



Ríos de la macrocuenca Magdalena-Cauca: entre la intervención y la omisión. Revisión crítica del estado de la restauración ecológica en Colombia

Rivers of The Magdalena-Cauca Macro-basin: Between Intervention and Neglect. A Critical Review of Ecological Restoration Efforts in Colombia

Ciromar Lemus-Portillo^{1*} ; Yeraldin Maldonado-Castañeda² ; Cheryl Sofia Martínez-Gutiérrez² 

¹Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia; e-mail: clemus.p@udca.edu.co

²Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia. Ciencias Ambientales; Facultad de Ciencias Ambientales y de la Sostenibilidad. e-mail: yermaldonado@udca.edu.co; chemartinez@udca.edu.co

*autor de correspondencia: clemus.p@udca.edu.co

Cómo citar: Lemus-Portillo, C.; Maldonado-Castañeda, Y.; Martínez-Gutiérrez, C.S. 2025. Ríos de la macrocuenca Magdalena-Cauca: entre la intervención y la omisión. Revisión crítica del estado de la restauración ecológica en Colombia. *Novum Ambiens*. 3(2):e2969. <http://doi.org/10.31910/novamb.v3.n2.2025.2969>

Artículo de acceso abierto publicado por Novum Ambiens, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: 1 de agosto de 2025

Aceptado: 4 de diciembre de 2025

Editado por: Estiven Rodríguez

RESUMEN

El presente artículo de divulgación diagnostica el estado actual del conocimiento sobre los procesos de restauración ecológica desarrollados a lo largo del tiempo en 152 ríos de la macrocuenca Magdalena-Cauca, en Colombia. Para ello, se realizó un análisis documental de carácter cualitativo, basado en información organizada según la problemática ambiental, el nivel de intervención y el estado de restauración. Los resultados, presentados en tablas y gráficas, evidencian la situación actual de los ríos de la macrocuenca. El análisis permitió identificar procesos de restauración ecológica en 30 ríos intervenidos y en 122 ríos con condiciones naturales, así como diversas acciones ingenieriles aisladas, que responden a necesidades apremiantes, pero que no se articulan de manera holística con el manejo, la gestión y la conservación del recurso hídrico. Estos hallazgos permiten constatar que en Colombia no se desarrollan procesos adecuados de restauración ecológica de ríos, lo que evidencia vacíos de información técnica, metodológica y normativa para el diseño e implementación de estrategias de restauración ecológica efectivas, que garanticen el uso, manejo, gestión y sostenibilidad de los ríos. Finalmente, se resalta la necesidad de que dichas acciones sean lideradas por las autoridades ambientales, con el apoyo y la participación de los gremios sectoriales, los centros de investigación, la academia y la ciudadanía.

Palabras clave: Adecuación hidráulica; Conservación de ecosistemas acuáticos; Dinámica fluvial; Gestión del recurso hídrico; Impacto antrópico.

ABSTRACT

This outreach article diagnoses the current state of knowledge on ecological restoration processes developed over time in 152 rivers of the Magdalena-Cauca macro-basin in Colombia. To this end, a qualitative documentary analysis was conducted based on information organized according to environmental issues, levels of intervention, and restoration status. The results, presented in tables and figures, illustrate the current condition of the rivers within the macro-basin. The analysis made it possible to identify ecological restoration processes in 30 intervened rivers and in 122 rivers with natural conditions, as well as various isolated engineering actions that respond to pressing needs but are not holistically articulated with the management, governance, and conservation of water resources. These findings indicate that appropriate river ecological restoration processes are not being implemented in Colombia, revealing gaps in technical, methodological, and regulatory information for the design and implementation of effective ecological restoration strategies that ensure the use, management, governance, and sustainability of rivers. Finally, the need for such actions to be led by environmental authorities, with the support and participation of sectoral stakeholders, research centers, academia, and the general public, is emphasized.

Keywords: Anthropogenic intervention; Fluvial dynamics; Hydraulic adaptation; River conservation; Water resource management.

INTRODUCCIÓN

La macrocuenca Magdalena-Cauca se extiende por el 24 % del territorio colombiano, abarcando 19 departamentos, 728 municipios, 23 Corporaciones Autónomas Regionales y 4 Autoridades Ambientales Urbanas (UTMMCC, 2014); además, cuenta con 37.159.040 habitantes, tanto en zonas urbanas como rurales (DANE, 2018). Allí, se aporta el 85 % del PIB nacional, el 70 % de la energía hidráulica, el 70 % de la producción agrícola, el 90 % del café y el 50 % de la pesca de agua dulce, por lo cual, históricamente, el desarrollo económico y social del país se ha concentrado en esta macrocuenca (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; DANE, 2018).

El creciente desarrollo económico en la macrocuenca ha provocado que sus recursos hídricos se vean afectados por acciones antrópicas, industriales, agrícolas y pecuarias (Barrera-Cataño & Valdés-López, 2007). Los principales impactos derivan del vertimiento de residuos sólidos y basuras, el incremento de material sedimentable y procesos de colmatación, el cambio en el uso del suelo en las zonas ribereñas, la deforestación del bosque ripario y la descarga de aguas residuales con elevadas concentraciones de materia orgánica (Herrera-Grao, 2008; Lemus-Portillo *et al.*, 2017; Sierra-Ramírez, 2011). Como consecuencia, en los últimos años se han deteriorado las propiedades organolépticas, las características limnológicas y la calidad, cantidad y disponibilidad del agua.

Ante esta situación, las autoridades ambientales y municipales de Colombia establecieron acciones enfocadas en el tratamiento del cauce (DAMA, 2004). Se implementaron medidas de carácter ingenieril, como el dragado, la remoción de sedimentos y macrófitas flotantes, la construcción de jarillones, la modificación del cauce y de los márgenes de los ríos, sus zonas hiporreicas y de inundación, así como la alteración de la profundidad del cauce (CAR, 2009; 2015; Reino & Ávila, 2017; MADS, 2015); sin embargo, estas acciones, analizadas bajo los conceptos de restauración y rehabilitación de ríos propuestos por Magdaleno (1996) y González del Tánago & García de Jalón (2007), resultan incompletas y poco efectivas desde los puntos de vista ecológico y paisajístico, sin lograr el equilibrio y la funcionalidad de los ecosistemas fluviales (Zapata *et al.*, 2012).

El concepto de restauración se entiende como una estrategia interdisciplinaria que articula conocimientos de diversas áreas, como la hidrología, la hidráulica, la limnología y la conservación (Magdaleno, 2005; Magdaleno & Romero, 2011; Vargas-Ríos, 2011). Estas disciplinas, al integrarse entre sí, permiten dar respuesta a procesos de gestión y manejo, garantizando la restauración, la prevención y la conservación de ecosistemas degradados (Hobbs & Harris, 2001; MADS, 2015; Minambiente, 2008). Magdaleno (1996) define la restauración ecológica como la acción de recuperar el potencial previo a la perturbación, restableciendo las cualidades originales del ambiente y los procesos naturales hasta alcanzar sus proporciones normales o prístinas. Por su parte, la rehabilitación ecológica consiste en conducir un ecosistema degradado hacia un sistema similar que conserve algunas especies de su componente biótico, provea servicios ecosistémicos y sea autosostenible (MADS, 2015).

Los conceptos anteriores implican la necesidad de devolver al sistema, o a una parte de él, a un estado que no necesariamente corresponde al estado anterior de la perturbación (González del Tánago & García de Jalón, 1995; Muñoz & Martínez, 2016). De este modo, los elementos básicos a considerar en toda restauración de sistemas fluviales son la morfología del cauce, la hidrología, el caudal ecológico, la calidad del agua, la vegetación de ribera, el componente biótico y limnológico, las tendencias sucesionales y ecológicas, así como el uso de los bienes y servicios ecosistémicos que estos prestan (Barrera-Cataño & Valdés-López, 2007; IDEAM, 2013; Magdaleno, 1996; Magdaleno & Romero, 2011; Merritt & Cummins, 2007; Munné & Prat, 2012).

Al respecto, Magdaleno (1996) plantea que una adecuada restauración fluvial debe tener en cuenta tres niveles: 1) la no intervención, donde la eliminación de la causa de degradación es suficiente para lograr una recuperación rápida con las condiciones originales del medio fluvial en sus dimensiones social, económico y ambiental; 2) la intervención parcial, cuando el corredor fluvial muestra signos de recuperación lenta o incierta y 3) el manejo completo del sistema, con la capacidad sustancial para alcanzar la estructura y dinámica natural.

Así, la aplicación de estos niveles puede permitir que un sistema fluvial restaure su curso natural y alcance su equilibrio dinámico (Zambrano, 2003), brindando estabilidad y mejorando las condiciones del hábitat fluvial en su estructura y composición, además de garantizar la calidad paisajística del sistema (Magdaleno, 1996; Magdaleno & Romero, 2011; McIver & Starr, 2001).

En Colombia no existe una revisión documental sobre el estado actual de los procesos y acciones orientados a la restauración de los sistemas fluviales. En particular, en la macrocuenca Magdalena-Cauca, la gestión de los recursos hídricos se ha centrado en actividades de recuperación de cauces desde una perspectiva ingenieril (Vargas-Ríos, 2011), con el propósito de remover sedimentos, realizar dragados, restablecer la dinámica del cauce y promover cambios en el uso del suelo (Iriarte & García, 2003; Nore, s. f.; Segura-Serrano, 2014).

A partir de lo anterior, surge la pregunta: ¿cuál es la situación actual de los procesos de restauración ecológica en los ríos de la macrocuenca Magdalena-Cauca?

En este marco, el presente artículo de divulgación presenta una revisión teórica de carácter descriptivo y documental, cuyo objetivo es diagnosticar el estado actual de la restauración ecológica de ríos en la macrocuenca Magdalena-Cauca, durante el periodo 1996-2024. Adicionalmente, busca reflexionar sobre la información documental disponible en torno a los procesos de restauración fluvial e identificar, mediante un listado actualizado, los principales ríos de la macrocuenca que, en las últimas décadas, fueron objeto de afectaciones y de acciones de intervención, adecuación hidráulica y restauración ecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Su delimitación geográfica se realizó mediante información secundaria proveniente de planchas cartográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), de documentos técnicos de los Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas (POMCAS), de instrumentos de ordenamiento territorial, mapas y de archivos cartográficos en formato shapefile. La identificación de los ríos de la macrocuenca se realizó a nivel de subcuencas, considerando únicamente los ecosistemas lóticos involucrados en procesos de restauración, adecuación hidráulica o conservación.

Revisión documental. Se realizó una búsqueda y revisión sistemática de documentos publicados entre 1996 y 2024. Se acudió a bases de datos (Scopus, Scielo), motores de búsqueda (Google Académico, ResearchGate) y repositorios institucionales nacionales e internacionales.

Se emplearon los términos clave: restauración de ríos, adecuación hidráulica, biodiversidad, recursos hidrobiológicos, normatividad, participación comunitaria, desarrollo socioambiental, gestión y manejo de sistemas fluviales. Se aplicaron criterios de inclusión relacionados con la problemática ambiental, el nivel de intervención, el tipo de actuación y la regulación asociada. Los resultados incluyeron artículos científicos, documentos técnicos gubernamentales con registros de licitaciones públicas y contrataciones estatales, libros, notas y reportes periódicos.

La información recopilada se gestionó en Mendeley Desktop (v. 1.19.8) para evitar duplicidades y, posteriormente, se organizó en tablas dinámicas y matrices diseñadas en hojas de cálculo (Excel 365) y en Atlas.ti (versión 9). Este tratamiento permitió categorizar los ríos según criterios de afectación e intervención, así como construir una base de datos y un mapa cartográfico actualizados, que permiten focalizar las acciones relacionadas con los procesos de restauración ecológica y los vacíos de información al respecto.

Análisis documental. El análisis de la información se realizó con un enfoque cualitativo, mediante la elaboración de tablas de ocurrencia-frecuencia, considerando los tipos de documentos consultados y las categorías de inclusión. La información se organizó en función de categorías temáticas, del tipo de documento y del origen geográfico de las publicaciones.

En lo concerniente al tipo de documento o publicación, se incluyeron libros, artículos científicos, trabajos de grado y tesis, páginas Web, artículos periodísticos y de revisión, mapas, resoluciones y decretos normativos, así como informes técnicos y consultorías, registrando también el origen de cada publicación. Los criterios de inclusión seleccionados se agruparon en categorías relacionadas con el tipo de río, el orden de la cuenca y la subcuenca, el nivel y la escala de restauración, el tipo de problema, la escala de restauración, la categoría de actuación y los eventos de regulación.

Como resultado de las actividades de consulta, recopilación, revisión y análisis documental, se generó una lista anotada de los

ríos regulados y no regulados, así como tablas, gráficos y salidas cartográficas, que evidencian el estado actual de los ríos de la macrocuenca Magdalena-Cauca con relación a su problemática ambiental, su nivel de intervención y su estado de restauración ecológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del área de estudio. La macrocuenca Magdalena-Cauca (Figura 1), abarca una superficie de 273.459 km² equivalente al 24 % del territorio nacional (MAVDT, 2010). Se localiza entre las coordenadas 1°33'N - 72°22'O y 11°6'N - 76°58'O, con altitudes que oscilan entre 100 y 5.410 m s.n.m. (IDEAM, 2019). Su sistema fluvial está dominado por los ríos Magdalena y Cauca, con 1.528 y 1.180 km de longitud, respectivamente (Cormagdalena, 2013; Pérez-Valbuena *et al.*, 2015); estos ríos confluyen al norte del país antes de desembocar en Bocas de Ceniza y en la bahía de Cartagena, a través del canal del Dique (Lasso *et al.*, 2011). La macrocuenca presenta una marcada heterogeneidad climática, orográfica e hídrica (Vargas-Cuervo, 2012), constituyéndose en el sistema de drenaje más importante de la región andina colombiana (Cormagdalena, 2013) y en eje central de su desarrollo económico y social.

Revisión documental. Se identificaron 142 documentos (10 % físicos, 46 % de internet y 44 % de bases de datos y repositorios), que se tomaron de base para el análisis bibliométrico. En esta producción documental, correspondiente al periodo 1996-2024, predominan los libros, artículos científicos y tesis y, en menor medida, resoluciones, decretos normativos y artículos de revisión (Figura 2).

Del total de documentos, el 83 % corresponde a fuentes internacionales, principalmente publicaciones europeas, destacando las españolas, donde han avanzado en estudios sobre restauración ecológica de ríos, en su aplicación y en la conservación de estos ecosistemas (González del Tánago & García de Jalón, 1995; Magdaleno, 1996; 2005; Magdaleno & Romero, 2011; Merritt & Cummins, 2007; Munné & Prat, 2012). Por el contrario, la producción nacional (17 %) es fragmentada y dispersa, lo que dificulta consolidar un estado del arte estructurado sobre este tipo de acciones realizadas en el país. Esta situación evidencia la ausencia de avances significativos en la restauración ecológica de ríos, que contrasta con el amplio avance en la restauración de ecosistemas terrestres (Ospina *et al.*, 2014; Vargas-Ríos *et al.*, 2012).

En Colombia, gran parte de los trabajos sobre restauración ecológica provienen del ámbito académico, principalmente tesis, artículos científicos y de revisión (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; Morales-Castaño & Molano-Rendón, 2008; Vargas-Ríos, 2011; Vargas-Ríos *et al.*, 2012), junto con documentos técnicos y de consultoría elaborados por entidades ambientales, como Cormagdalena (2001), CAR (2009), IDEAM (2013) y Ospina *et al.*, (2014); no obstante, estos esfuerzos se concentran principalmente en cuerpos hídricos de alta afectación y perturbación, o en aquellos que representan alta importancia para los procesos de captación y

potabilización (IDEAM, 2019). A pesar de ello, persiste una baja representatividad del conocimiento sobre los ecosistemas acuáticos, lo que evidencia vacíos significativos en torno a procesos de restauración, rehabilitación y conservación.

Estado del conocimiento. El análisis se realizó en 152 ríos distribuidos en 56 subcuencas de los ríos Magdalena y Cauca, que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos. Las

intervenciones y afectaciones identificadas se agrupan en cuatro bloques en el marco de la restauración ecológica: eventos de regulación, problemas asociados a la restauración ecológica, niveles de intervención y categorías de actuación (Tabla 1). Estos aspectos reflejan la intensa actividad social, económica y de desarrollo presente en la región, la cual, impacta la dinámica fluvial, la conectividad de los ecosistemas y el uso y la gestión de los recursos hídricos (Lemus-Portillo *et al.*, 2017; Mas, 2011).

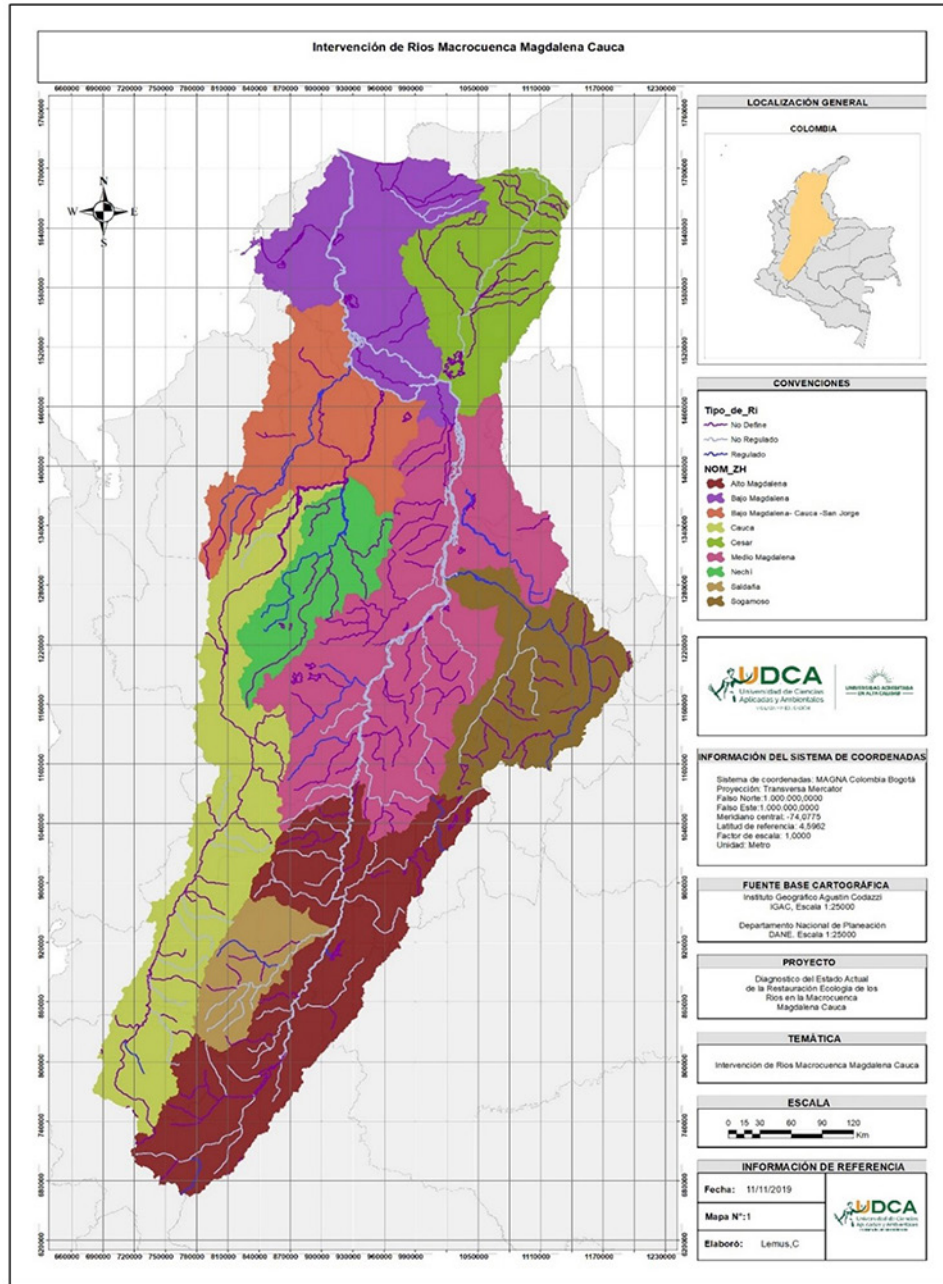


Figura 1. Ríos macrocuena Magdalena-Cauca.

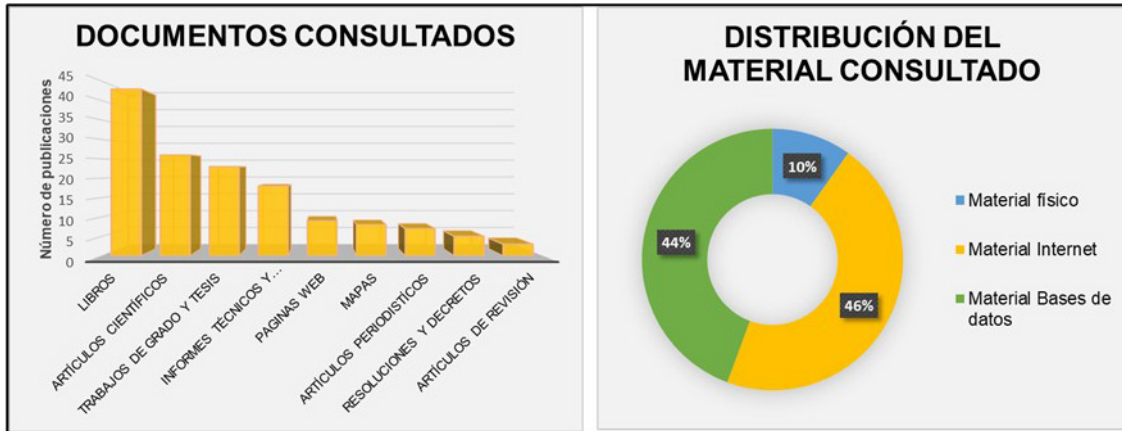


Figura 2. Documentos consultados y distribución del material consultado.

Tabla 1. Criterios de inclusión para categorización de información.

Criterio	Tipo	Abreviatura
Eventos de regulación	Concesión dinámica fluvial	CF
	Hidroeléctricas	HI
	Embalse	EM
	Represas	RE
	Ninguna afectación	NI
Problemáticas	Obras infraestructura e Ingeniería	OI
	Uso del suelo	US
	Contaminación	CO
	Extensión urbana	EU
	Pérdida de bosque ripario	PB
	Extensión de la frontera agrícola	EA
	Degradación ecosistemas acuáticos	DA
Degradación ecosistemas terrestres	DT	
Intervención	Modificación de cauce	MC
	<i>Adecuación hidráulica</i>	AH
	Conservación	CN
	Mejoramiento	ME
	Elevación de jarillones	EJ
	Reforestación	RF
	Restauración	RT
	Recuperación	RP
	Rehabilitación	RH
	Modificación de bancas	MB
	Remediación	RM
	Renaturalización	RN
	Revitalización	RV
Ninguna intervención	NA	
Categoría de actuación	Calidad del agua	CA
	Control de inundaciones	CI
	Control de sedimentos	CS
	Aporte de energía	AP
	Eliminar presiones e impactos	EI
	Estabilizar el ecosistema	EM
	Reconexión de llanuras y bancadas	RB
	Reducir presiones e impactos	RI
	Restablecer régimen de flujo	RF
	Recreación y estética	RC
	Restablecer conectividad de las Unidades Hidromorfológicas	RU
	Recuperación de ecosistema acuático	RA
	Ninguna actuación	NG

La macrocuenca Magdalena-Cauca presenta notable heterogeneidad en sus ecosistemas acuáticos, tanto en cuerpos lóticos y lénticos naturales como artificiales, incluyendo quebradas, ríos, lagunas, ciénagas y embalses (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; Cormagdalena, 2001; UTMCC, 2014). Los ecosistemas de origen natural son considerados sistemas no regulados y aportan conectividad, refugio y unidades hidromorfológicas (Villamarín *et al.*, 2014); además, se encuentran bajo una dinámica fluvial marcada por características propias, tales como procesos de erosión, sedimentación y transporte (Magdaleno & Romero, 2011). En contraste, los sistemas regulados están mediados por presas, embalses e hidroeléctricas, de tal modo

que actúan como sistemas fluviales, cuyas condiciones están controladas por descargas e interacciones temporales e intermitentes (González del Tánago & García de Jalón, 1995; Magdaleno, 2005).

De los 152 ríos analizados en la macrocuenca, 122 mantienen condiciones y dinámicas naturales, es decir, se encuentran en un estado no regulado. En contraste, 30 ecosistemas lóticos, distribuidos en distintos sectores, han perdido su dinámica fluvial (Murcia & Guariguata, 2014); sus cauces se encuentran controlados, modificados y afectados, por lo que se consideran sistemas regulados (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de ríos regulados y no regulados en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

Cuenca	Regulados	No Regulados	Total
Alto Cauca	1	15	16
Alto Magdalena	6	30	36
Bajo Cauca	2	1	3
Bajo Magdalena	1	7	8
Medio Cauca	6	32	38
Medio Magdalena	14	37	51
Total	30	122	152

La tabulación de la información permite evidenciar que la cuenca del medio Magdalena concentra 14 ríos regulados, seguida de las cuencas del alto Magdalena y del medio Cauca, cada una con seis ríos. Por el contrario, la cuenca del medio Magdalena y medio Cauca reportan el mayor número de ríos no regulados, con 37 y 32 sistemas fluviales, respectivamente. La distribución de los ríos regulados y no regulados por cada sector de la macrocuenca se presenta en la figura 1.

Estos resultados sugieren que la macrocuenca Magdalena-Cauca mantiene condiciones ecosistémicas favorables en términos de heterogeneidad de hábitat, dado que el 80 % de sus sistemas fluviales conserva condiciones naturales de cauce, pulsos naturales de inundación y caudales. El 20 % restante corresponde a ecosistemas lóticos, cuyos cauces, caudales y pulsos de inundación no responden a un orden natural, sino que están controlados o mediados por la presencia de centrales hidroeléctricas, embalses y represas.

Eventos de regulación. Alrededor del 20 % de los ríos de la macrocuenca fueron afectados y modificados, tanto de forma permanente como temporal (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; IDEAM, 2019). Estas intervenciones impactan principalmente a los ecosistemas lóticos de la cuenca media, por eventos como la concesión de la dinámica fluvial (CF, 82 %), con un total de 125 eventos; la presencia de hidroeléctricas (HI, 10 %), con 15 eventos; embalses (EM, 7 %) y represas (RE, 1 %) (Tabla 3, Figura 3a). Esta situación responde a que las cuencas medias del Magdalena y el Cauca concentran el mayor número de municipios de la región andina (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; IDEAM, 2019) y, por tanto, albergan la mayor densidad poblacional del país (DANE, 2018), incrementando la expansión urbana y la frontera agrícola (Vargas-Ríos, 2011) e intensificando la demanda hídrica, ya sea por captación directa o por retención en represas e hidroeléctricas (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; Vargas-Cuervo, 2012).

Estas presiones acentúan problemáticas ambientales, ecológicas y sociales, tales como contaminación (CO) y expansión urbana (EU) (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; Lemus-Portillo *et al.*, 2017), alteración morfológica de cauces (AM), presencia de obras de infraestructura e ingeniería (OI) (Ollero-Ojeda, 2008), cambio en el uso del suelo ribereño (US), pérdida del bosque ripario (PB), extensión de la frontera agrícola (EA), degradación de ecosistemas acuáticos y terrestres (DA, DT) (Elvira & Almodóvar, 2007; González del Tánago & García de Jalón, 1995; Niño, 2004; Vargas-Ríos, 2011).

Las alteraciones morfológicas constituyen el principal problema (55 %), seguidas de las obras de infraestructura e ingeniería (13 %) y el cambio de uso del suelo (9 %) (Figura 3b). Estas afectaciones son recurrentes en las cuencas medias de los ríos Magdalena y Cauca, donde la intervención antrópica y el desarrollo urbano modifican significativamente la morfología fluvial, lo que promueve la necesidad de realizar obras de ingeniería e infraestructura (Cormagdalena, 2001; IDEAM, 2019; Vargas-Ríos, 2011). Cabe señalar que las alteraciones geomorfológicas se manifiestan, tanto en los procesos naturales del cauce como en su respuesta derivada de impactos directos e indirectos (Sánchez-Vaqué, 1985).

Medidas de intervención. Según su frecuencia y recurrencia (Figura 4A), sobresalen acciones como la modificación del cauce (MC, 33 %, 50 casos) y la adecuación hidráulica (AH, 20 %, 30 casos). Sumado a estas, se encuentran la conservación (CN), las actuaciones de mejoramiento (ME), el diseño y elevación de jarillones (EJ), la reforestación (RF), la restauración (RT), la recuperación (RP), la modificación de bancas (MB), la rehabilitación (RH), la remediación (RM), la renaturalización (RN) y la revitalización (RV) (Aldana-Valdés *et al.*, 2015; Cormagdalena, 2001; Magdaleno, 1996; 2005; Perló Cohen & Zamora Saenz, 2017).

Tabla 3. Eventos de regulación en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

Cuenca	Concesión fluvial	Hidroeléctricas	Embalses	Represa
Alto Magdalena	31	3	2	3
Medio Magdalena	37	7	6	8
Bajo Magdalena	8	0	0	1
Alto Cauca	15	2	2	3
Medio Cauca	33	2	3	5
Bajo Cauca	2	2	2	1
Total	127	16	15	21

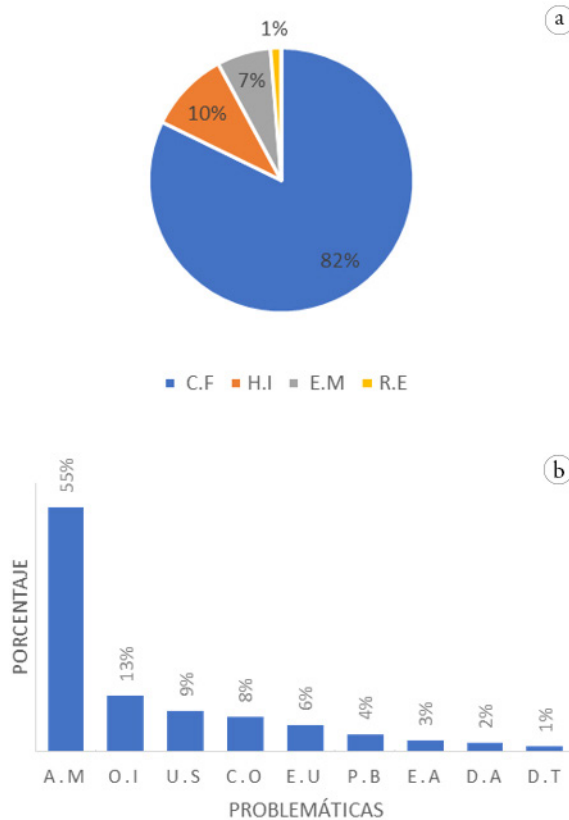


Figura 3. a) Eventos de regulación y b) Problemas asociados a la restauración ecológica de ríos en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

La restauración de los ríos se entiende como el conjunto de actividades orientadas a mejorar su funcionamiento como ecosistemas, siguiendo una trayectoria que busque aproximarse a un estado de referencia natural o prístino, o bien, a una condición en la que la influencia antrópica sea mínima o significativamente menor que la que ha provocado su deterioro actual (González del Tánago, 2011; Magdaleno, 2011). En este sentido, las intervenciones observadas en la macrocuenca, como el dragado, la modificación del cauce, la construcción de jarillones y los ajustes en la profundidad y pendientes, no constituyen procesos de restauración ecológica propiamente dichos, sino que obedecen a actividades de carácter ingenieril e hidráulico (Magdaleno & Romero, 2011).

De igual manera, se destaca que las categorías de actuación más frecuentes corresponden a acciones orientadas a alcanzar la calidad del agua, el control de inundaciones y el control de sedimentos,

eventos que se presentan de forma recurrente en la cuenca media de los ríos Magdalena y Cauca. Esto confirma que las intervenciones asociadas a restauración, recuperación, remediación o renaturalización son escasas, y cuando se realizan, ocurren de manera aislada y con baja frecuencia (IDEAM, 2019).

Categorías de actuación. Los resultados permiten evidenciar que las acciones más frecuentes consideradas en los ríos de la macrocuenca (Figura 4B) corresponden a la calidad del agua (CA) y al control de inundaciones (CI), ambas con el 22 %, seguidas por el control de sedimentos (CS, 17 %) y el aporte de energía de corriente (AP, 14 %). Adicionalmente, se encuentran acciones de eliminación de presiones e impactos (EI), estabilización del metabolismo ecosistémico (EM), reconexión de llanuras y bancadas (RB), reducción de presiones e impactos (RI), restablecimiento del régimen de flujo (RF), recreación y estética (RC), restablecimiento

de conectividad en unidades hidromorfológicas (RU), recuperación de ecosistema acuático (RA), y casos sin categoría de actuación (NG).

Las distintas actuaciones desarrolladas en el país, especialmente en la macrocuenca Magdalena-Cauca, evidencian acciones aisladas y desarticuladas, orientadas más a responder necesidades coyunturales que a promover una gestión y conservación del recurso hídrico.

Esta situación confirma que en Colombia no se implementan procesos de restauración fluvial con la rigurosidad requerida, dado que, como señalan González del Tánago & García de Jalón (1995) y Magdaleno (1996), la restauración de ríos implica un conjunto amplio de medidas destinadas a favorecer la recuperación natural del equilibrio dinámico y de las funciones ecológicas de los ecosistemas ribereños.

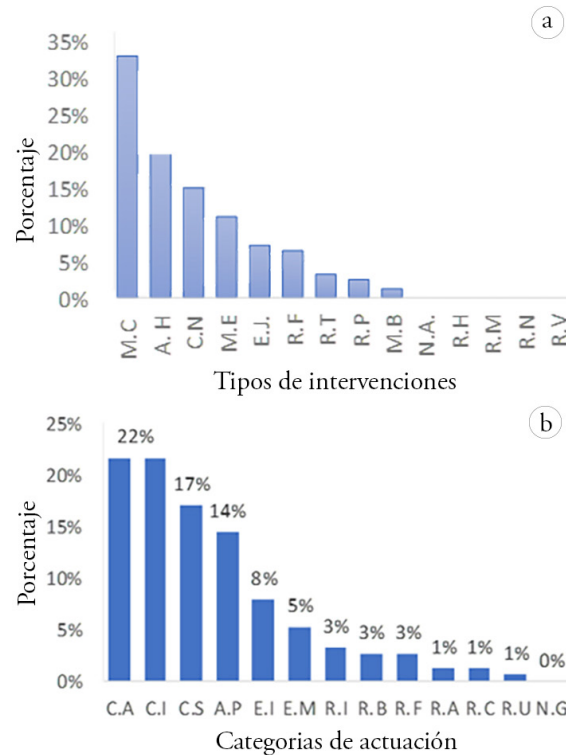


Figura 4. a) Niveles de intervención en la restauración ecológica de los ríos en Colombia y b) Categorías de actuación en la restauración ecológica de ríos en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

En cuanto a los problemas ambientales y ecosistémicos, la macrocuenca presenta alteraciones morfológicas de cauce, cambios en el uso del suelo, contaminación, pérdida del bosque ripario, extensión de la frontera urbana y agrícola, presencia de obras de infraestructura e ingeniería, así como degradación de los ecosistemas terrestres y acuáticos que la conforman (González del Tánago & García de Jalón, 1995; Lemus-Portillo *et al.*, 2017; Magdaleno, 2005; Vargas-Ríos, 2011). Estas condiciones evidencian el impacto ambiental y ecológico acumulado en las últimas décadas, que compromete la provisión y la sostenibilidad de los bienes y servicios ecosistémicos asociados a los recursos hídricos.

CONCLUSIONES

La restauración ecológica de ríos se debe concebir como un proceso holístico destinado a restablecer la estructura y el funcionamiento de los ríos como ecosistemas; por tanto, no debe incluir acciones antrópicas que modifiquen, de manera permanente, su dinámica fluvial natural. Su implementación se debe sustentar en protocolos que integren variables hidráulicas, ecológicas, limnológicas, técnicas

e ingenieriles, coherentes con las condiciones sociales, económicas y ambientales de cada región.

En este contexto, y aunque la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico (PNGRH) menciona el concepto de restauración, carece de un respaldo normativo que contemple buenas prácticas ecológicas, ambientales e ingenieriles, concebidas de manera holística, capaces de garantizar la restauración y conservación de los ecosistemas acuáticos del país. En consecuencia, es necesario profundizar en el tema mediante la elaboración de guías, instrumentos técnicos y normativos, liderados por las autoridades ambientales, con el apoyo y la participación de gremios sectoriales, los centros de investigación, la academia y la ciudadanía. Esto contribuirá a reducir las brechas de información y a unificar los criterios de actuación en torno a la restauración ecológica de los ríos en Colombia.

Disponibilidad de datos. Los datos que sustentan la presente investigación forman parte de la información suministrada por repositorios y bases de datos del Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible (MADS), el Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), así como de la información primaria recopilada por los investigadores durante actividades de campo.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de la información presentada.

REFERENCIAS

- Aldana-Valdés, E., Angarita, H., & Benavides, J. (2015). *¿Para dónde va el río Magdalena?* Bogotá, Colombia. <http://www.foronacionalambiental.org.co/wp-content/uploads/2011/09/RIO-MAGDALENA-CON-LINKS-3PM-2.pdf>
- Barrera-Cataño, J. I., & Valdés-López, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12(Edición especial II), 11–24.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] (2009). Río Bogotá: Adecuación hidráulica y recuperación ambiental - ANEXO 2. EVALUACIÓN. Bogotá, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] (2015). Guía técnica para la adecuación hidráulica y restauración ambiental de corrientes hídricas superficiales.
- Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena [CORMAGDALENA] (2001). Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena-Cauca y elementos para su Ordenamiento Territorial. 235.
- Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena [CORMAGDALENA] (2013). Caracterización física, demográfica, social y económica de los municipios ribereños de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena. Cormagdalena, 124.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. DANE, publicación para todos. <https://microdatos.dane.gov.co/catalog/643>
- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente [DAMA] (2004). Guía técnica para la restauración de áreas de rondas y nacederos del Distrito Capital. https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/dlm_uploads/2020/09/Guia-Restauracion-areas-de-ronda-y-nacederos-del-DC.pdf
- Elvira, B., & Almodóvar, A. (2007). Restauración de ríos y humedales. *Trofeo Pesca*. 153:164–165.
- González del Tánago, M. (2011). Estrategia de restauración de ríos en Andalucía: Bases para una propuesta conceptual y metodológica. U. P. de Madrid, Ed. Madrid. 51p.
- González del Tánago, M., & García de Jalón, D. (1995). Principios básicos para la restauración de ríos y riberas. *Ecología*, 9, 47–64.
- González del Tánago, M., & García de Jalón, D. (2007). Restauración de ríos: Guía metodológica para la elaboración de proyectos. Ministerio de Medio Ambiente Ed. España. 41p.
- Herrera-Grao, T. (2008). Disertación crítica sobre la evaluación del estado ecológico de las masas de agua y los proyectos de restauración, recuperación o mejora ambiental de cauces: del mito a la realidad. VI Congreso Ibérico de Planificación y Gestión del Agua.
- Hobbs, R.J., & Harris, J. A. (2001). Restoration ecology: Repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, 2(9): 239-246 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2013). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, 47. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACIONHIDROGRAFICA.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2019). Estudio Nacional del Agua 2018.
- Iriarte, F. C., & García, J. V. (2003). Restauración de Riberas: Manual para la Restauración de Riberas en la Cuenca del Río Segura. Restauración de ecosistemas mediterráneos.
- Lasso, C. A., Gutierrez, F. de P., Morales-Betancourt, A., Agudelo, E., Ramírez -Gil, H., & Ajiaco-Martinez, R. (2011). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. En: Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia.
- Lemus-Portillo, C., Mojica Corzo, J. I., Echavarría Pedraza, M., Avella Castiblanco, C., López Meneses, W. F., & Useche Losada, P.E. (2017). Programa Nacional para la conservación de la especie endémica de Colombia pez capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*). 60p. https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Programas-para-la-gestion-de-fauna-y-flora/LIBRO_v_13_Digital.pdf
- Magdaleno, F. (1996). Principios y técnicas de restauración fluvial. Centro de Estudio y técnicas Aplicadas (CEDEX), 1-13.

- Magdaleno, F. (2005). Hydraulic engineering. *Journal of hydraulic engineering*, 16.
- Magdaleno, F., & Romero, R. M. (2011). Marco metodológico para la restauración fluvial. *Revista Montes*, 4-No. 10, 25–30.
- Mas, F. M. (2011). Marco metodológico para la restauración fluvial en el nuevo contexto normativo y técnico. *Montes*.
- McIver, J. & Starr, L. (2001). Restoration of degraded lands in the interior Columbia River basin: passive vs. active approaches. *Forest Ecology and Management*, 153:15-28.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (2007). CHAPTER 25 - Trophic Relationships of Macroinvertebrates. En: *Methods in Stream Ecology*. Academic Press. p. 585-601. <https://doi.org/10.1016/B978-012332908-0.50036-X>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] (2015). Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas.
- Ministerio de Medio Ambiente [Minambiente] (2008). Estrategia nacional de restauración de ríos. *Revista de Obras Publicas*, 155(3487), 100.
- Morales-Castaño, I. T., & Molano-Rendón, F. (2008). Heterópteros acuáticos del Quindío (Colombia): Los infraórdenes Gerromorpha y Nepomorpha. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 121-128.
- Munné, A., & Prat, N. (2012). La diagnosis y mejora de los ecosistemas fluviales mediante la Directiva Marco del Agua. <http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/munne-prat.pdf>
- Muñoz, F. & Martínez, B. (2016). Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá-Medellín para una propuesta de su restauración. *Revista EIA*, 13(26): 153-168.
- Murcia, C. y Guariguata, M. R. (2014). La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades (C. para la I. F. I. (CIFOR)., Ed.).
- Niño, Y. (2004). Hidráulica fluvial y transporte de sedimentos. En: U-Cusos. CI71J-1 Transporte Hidráulico de Sólidos, 2004, Semestre Primavera. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- Nore, I. (s. f.). Acciones para la recuperación de los ríos y las quebradas.
- Ollero-Ojeda, A. (2008). Alteraciones geomorfológicas de los ríos en Europa y principios para la restauración de la dinámica fluvial. Expo Mundial Zaragoza 2008.
- Ospina, E., Olaya, F., Cuervo, S., Navarro, C., Acosta, M., Barragán, J., ... Charry, D. Z. (2014). Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS. Bogotá.
- Pérez-Valbuena, G. J., Arrieta, A. M., & Contreras, J. G. (2015). Río Cauca: la geografía económica de su área de influencia. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana*; No. 225, 82 p.
- Perló Cohen, M., & Zamora Saenz, I. (2017). Perspectivas ambientales sobre la contaminación y la recuperación del río Magdalena en la ciudad de México. *Revista Internacional de contaminación Ambiental*, 33(3), 377–391. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.02>
- Reino, D., & Ávila, K. (2017). Diagnóstico de las adecuaciones hidráulicas en el río Bogotá desde las compuertas de alicachín hasta la desembocadura del río Tunjuelo, 13(3).
- Sánchez-Vaqué, A. (1985). Mesas de trabajo. *Todo hospital*, (13), 99-112.
- Segura-Serrano, L. (2014). Conocimiento de la dinámica fluvial como herramienta para la planificación territorial Caso río Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, (506), 12-21.
- Sierra-Ramírez, C. A. (2011). Calidad del agua - evaluación y diagnóstico (L. D. López Escobar, Ed.; 1st ed.). Universidad de Medellín. Ediciones de la U.
- Unión Temporal macrocuencas Magdalena-Cauca y Caribe [UTMMCC] (2014). Plan Estratégico macrocuenca Magdalena Cauca. Informe Línea Base.
- Vargas-Cuervo, G. (2012). Geología, geomorfología y dinámica fluvial aplicada a hidráulica de ríos. XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, August 2012, 12.
- Vargas-Ríos, O. (2011). Ecological Restoration: Biodiversity and Conservation. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221–246.
- Vargas-Ríos, O., Díaz, J. E., Reyes, S. P., & Gómez, P. A. (2012). Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Convenio de Asociación No. 22 entre Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/plan_nacional_restauracion/Anexo_8_Guias_Tecnicas_Restauracion_Ecologica_2.pdf

- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú, *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5): 1072-1086. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>
- Zapata, J., Barros-Martínez, J. & Vallejo, L. (2012). La Restauración de Ríos y su Inclusión en las Políticas Públicas de Colombia. Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.
- Zambrano, L. (2003). La restauración de ríos y lagos. *Ciencias*, 72:36-43. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>