armónico que favorezca la dispersión de energía en crecida, limitando los riesgos tanto por sobrepantamiento y desbordamiento de aguas. Puntos: -2	
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA</b>		
<b>CALIDAD DEL CAUCE</b>		
<b>Naturalidad de la forma en planta</b>		
La forma en planta del cauce se mantiene natural y su morfología presenta las características y dimensiones acordes con las condiciones de la cuenca y del valle y con el funcionamiento natural del sistema. Puntos: 5	La forma en planta del cauce se mantiene natural y su morfología presenta las características y dimensiones acordes con las condiciones de la cuenca y del valle y con el funcionamiento natural del sistema. Puntos: -5	
La forma en planta del cauce se mantiene natural y su morfología presenta las características y dimensiones acordes con las condiciones de la cuenca y del valle y con el funcionamiento natural del sistema. Puntos: -3	La forma en planta del cauce se mantiene natural y su morfología presenta las características y dimensiones acordes con las condiciones de la cuenca y del valle y con el funcionamiento natural del sistema. Puntos: -1	
<b>Naturalidad longitudinal y vertical</b>		
El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales y naturales. Puntos: 10	El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales y naturales. Puntos: -10	
El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales y naturales. Puntos: -5	El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales y naturales. Puntos: -2	
<b>Naturalidad transversal</b>		
El cauce es natural y tiene capacidad de modificar lateralmente, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con las condiciones hidrogeomorfológicas de la cuenca y de la zona de actuación. Puntos: 10	El cauce es natural y tiene capacidad de modificar lateralmente, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con las condiciones hidrogeomorfológicas de la cuenca y de la zona de actuación. Puntos: -10	
El cauce es natural y tiene capacidad de modificar lateralmente, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con las condiciones hidrogeomorfológicas de la cuenca y de la zona de actuación. Puntos: -5	El cauce es natural y tiene capacidad de modificar lateralmente, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con las condiciones hidrogeomorfológicas de la cuenca y de la zona de actuación. Puntos: -2	
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE</b>		
<b>CALIDAD DEL ESPACIO RIBEREÑO</b>		
<b>Continuidad longitudinal</b>		
El corredor ribereño se conserva a lo largo de todo el sector fluvial y en áreas ribereñas del cauce. Puntos: 5	El corredor ribereño se conserva a lo largo de todo el sector fluvial y en áreas ribereñas del cauce. Puntos: -5	
El corredor ribereño se conserva a lo largo de todo el sector fluvial y en áreas ribereñas del cauce. Puntos: -3	El corredor ribereño se conserva a lo largo de todo el sector fluvial y en áreas ribereñas del cauce. Puntos: -1	
<b>Amplitud del corredor</b>		
El corredor ribereño conserva toda su anchura potencial, de manera que cumple perfectamente su función de amortiguación y regulación. Puntos: 5	El corredor ribereño conserva toda su anchura potencial, de manera que cumple perfectamente su función de amortiguación y regulación. Puntos: -5	
El corredor ribereño conserva toda su anchura potencial, de manera que cumple perfectamente su función de amortiguación y regulación. Puntos: -3	El corredor ribereño conserva toda su anchura potencial, de manera que cumple perfectamente su función de amortiguación y regulación. Puntos: -1	
<b>Estructura y naturalidad</b>		
El corredor ribereño se conserva en su estructura natural, propia de estas áreas, la naturalidad de las especies y la diversidad y variedad de usos, no existiendo ningún elemento antropico que altere o perjudique las condiciones naturales y ambientales que conforman el corredor. Puntos: 5	El corredor ribereño se conserva en su estructura natural, propia de estas áreas, la naturalidad de las especies y la diversidad y variedad de usos, no existiendo ningún elemento antropico que altere o perjudique las condiciones naturales y ambientales que conforman el corredor. Puntos: -5	
El corredor ribereño se conserva en su estructura natural, propia de estas áreas, la naturalidad de las especies y la diversidad y variedad de usos, no existiendo ningún elemento antropico que altere o perjudique las condiciones naturales y ambientales que conforman el corredor. Puntos: -3	El corredor ribereño se conserva en su estructura natural, propia de estas áreas, la naturalidad de las especies y la diversidad y variedad de usos, no existiendo ningún elemento antropico que altere o perjudique las condiciones naturales y ambientales que conforman el corredor. Puntos: -1	
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS</b>		
<p><b>Propuesta de valoración final:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de 18 a 20 puntos calidad hidrogeomorfológica muy buena</li> <li>de 15 a 17 puntos calidad hidrogeomorfológica buena</li> <li>de 12 a 14 puntos calidad hidrogeomorfológica moderada</li> <li>de 9 a 11 puntos calidad hidrogeomorfológica deficiente</li> <li>de 6 a 8 puntos calidad hidrogeomorfológica muy mala</li> </ul> <p><b>Propuesta de valoración por sectores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de 18 a 20 puntos muy buena</li> <li>de 15 a 17 puntos buena</li> <li>de 12 a 14 puntos moderada</li> <li>de 9 a 11 puntos deficiente</li> <li>de 6 a 8 puntos muy mala</li> </ul> <p><b>Calidad del cauce:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de 10 a 12 puntos muy buena</li> <li>de 8 a 9 puntos buena</li> <li>de 6 a 7 puntos moderada</li> <li>de 4 a 5 puntos deficiente</li> <li>de 2 a 3 puntos muy mala</li> </ul> <p><b>Calidad de las riberas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de 10 a 12 puntos muy buena</li> <li>de 8 a 9 puntos buena</li> <li>de 6 a 7 puntos moderada</li> <li>de 4 a 5 puntos deficiente</li> <li>de 2 a 3 puntos muy mala</li> </ul>		
<b>VALORACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA</b>		

Figura 2. Ficha de la versión IHG-E.

### 3.2. Aplicaciones del índice IHG

Hasta ahora se han realizado 60 aplicaciones del índice IHG (tabla 1 y figuras 3 y 4) desde 2007. Se ha aplicado en 11 países y en todo tipo de cursos fluviales de latitudes medias y bajas. Su empleo ha sido creciente, tanto en aplicaciones para las administraciones competentes en materia fluvial en España (v. tabla 1: aplicaciones 3, 4, 8, 10, 11, 23, 35, 37, 46, 52, 58, 59) como desde el ámbito académico y científico en Iberoamérica (aplicaciones 5, 13, 19, 21, 24, 25, 26, 27, 31, 33, 36, 39, 40, 41, 48, 49, 55) y en España (aplicaciones 1, 2, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 28, 29, 30, 32, 34, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 60), especialmente desde la Geografía, la Ecología y la Ingeniería Ambiental y en algún caso desde la Geología. También se propuso un índice similar adaptado desde el IHG en Rumania (aplicación 20). El equilibrio entre trabajos académicos y aplicaciones técnicas demandadas por la administración, así como la alternancia en el tiempo de ambas tipologías, han realimentado la empleabilidad del índice y su difusión.

Tabla 1. Aplicaciones del índice IHG

	<i>Río, Cuenca o Área</i>	<i>Formato y objetivos</i>	<i>Modalidad</i>	<i>Referencia</i>
1	Aragón (Huesca)	Trabajo académico. Aplicación del índice y propuestas de restauración.	IHG	Granado (2007)
2	Zadorra (Álava)	Trabajo académico. Aplicación y comprobación del índice.	IHG	Díaz Bea e Ibisate (2007)
3	Bullaque (Ciudad Real)	Trabajo técnico. Caracterización y evaluación geomorfológica.	IHG	Acín et al. (2009)
4	Arga y Aragón (Navarra)	Informe técnico y artículos. Aplicación del índice.	IHG	Díaz Bea e Ibisate (2009), Díaz Bea et al. (2009)
5	Sauce Grande (Argentina)	Tesis doctoral. Aplicación del índice.	IHG	Gil (2009)
6	Frasno o Caríñena (Zaragoza)	Trabajo académico. Caracterización hidromorfológica y análisis del riesgo de inundación.	IHG	Gimeno (2009)
7	Ebro y Gállego (Zaragoza)	Trabajo académico. Aplicación del índice en el entorno de Zaragoza.	IHG	Gonzalo (2009)
8	Comarca de Sobrarbe (Huesca)	Trabajo técnico. Caracterización, valoración y propuesta de medidas de restauración fluvial.	IHG	Acín et al. (2010, 2011)
9	Pas, Pisuéña y Magdalena (Cantabria)	Artículo. Aplicación y caracterización con el índice.	IHG	Álvarez-Cabría et al. (2010)
10	Gállego y Matarraña (Aragón)	Artículo basado en informe técnico. Aplicación del índice.	IHG	Ballarín et al. (2010)
11	Cuenca del Ebro (España)	Informe técnico. Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG.	IHG	Durán et al. (2010), Mora et al. (2011, 2012)
12	Vero (Huesca)	Trabajo académico. Caracterización y diagnóstico.	IHG	Bravo (2011)
13	Maipó (Chile)	Informe técnico. Adaptación del IHG y aplicación	IHG	Peredo (dir., 2012)
14	Cuenca del Segura (España)	Aplicación en masas de agua integrada con otros índices ecológicos	IHG	García Bautista (2013)

15	Gállego (Zaragoza)	Trabajo académico. Aplicación en el curso bajo del Gállego	IHG	Lasala (2013)
16	Aragón y afluentes (Huesca)	Trabajo académico. Diagnóstico y gestión de los cursos fluviales de Villanúa.	IHG	Maestro (2013)
17	Galicia	Tesis doctoral. Caracterización, clasificación y restauración.	IHG	Horacio (2014)
18	Flumen (Aragón)	Trabajo académico. Caracterización y evaluación.	IHG	Subías (2014)
19	Córrego Grande (Brasil)	Trabajo académico. Aplicación del índice y valoración.	IHG	Souza (2014)
20	Rumania	Trabajo académico en el que se utiliza el IHG y se adapta a un nuevo índice	IHG	Tecuci y Moldoveanu (2014)
21	Utcubamba (Perú)	Tesis de título de Ingeniero Ambiental (2015) y artículo (2017). Aplicación del índice y valoración.	IHG	Barboza y Ramírez (2015), Barboza et al. (2017)
22	Odra (Burgos)	Trabajo académico y artículo. Aplicación del índice y valoración económica y ambiental.	IHG	Fernández Orgaz y Robledo (2015), Fernández Orgaz et al. (2015)
23	Cuencas del Oiartzun, Oria y Urumea (Gipuzkoa)	Informe técnico y artículos. Aplicación en 291 tramos entre 2013 y 2017	IHG	Ibisate et al. (2015, 2016), Ollero et al. (2019)
24	Chire, Aripoto, caños Caribe, Oso o Aricapoto y Aceites (Colombia)	Trabajo aplicado. Modificación y adaptación del índice.	IHG	Osorio et al. (eds., 2015)
25	Casanare (Colombia)	Trabajo aplicado. Modificación y adaptación del índice.	IHG	Osorio et al. (2015)
26	Andalién (Chile)	Artículo. Aplicación del índice.	IHG	Parra et al. (2015)
27	San Bernardo (Argentina)	Artículo. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Volonté et al. (2015)
28	Varios ríos de la provincia de León (España)	Trabajo académico. Seguimiento de proyectos de restauración fluvial	IHG	Martínez Morlanes (2016)
29	Seco (Teruel)	Trabajo académico. Aplicación y valoración del índice.	IHG-E	Noguera (2016)
30	Sar (A Coruña)	Trabajo académico. Aplicación a tramo urbano.	IHG	Piñeiro (2016)
31	Córrego Grande (Brasil)	Artículo. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Souza y Pompeo (2016)
32	Ésera (Huesca)	Trabajo académico. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Tobajas (2016)
33	Olhos D'Água (Brasil)	Artículo. Aplicación del índice.	IHG	Barroso et al. (2017)
34	Varios (Aragón)	Trabajo académico. Aplicación del índice en cursos de gravas.	IHG-E	Peño (2017)
35	Demarcación del Júcar (España)	Informe técnico. Aplicación y desarrollo del índice para ríos efímeros. 85 casos.	IHG-E	Ballarín y Mora (2018)
36	San Antonio (Perú)	Artículo. Aplicación del índice.	IHG	Barboza et al. (2018)
37	Arga (Navarra)	Informe técnico. Aplicación del índice.	IHG	Horacio et al. (2018b)
38	Gállego, tramo bajo (Zaragoza)	Tesis doctoral. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Marqués (2018)
39	Likus (Nicaragua)	Artículo. Aplicación del índice.	IHG	Mondragón (2018)
40	Medina (Argentina)	Trabajo académico. Aplicación para evaluar el riesgo geoambiental.	IHG	Orellana (2018)



41	Atuén, Timbambo, Pomacochas, Cabildo, Ventilla y San Antonio (Perú)	Tesis doctoral. Aplicación y valoración del índice.	IHG	N.B. Rojas (2018), N.B. Rojas et al. (2020)
42	Arga (Navarra)	Trabajo académico en propuesta de restauración en tramo urbano.	IHG	Ruiz Chacón (2018)
43	Isuela (Huesca)	Trabajo académico. Propuesta de rehabilitación fluvial en ámbito urbano	IHG	Sánchez Giménez (2018)
44	Inglares (Álava)	Trabajo académico. Proyecto de investigación	IHG	Solaun et al. (2018)
45	Mijares (Teruel)	Trabajo académico. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Valverde (2018), Valverde et al. (2018)
46	Cuencas del Eo y del Miño (España y Portugal)	Informe técnico y artículo. Aplicación del índice.	IHG	Marquín et al. (2019)
47	Taibilla (Castilla la Mancha)	Artículo. Aplicación del índice.	IHG	Martí y Nova (2019)
48	San Lorenzo (Colombia)	Trabajo académico. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Osorio (2019)
49	Estero del Marga-Marga (Chile)	Artículo. Aplicación del índice.	IHG	Richardson et al. (2019)
50	Alpartir, Reajo, San Gregorio, Valcodo, Cariñena, Seco y Sosa (cuenca del Ebro)	Trabajo académico. Aplicación en el contexto del proyecto CCAMICEM	IHG-E	Sanmartín (2019)
51	Ésera (Huesca)	Trabajo académico. Aplicación y valoración del índice.	IHG	Valverde (2019)
52	Alhama (Navarra)	Informe técnico. Aplicación del índice	IHG	Ibáñez y Sáenz de Olazagoitia (2020)
53	Vero (Huesca)	Trabajo académico. Aplicación del índice.	IHG	López García (2020)
54	Región de Murcia	Trabajo académico. Aplicación en el contexto del proyecto CCAMICEM	IHG-E	Prados (2020)
55	Bellavista, Andalién, Carampangue (Chile)	Artículo. Efectos hidrogeomorfológicos de la gestión de inundaciones.	IHG	O. Rojas et al. (2020)
56	Guadalquivir (Andalucía)	Artículo. Aplicación del IHG y del MQI.	IHG	García Martínez et al. (2021)
57	Cuenca del Ebro, Murcia y Calabria (Italia)	Aplicación en el proyecto CCAMICEM	IHG-E	Ollero et al. (2021)
58	Cuenca del Urola (Gipuzkoa)	Trabajo técnico. Condiciones de referencia para restauración morfológica	IHG	Ibáñez et al. (2021a)
59	Cuencas internas de Catalunya	Trabajo técnico. Efectos de la eliminación de estructuras transversales.	IHG	Ibáñez et al. (2021b)
60	Ara y Subordán (Huesca) Aranda, ramblas de Ricla y Cariñena (Zaragoza)	Tesis doctoral en realización. Aplicaciones y evaluación del índice.	IHG IHG-E	Ballarín (2021)

Fuente: Elaboración propia. Las aplicaciones se han ordenado (número de la primera columna) por la fecha de su primera publicación o de la entrega en caso de informes técnicos. Dentro de un mismo año se han ordenado alfabéticamente por su referencia (autoría).

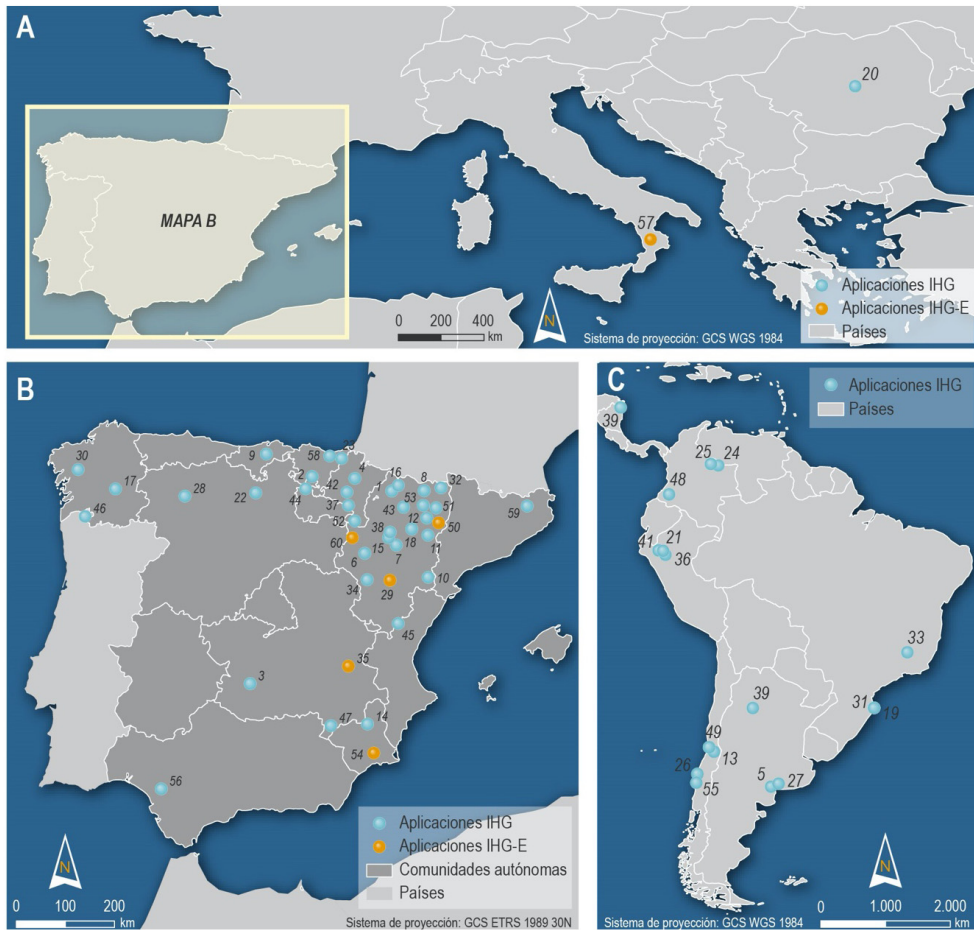


Figura 3. Mapa de localización de las 60 aplicaciones del IHG. A) Europa, B) Península Ibérica, C) América. Para las aplicaciones que se han desarrollado en diferentes ríos se ha marcado un solo punto, identificándose por tanto solo uno de los casos.

Fuente: Elaboración propia.

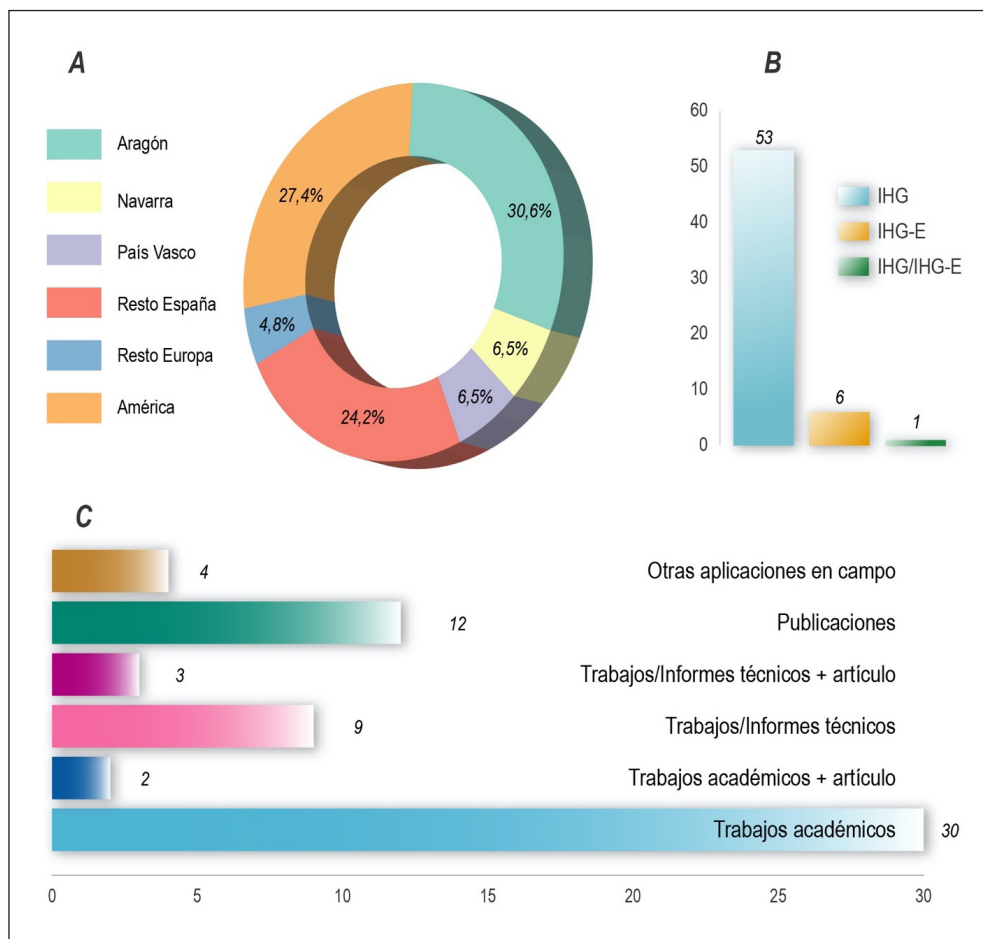


Figura 4. Distribución de las aplicaciones por ámbito de trabajo y modalidad del índice.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Discusión y conclusiones

La evaluación hidromorfológica se oficializó en la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, pero la situación fluvial, especialmente en los países mediterráneos, ha confirmado la necesidad de que vaya mucho más allá que las consideraciones simples de los indicadores hidromorfológicos sencillos y no bien estructurados que estableció dicha Directiva (Ollero *et al.*, 2020). Por ello, con el tiempo se ha ido demandando, desde diferentes ámbitos cien-

tíficos y técnicos, la necesidad de que los indicadores hidromorfológicos adquirieran una mayor importancia y una mejor resolución (Horacio *et al.*, 2018a). El índice IHG surgió y se ha ido desarrollando y aplicando en este contexto y bajo esta preocupación.

Paralelamente, el empleo de condiciones de referencia para el diagnóstico se ha puesto en entredicho (Dufour y Piégay, 2009; Klösch y Habersack, 2017). El IHG las evita para centrarse en las dimensiones e intensidad de los impactos sufridos por el curso fluvial. Este nuevo diagnóstico hidromorfológico se ha mostrado muy útil y ha puesto en evidencia que, en muchos casos, el estado hidromorfológico era peor que el físico-químico y el biológico (Matute, 2014) y, por tanto, tendría que haber sido más relevante en la evaluación (Ballarín y Rodríguez, 2013). El problema de que la condición hidromorfológica está subordinada a la desviación biológica, de acuerdo con la Directiva, es ya constatado por los organismos de gestión (MITERD, 2019), que buscan una modificación de la Directiva, hasta ahora con escaso éxito, pues solo se demanda desde España e Italia y no hay respuesta en el resto de países. Pero es cada vez más evidente que la evaluación biológica no informa ni alerta sobre las condiciones previas y básicas, hidromorfológicas, que son necesarias para el establecimiento dinámico del ecosistema y su mantenimiento sostenible y resiliente (Klösch y Habersack, 2017). Además, la evaluación biológica puede dar resultados engañosos temporalmente como consecuencia de procesos de dinámica hidromorfológica, mientras que la evaluación hidromorfológica sí atiende a esos procesos y los enmarca en el contexto de equilibrio dinámico (Horacio *et al.*, 2018a, García *et al.*, 2021).

Por otro lado, en general en el diagnóstico hidromorfológico dominan los indicadores de respuesta –síntomas en las características del río– frente a los de presión –causas, acciones y trayectorias– (Fryirs, 2015). Una ventaja clara del índice IHG es que integra los dos tipos de indicadores. Esto lo ha hecho útil para el diseño y verificación de otros índices, en especial para el MQI (Rinaldi *et al.*, 2013) y para la propuesta HRPI (Ioana-Toroimac *et al.*, 2017), que tienen como objetivo, como el IHG, que también la restauración fluvial se fundamente en criterios hidrogeomorfológicos. Esto implica posibilidades de colaboración, ya iniciadas, con estos sistemas de evaluación próximos que se están implementando en Italia y Rumanía. Igualmente enriquecedoras resultan las numerosas aplicaciones del IHG en Iberoamérica, que han demostrado la buena empleabilidad del índice a ámbitos fluviales muy diferentes. También allí se han propuesto protocolos hidrogeomorfológicos que incluyen la aplicación del IHG, de forma directa o adaptada, tanto en Colombia (Ramírez, 2015) como en Costa Rica (Enríquez, 2018). Belletti *et al.* (2015) ya valoraron muy positivamente el IHG por su aplicabilidad, de forma universal, a cualquier tipo de curso fluvial.

En España el IHG es una de las bases metodológicas principales del Protocolo del Ministerio (MITERD, 2019) que se está implementando en las demarcaciones hidrográficas. Esto conllevó un intenso trabajo de colaboración y adaptación entre varios índices y sistemas de caracterización y valoración de masas de agua.

El IHG permite una evaluación hidromorfológica al uso, tal como la establece la Directiva 2000/60/CE, pero se ha mostrado especialmente útil para la identificación y valoración de los impactos en el espacio fluvial. Esto implica a su vez que es un índice eficaz para definir propuestas de restauración y para evaluar la eficacia de las mismas mediante una aplicación progresiva del índice a lo largo del seguimiento de los proyectos, identificando en qué aspectos va mejorando el río analizado (Ibisate *et al.*, 2021b). Se prevé un incremento en la demanda de aplicaciones en estos estudios de seguimiento en los próximos años. El Natural Character Index (NCI) de Fuller *et al.* (2020), en el que han colaborado autores del IHG, sigue también esta línea de evaluación de la restauración.

Una vez analizadas todas las aplicaciones y a partir de la reflexión interna realizada como responsables del IHG y de muchas de dichas aplicaciones, pueden destacarse sus aspectos de mayor interés y algunos aspectos a mejorar.

Entre los principales valores del índice destacan: i) su rapidez y sencillez en la aplicación, aunque requiere conocimientos geomorfológicos y experiencia; ii) que proporciona una visión completa y sintética del estado del río y de las presiones e impactos, así como de los elementos sobre los que actuar para mejorarlo; iii) que permite valorar el estado tras actuaciones de restauración; iv) que es aplicable también a situaciones del pasado, permitiendo comprobar trayectorias; v) que en ríos medianos y grandes con buena calidad de imágenes aéreas es aplicable incluso si no es posible realizar trabajo de campo, alcanzándose resultados aceptables; vi) que, a diferencia de otros índices, este es estrictamente hidrogeomorfológico y no requiere una elevada inversión económica para su aplicación; vii) el hecho de que sea un índice en español y con un manual explicativo libre ha favorecido su empleo en Iberoamérica.

Entre los aspectos a mejorar señalamos: i) que el índice siempre valora de forma positiva la llegada de sedimentos al tramo, pero debería estudiarse una valoración negativa cuando estos llegan en exceso por prácticas antrópicas como talas de plantaciones forestales o actividad minera; ii) que requiere un conocimiento previo de geomorfología fluvial, por lo que sería recomendable profundizar en recursos explicativos y promover cursos técnicos de aplicación; iii) que no está digitalizado ni se ha creado una aplicación informática para diferentes soportes, lo cual podría ayudar a su expansión geográfica y a una aplicabilidad más sencilla; iv) que el soporte digital debe ser una prioridad para la mejora del índice, y además permitirá la creación de una base de datos recogiendo todos los casos en que se aplique, así como incluir ayudas para homogeneizar los criterios en la valoración; v) que es preciso publicar la modalidad IHG-E para curso efímeros y trabajar en nuevas versiones, especialmente una simplificada (IHG-S) que nos ha sido demandada en varias ocasiones.

A partir de las 60 aplicaciones del índice analizadas puede concluirse también: i) que la mayoría de los cursos fluviales están sometidos a importantes impactos hidro-

morfológicos, ii) que estos son, en muchos casos, más intensos y negativos que los que marcan otros indicadores (físico-químicos y biológicos), y que, por tanto, iii) la hidrogeomorfología es un conjunto de procesos clave y un valor que debe ser estudiado y evaluado de forma prioritaria (García *et al.*, 2021).

En conclusión, el IHG se ha aplicado en numerosos trabajos técnicos y académicos, principalmente en España e Iberoamérica, y ha sido una herramienta útil para alertar sobre los impactos hidromorfológicos que deterioran el estado ecológico de muchos cursos fluviales y para comprobar los efectos del cambio global en los cauces. Es un índice versátil y aplicable a cualquier tipo de curso fluvial, a situaciones actuales y reales y también a situaciones pasadas y a simulaciones de situaciones previstas. En el futuro se prevé una mayor empleabilidad, especialmente para la identificación de problemas en el funcionamiento de los ríos y para la evaluación y el seguimiento de procesos de restauración fluvial. La evaluación hidrogeomorfológica es un mecanismo clave para conseguir mejorar y recuperar los cursos fluviales, y así se debe entender y fomentar desde la administración y desde la sociedad.

## Agradecimientos

Constituye una gran satisfacción para todo el equipo el poder contribuir en este número homenaje a José María Cuadrat Prats, nuestro antiguo profesor, ahora compañero y amigo. Queremos manifestar nuestra admiración por su trabajo, que ha sido y es referencia en la climatología, en la formación universitaria, en la educación ambiental y en el compromiso ante la emergencia climática.

El presente análisis se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CGL 2017-84625-C2-1-R (CCAMICEM), subproyecto *Cambio climático y ajustes morfológicos en cauces efímeros mediterráneos: dinámica y resiliencia geomórfica, y propuestas de actuación*, financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación dentro del Programa Estatal de I+D+I Orientada a los Retos de la Sociedad.

## Bibliografía

- Acín, V., Granado, D. y Ollero, A. (2009). *Caracterización y evaluación geomorfológica del río Bullaque*. Ciudad Real: Universidad de Castilla-La Mancha y Confederación Hidrográfica del Guadiana.
- Acín, V., Granado, D. y Ollero, A. (2010). *Caracterización y valoración geomorfológica de los ríos de la comarca de Sobrarbe*. Boltaña: Geoparque de Sobrarbe.

- Acín, V., Granado, D. y Ollero, A. (2011). Caracterización y valoración geomorfológica de los ríos de la comarca de Sobrarbe (Huesca) y propuesta de medidas de restauración fluvial. *I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial*, 774, MARM, CHD y CIREF, León.
- Álvarez-Cabría, M., Barquín, J., Juanes, J.A. (2010). Spatial and seasonal variability of macroinvertebrate metrics: do macroinvertebrate communities track river health? *Ecological Indicators* 10(2), pp. 370-379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.06.018>
- Ballarín, D. (2021). *Utilización de parámetros geomorfológicos para determinar la calidad de los sistemas fluviales. Aplicación en la cuenca del Ebro*. Tesis doctoral (en realización), Universidad de Zaragoza.
- Ballarín, D., Mora, D. y Ollero, A. (2010). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en las cuencas del Gállego y Matarraña. En Úbeda, X., Vericat, D. y Batalla, R.J. (eds) *Avances de la Geomorfología en España, 2008-2010. XI Reunión Nacional de Geomorfología*, pp. 193-197, Solsona.
- Ballarín, D. y Mora, D. (2018). *Evaluación del estado hidrogeomorfológico en los ríos efímeros de la CHJ*. Valencia: Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Ballarín, D. y Rodríguez, I. (2013). *Hidromorfología fluvial: algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero*. Valladolid: Confederación Hidrográfica del Duero.
- Barboza, E. y Ramírez, A.E. (2015). *Evaluación de la calidad hidrogeomorfológica del río Utcubamba, departamento de Amazonas, Perú*. Tesis de título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.
- Barboza, E., Corroto, F., Salas, R., Gamarra, O., Ballarín, D. y Ollero, A. (2017). Hidrogeomorfología en áreas tropicales: aplicación del índice hidrogeomorfológico (IHG) en el río Utcubamba (Perú). *Ecología Aplicada* 16(1), pp. 39-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.364>.
- Barboza, E., Salas, R., Mendoza, M., Oliva, M. y Corroto, F. (2018). Uso actual del suelo y calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio: alternativas para la restauración fluvial en el Norte de Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas* 20(2), pp. 203-214. DOI: <http://dx.doi.org/>
- Barroso, G.R., Oliveira J.C., Sales, B.M., Souza, G.A. (2017). Restauração de cursos d'água urbanos: estudo de caso do córrego Olhos d'Água em Belo Horizonte – Minas Gerais. Congresso ABES Fenasan.
- Belletti, B., Rinaldi, M., Buijse, A.D., Gurnell, A.M., Mosselman, E. (2015). A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environmental Earth Sciences* 73(5), pp. 2079-2100. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3558-1>
- Bravo, B. (2011). *Caracterización y diagnóstico hidrogeomorfológico de la cuenca del río Vero*. Trabajo fin de carrera en Geografía, Universidad de Zaragoza.
- Brierley, G.J., Fryirs, K.A. (2005). *Geomorphology and river management. Applications of the River Styles Framework*. Oxford: Blackwell.
- Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi, J.R., Souchon, Y., Pella, H., Wasson, J.G. (2008). *Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau. Principes et méthodes*. Lyon : CEMAGREF.

- Daniel, R.C. (2018). *Análisis de riesgo geoambiental de la cuenca media e inferior del río Chorumoro*. Tesis máster en Ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica Nacional, Tucumán.
- Díaz Bea, E. e Ibisate, A. (2007). *Aplicación del IHG al río Zadorra*. Trabajo académico inédito. Universidad del País Vasco UPV-EHU.
- Díaz Bea, E. e Ibisate, A. (2009). Evaluación hidrogeomorfológica (IHG). In Jaso, C. y Ollero, A. (coords): *Efectos de las minicentrales hidroeléctricas en los sistemas fluviales de los ríos Aragón y Arga (tramos medio y bajo): diagnóstico, tendencias y propuestas de gestión*. Pamplona: Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra.
- Díaz Bea, E., Ibisate, A., Domenech, S., Espejo, F., Ollero, A. y Sánchez Fabre, M. (2009). Aplicación del índice IHG a la evaluación de los efectos hidrogeomorfológicos de las minicentrales hidroeléctricas en Navarra. *I Jornadas del Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón*, 158, Zaragoza.
- Dufour, S., Piégay, H. (2009). From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits. *River Research and Applications* 25, pp. 568-581. DOI: <https://doi.org/10.1002/rra.1239>
- Durán, C., Navarro, P., Pardos, M., Ballarín, D., Mora, D., Montorio, R. y Ollero, A. (2010). *Aplicación del Índice Hidrogeomorfológico IHG a la cuenca del Ebro*. Zaragoza: Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Enríquez, E.R. (2018). *Evaluación integral del estado ecológico de los ecosistemas fluviales en la zona intertropical americana*. Tesis máster en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, CATIE, Costa Rica.
- Fernández Orgaz, D. y Robledo, M. (2015) *Análisis coste-eficacia de la implantación del Territorio Fluvial en el río Odra (Burgos)*. Proyecto fin de máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, Universidad de Zaragoza.
- Fernández Orgaz, D., Robledo, M., Bielsa, J. y Ollero, A. (2015). Análisis coste-eficacia para una propuesta de implantación del territorio fluvial en el río Odra (Burgos). *Actas del II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial Restaurarios 2015*, pp. 96-103, Pamplona.
- Fryirs, K.A. (2015). Developing and using geomorphic condition assessments for river rehabilitation planning, implementation and monitoring. *WIREs Water* 2, pp. 649-667. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1100>
- Fuller, I., Death, R., García, J.H., Trenc, N., Pratt, R., Pitiot, C., Matoš, B., Ollero, A., Neverman, A., Death, A. (2020). An index to assess the extent and success of river and floodplain restoration: recognising dynamic response trajectories and applying a process-based approach to managing river recovery. *River Research and Applications*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/rra.3672>.
- García, J.H., Ollero, A., Ibisate, A., Fuller, I.C., Death, R.G., Piégay, H. (2021). Promoting fluvial geomorphology to “live with rivers” in the Anthropocene era. *Geomorphology* (in press), DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107649>
- García Bautista, A. (2013) *El estado ecológico de los ríos de la Cuenca del Segura y los servicios de los ecosistemas. ¿Qué significa el buen estado de los ríos para la sociedad?* Proyecto fin de Máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, Universidad de Zaragoza.



- García Martínez, B., Guerrero, I., Rinaldi, M. y Baena, R. (2021). Análisis de indicadores hidrogeomorfológicos de los métodos MQI-HMQI e IHG en el medio-bajo Guadalquivir. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València* (en revisión).
- Gil, V. (2009). *Hidrogeomorfología de la Cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas*. Tesis Doctoral en Geografía, Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Gimeno, M. (2009). *El río Frasnó: caracterización hidromorfológica y análisis del riesgo de inundación*. Trabajo fin de carrera en Geografía, Universidad de Zaragoza.
- Gonzalo, L.E. (2009). *Dinámica fluvial y calidad hidrogeomorfológica de los ríos Ebro y Gállego en el entorno de Zaragoza*. Trabajo fin de carrera en Geografía, Universidad de Zaragoza.
- Granado, D. (2007). *Valoración hidromorfológica del río Aragón en la Canal de Berdún (Huesca): aplicación del índice IHG y propuestas de restauración*. Trabajo de investigación de doctorado (DEA), Universidad de Zaragoza.
- Horacio, J. (2014). *Geomorfología fluvial en sistemas atlánticos: metodología de caracterización, clasificación y restauración para los ríos de Galicia*. Tese de Doutoramento, Universidade de Santiago de Compostela.
- Horacio, J., Ollero, A., Ballarín, D. e Ibisate, A. (2018a). Herramientas para el diagnóstico del ecosistema fluvial. En Díez, J. e Ibisate, A. (Eds.) *Retos y experiencias de restauración fluvial en el ámbito de la red Natura 2000*, pp. 22-44. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Horacio, J., Ruiz Chacón, M., Duarte, P., Noguera, I. y Ollero, A. (2018b). *Propuesta de trabajo para la restauración fluvial del río Arga en el ámbito urbano de Iruña-Pamplona*. Informe técnico. Ayuntamiento de Pamplona.
- Ibisate, A., Acín, V., Granado, D., Ballarín, D., Sáenz de Olazagoitia, A., Ollero, A., Horacio, J., Herrero, X., Mora, D., Elso, J. y Rey, K. (2015). Determinación de condiciones de referencia para la restauración de la morfología fluvial en ríos de Gipuzkoa. *Actas del II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial Restauraríos 2015*, pp. 245-253, Pamplona.
- Ibisate, A., Ollero, A., Sáenz de Olazagoitia, A., Acín, V., Granado, D., Ballarín, D., Herrero, X., Horacio, J. y Mora, D. (2016). Condiciones de referencia para la restauración de la geomorfología fluvial de los ríos de las cuencas de Oiartzun y Oria (Gipuzkoa). *Cuaternario y Geomorfología* 30(1-2), pp. 49-60. DOI: <https://doi.org/10.17735/cyg.v30i1-2.43995>
- Ibisate, A. y Sáenz de Olazagoitia, A. (2020). *Diagnóstico del estado hidromorfológico de los tramos navarros del río Albama*. Informe técnico. Pamplona: Gestión Ambiental de Navarra, S.A. y NILSA.
- Ibisate, A., Sáenz de Olazagoitia, A., Herrero, X., Ortiz, J., Acín, V., Granado, D. y Ollero, A. (2021a). *Determinación de las condiciones de referencia para la restauración de la morfología fluvial en la cuenca del río Urola*. Diputación Foral de Gipuzkoa (trabajo en desarrollo).
- Ibisate, A., Ballarín, D., Mora, D., Ferrer-Boix, C. y Ollero, A. (2021b). *Assistència tècnica per l'avaluació de l'eficàcia de les actuacions de millora de la connectivitat. Secció B. Avaluació hidrogeomorfològica dels efectes de l'eliminació d'estructures transversals*. Agència Catalana de l'Aigua (trabajo en desarrollo).

- Ioana-Toroimac, G., Zaharia, L., Minea, G., Moro anu, G.A. (2017). Using a multi-criteria analysis to identify rivers with hydromorphological restoration priority: braided rivers in the South-Eastern Subcarpathians (Romania). *Science of the Total Environment* 599-600, pp. 700-709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.209>
- Klößch, M., Habersack, H. (2017). The Hydromorphological Evaluation Tool (HYMET). *Geomorphology* 291, pp. 143-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.06.005>
- Lasala, J. (2013). *Análisis de la evolución de los usos del suelo y seguimiento de la dinámica de indicadores hidromorfológicos del cauce del Bajo Gállego*. Trabajo fin de Máster en Ordenación Territorial y Medioambiental, Universidad de Zaragoza.
- López García, D. (2020). *Análisis hidrogeomorfológico de la cuenca del río Vero: propuesta de una Reserva Natural Fluvial*. Trabajo fin de Máster en Ordenación Territorial y Medioambiental, Universidad de Zaragoza.
- Maestro, E. (2013). *Diagnóstico y gestión de los cursos fluviales de Villanúa*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Marqués, L.A. (2018). *Alteraciones hidrogeomorfológicas en el Bajo Gállego a partir del registro instrumental*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Marquín, J., Valderrábano, J., García Manteca, P., Fernández García, M., Sanna, M., Fernández Iglesias, E., Fernández Prieto, J.A., Ferreira, J., Rodríguez González, P.M., Arsénio, P. y Ramil, P. (2019). Diagnósis de los corredores fluviales del NW Península Ibérica (LIFE Fluvial): hidrogeomorfología y vegetación. *III Congreso Ibérico de Restauración Fluvial RestauraRíos*, pp. 472-480, Murcia.
- Martí, J. y Nova, R. (2019). Aplicación del Índice Hidrogeomorfológico (IHG) en la cuenca del Segura: embalse de la Fuensanta-Llano de la Vida (Desembocadura del río Taibilla). *Geographos* 10(120), 238-268. DOI: <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2019.10.120>
- Martínez Morlanes, M.P. (2016). *Seguimiento de proyectos de restauración fluvial*. Trabajo fin de Máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, Universidad de Zaragoza.
- Matute, R.P. (2014). *Propuesta de un índice ICHB para la valoración del estado ecológico de las masas de agua superficiales de la cuenca del Ebro*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- MITERD (2019). *Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos*. Madrid: Dirección General del Agua, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Mondragón, O. (2018). Ecohidrología para mejorar el gerenciamento de agua potable y la resiliencia de ecosistemas ante el cambio climático. Caso de estudio del Río Likus, Región Atlántica Norte de Nicaragua. *Revista Científica Agua y Conocimiento* 3(1), pp. 53-64.
- Mora, D., Ballarín, D., Montorio, R., Zúñiga, M., Ollero, A., Durán, C. y Navarro, P. (2012). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en el territorio aragonés de la cuenca del Ebro. *Naturaleza Aragonesa* 28, pp. 35-42. DOI: <http://dx.doi.org/>
- Mora, D., Ballarín, D., Montorio, R., Zúñiga, M. y Ollero, A. (2011). Aplicación del índice IHG en la cuenca del Ebro: evaluación de resultados. *I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial*, pp. 324-330, MARM, CHD y CIREF, León.

- Noguera, I. (2016). *Geomorfología, geodiversidad y riesgos en el río Seco (cuenca del río Martín, Teruel)*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Ollero, A., Acín, V., Ballarín, D., Díaz, E., Echeverría, M.T., Granado, D., Ibisate, A., Mora, D., Sánchez Fabre, M., Sánchez Gil, L. y Sánchez Gil, N. (2006). IHG: un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *XIII Congreso de la Asociación Española de Limnología*, 51, Barcelona.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz, E., Mora, D., Sánchez Fabre, M., Acín, V., Echeverría, M. T., Granado, D., Ibisate, A., Sánchez, L. y Sánchez, N. (2007). Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographica* 52, pp. 113-141. DOI: [https://doi.org/10.26754/ojs\\_geoph/geoph.2007521109](https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2007521109)
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz Bea, E., Mora, D., Sánchez Fabre, M., Acín, V., Echeverría, M.T., Granado, D., Ibisate, A., Sánchez Gil, L. y Sánchez Gil, N. (2008). IHG: un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica* 27(1), pp. 171-188.
- Ollero, A., Ballarín, D. y Mora, D. (2009). *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- Ollero, A., Gonzalo, L.E., Ibisate, A., Ballarín, D., Díaz, E.; Horacio, J.; Mora, D. y Sánchez Fabre, M. (2010). Una metodología de evaluación hidrogeomorfológica de sistemas fluviales: el índice IHG. En Úbeda, X., Vericat, D. y Batalla, R.J. (Eds.) *Avances de la Geomorfología en España, 2008-2010. XI Reunión Nacional de Geomorfología*, pp. 259-262, Solsona.
- Ollero, A., Ibisate, A., Gonzalo, L. E., Acín, V., Ballarín, D., Díaz, E., Domenech, S., Gimeno, M., Granado, D., Horacio, J., Mora, D. y Sánchez Fabre, M. (2011). The IHG index for hydro-morphological quality assessment of rivers and streams: updated version. *Limnética* 30(2), pp. 255-262. DOI: <http://dx.doi.org/10.23818/limn.30.19>
- Ollero, A., Ibisate, A., Ballarín, D., Horacio, J., Mora, D. y Sáenz de Olazagoitia, A. (2019). Aplicación de índices para la valoración de la hidromorfología fluvial en cuencas guipuzcoanas. In Álvarez Vázquez, M.A. y De Uña, E. (Ed.) *Perspectivas del agua. Investigación, gestión y valores del agua en el mundo actual*, pp. 111-116, Madrid: Dykinson.
- Ollero, A., García, J.H., Ibisate, A., Ballarín, D., Sáenz de Olazagoitia, A. y Sánchez Fabre, M. (2020). La Geografía Física en la caracterización, evaluación y restauración hidromorfológica fluvial. In: *España, puente entre continentes*, pp. 167-178, Aportación Española al 34 Congreso de la Unión Geográfica Internacional, Estambul.
- Ollero, A., Ballarín, D., García, J.H., Ibisate, A., Pirchi, V.N., Prados, R., Sanmartín, S. (2021). Hydro-morphological assessment and restoration potential in ephemeral Mediterranean streams: application of the IHG-E index in the Ebro basin, Murcia (Spain) and Calabria (Italy). *Journal of Arid Environments* (enviado).
- Orellana, M.E. (2018). *Riesgos geoambientales y sanitarios del sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos del municipio de Aguilares, provincia de Tucumán*. Tesis máster en Ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica Nacional, Tucumán.
- Osorio, C., Lasso, C.A. y Trujillo, F. (Eds, 2015). *Aplicación de criterios bioecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites funcionales en humedales de las sabanas inundables de la Orinoquía*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.

- Osorio, C., Mercado, O.A., Mora, P., Batista, M.F. (2015). *Criterios hidrogeomorfológicos, tipología de aguas y clasificación funcional del complejo de humedales de Paz de Ariporo - Hato Corozal, Casanare*. Instituto Humboldt – Fundación Omacha, Bogotá.
- Osorio, V. (2019). *Integralidad hidrogeomorfológica de un río de montaña, San Lorenzo, Carmen de Viboral–Antioquia (Colombia)*. Trabajo fin de Grado en Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín.
- Parra, J.C., Espinosa, P., Jaque, E. y Ollero, A. (2015). Caracterización y evaluación hidrogeomorfológica para la restauración fluvial urbana en la cuenca del Andalien (región Biobío, Chile). *Actas del II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial Restauraríos 2015*, pp. 692-696, Pamplona.
- Peño, G. (2017). *Propuesta y aplicación de un protocolo geomorfológico de caracterización y diagnóstico en cauces de gravas*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Peredo, M. (Dir., 2012). *Informe final. Adaptación regional de un índice de estado para zonas riparianas y su aplicación en la cuenca del Maipo*. Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente, Región Metropolitana de Santiago.
- Piñeiro, R. (2016). *La rehabilitación fluvial en el ámbito urbano. Estudio de caso: el río Sar*. Proyecto fin de máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, Universidad de Zaragoza.
- Prados, R. (2020). *Evaluación hidromorfológica de cursos efímeros mediterráneos y propuestas de restauración*. Trabajo fin de máster en Ordenación Territorial y Medioambiental, Universidad de Zaragoza.
- Ramírez, J.L. (2015). *Propuesta metodológica para la valoración ambiental de corrientes hídricas desde la perspectiva de la restauración fluvial. Caso de estudio Quebrada Olivares-Minitas Manizales (Caldas)*. Trabajo fin de máster en Medio Ambiente y Desarrollo. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Raven P.J., Holmes N.T., Dawson F.H., Fox P.J., Everard M., Fozzard I.R., Rouen K.J. (1998). *River Habitat Survey: the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man*. Bristol: Environment Agency.
- Richardson, R., Tapia, M. y Landeros, F. (2019). Cartografía de riesgo de inundación, por modelo de IHG. Estero Marga (Marga, Viña del Mar). *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 55, pp. 66-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.23854/07199562.2019551.Richardson66>
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: the Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology* 180, pp. 96-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.009>
- Rojas, N.B. (2018). *Evaluación del estado hidrogeomorfológico para restauración fluvial en las microcuencas ganaderas de Leymebamba y Molinopampa, provincia Chachapoyas, Amazonas*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.
- Rojas, N.B., Barboza, E., Gamarra, O.A., Oliva, M., Leiva, D., Barrena, M.A., Corroto, F., Salas, R., Rascón, J. (2020). Morphometric prioritization, fluvial classification, and hydrogeomorpho-

- logical quality in high Andean livestock micro-watersheds in Northern Peru. *International Journal of Geo-Information* 9, p. 305; DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi9050305>.
- Rojas, O., Latorre, T., Pacheco, F., Araya, M. y López, J.J. (2020). Inundaciones fluviales en cuencas costeras mediterráneas de Chile: recurrencia, factores físicos y efectos hidrogeomorfológicos de su gestión. En Martínez, C., Hidalgo, R., Henríquez, C., Arenas, F., Rangel, N. y Contreras, M. (Eds) *La Zona Costera en Chile: adaptación y planificación para la resiliencia*, pp. 79-13, Santiago de Chile: Geolibros UC.
- Ruiz Chacón, M. (2018). Caracterización hidromorfológica, diagnóstico y actuaciones de restauración en el río Arga a su paso por Pamplona. Trabajo fin de Máster Propio en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, Universidad de Zaragoza.
- Sánchez Giménez, J.R. (2018). *La rehabilitación fluvial en el ámbito urbano. Estudio de caso: el río Isuela*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Sanmartín, S. (2019) *Caracterización y evaluación hidromorfológica de cursos efímeros en la cuenca del Ebro*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Solaun, J.L., Ormaetxea, O., Ibisate, A., Azkarate, A. (2018). *El eje fluvial del río Inglares a su paso por el municipio de Zambrana*. Proyecto Itineraria, Universidad-Sociedad. Universidad del País Vasco UPV-EHU.
- Souza, P.S. de (2014). *Revitalização de cursos d'água em área urbana: perspectivas de restabelecimento da qualidade hidrogeomorfológica do Córrego Grande (Florianópolis/SC)*. Tesis máster en Geografía. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Souza, P.S. de, Pompeo, C.A. (2016). Avaliação hidrogeomorfológica de um curso d'água urbano e as perspectivas de restabelecimento dos padrões de qualidade: estudo de caso do rio Corrego Grande, Florianópolis, Brasil. *Revista Eletronica de Gestao e Tecnologias Ambientais* 4(1), pp. 69-79. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v4i1.15235>
- Subías, N. (2014). *Análisis integrado del río Flumen y sus riesgos de inundación. Estudio de caso: Poleñino y Lalueza*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Tecuci, I., Moldoveanu, M. (2014). The assessment of hydromorphological status of Romanian rivers. *Air and Water Components of the Environment Conference*, pp. 78-85.
- Valverde, P.J. (2018). *Gestión y restauración fluvial para la ordenación del territorio. El caso del río Mijares (Teruel)*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Valverde, P.J. (2019). *Análisis sectorial de los obstáculos fluviales en la cuenca alta del río Esera (Huesca) para la elaboración de propuestas de buenas prácticas en restauración fluvial*. Trabajo fin de máster en Ordenación Territorial y Medioambiental, Universidad de Zaragoza.
- Valverde, P.J., Ollero, A., Sánchez Fabre, M., Díez, J.R., González, G., Herrera, A., Elso, J., Magdaleno, F., Martín Vide, J.P., Ordeix, M., Martínez Capel, F. y Martínez Morlanes, M.P. (2018). *Planteamiento de actuaciones de mejora fluvial en el río Mijares*. Informe técnico. CIREF, Comarca Gúdar-Javalambre.

- Volonté, A., Campo, A.M., Gil, V. (2015). Estado ecológico de la cuenca baja del arroyo San Bernardo, sierra de la Ventana, Argentina. *Revista Geográfica de America Central* 54, pp. 135-151. DOI: <https://doi.org/10.15359/rgac.1-54.6>
- Wyźga, 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, pp. 1213-1226. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.3273>