

DOI: 10.24850/j-tyca-2026-03-04

Artículos

**Una revisión sistemática sobre investigaciones
científicas sobre el río Santiago**

**A systematic review of scientific research on the
Santiago River**

José Manuel Castellanos-Martínez¹, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0380-3645>

Octavio Martín González-Santana², ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2358-274X>

Alicia Torres-Rodríguez³, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2267-4626>

¹Secihti-El Colegio de Michoacán, La Piedad, Michoacán, México,
josem.castellanos@colmich.edu.mx

²El Colegio de Michoacán, La Piedad, Michoacán, México,
octavio@colmich.edu.mx

³Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México,
atorres59@gmail.com

Autor para correspondencia: José Manuel Castellanos-Martínez,
josem.castellanos@colmich.edu.mx



Resumen

La dinámica socioecológica de los ríos se trata, quizá, de uno de los sistemas de mayor complejidad analítica, donde se integran procesos ambientales, ecológicos, biológicos, sociales, económicos, culturales o políticos, entre otros. En este sentido, es importante conocer diversas formas de analizar aquellas dinámicas socioecológicas que se desarrollan en torno a estos ecosistemas. Así, el objetivo de este documento es mostrar, a partir de una revisión sistemática de la literatura científica, las tendencias y vacíos analíticos en las investigaciones realizadas en los últimos veinte años orientadas al análisis de diversas dinámicas sociales y ecológicas en torno al río Santiago, ubicado en la región hidrológica Lerma-Santiago, México, para lo cual se parte del marco metodológico SALSA, que orientó las cuatro etapas de esta investigación, y del protocolo PRISMA, como una guía detallada de los componentes en cada etapa de esta investigación. Se sugiere tomar en cuenta para futuras investigaciones las problemáticas que afectan directamente al río Santiago, como la crisis de contaminación; la pérdida de biodiversidad acuática y sus implicaciones; la investigación concentrada en regiones muy puntuales que genera ciertas desigualdades regionales en la cobertura de investigación, lo cual limita que algunas zonas del río se integren a los planes de gobernanza y, por consecuencia, se percibe una fragmentación en la gobernanza del río Santiago y en la gestión integral de la cuenca.

Palabras clave: cuenca fluvial, investigación científica, gestión de los recursos hídricos, análisis de contenido, desarrollo sostenible, México.

Abstract

The socio-ecological dynamics of rivers is perhaps one of the most analytically complex systems, where environmental, ecological, biological, social, economic, cultural or political processes, among others, are integrated. In this sense, it is important to know different ways of analyzing those socio-ecological dynamics that develop around these ecosystems. Thus, the objective of this document is to show, based on a systematic review of the scientific literature, the trends and analytical gaps in research over the last twenty years aimed at analyzing various social and ecological dynamics around the Santiago River, located in the Lerma-Santiago hydrological region, Mexico. To do so, we start from the SALSA framework, which guided the four stages of this research, and from the PRISMA protocol, as a detailed guide to the components in each stage of this research. It is suggested that future research should take into account the problems that directly affect the Santiago River, for example, the pollution crisis, the loss of aquatic biodiversity and its implications, regional inequalities in research coverage, fragmentation in the governance of the Santiago River or the proposal of priority actions for the comprehensive management of the basin.

Keywords: River basins, scientific research, water resources management, content analysis, sustainable development, Mexico.

Recibido: 06/02/2025

Aceptado: 22/07/2025

Publicado *ahead of print*: 28/08/2025

Versión final: 01/05/2026

Introducción

La intensidad y el crecimiento descontrolado de las dinámicas antrópicas han inducido intensos cambios socioambientales en el mundo con fuertes efectos secundarios (Chapin III *et al.*, 2000; Bray, Ellis, Armijo-Canto, & Beck, 2004; Turner *et al.*, 2001; García-Espino & Valdés-Fernández, 2019; Roldán-Villanueva, 2021). Entre esos cambios han tenido lugar los problemas emergentes relacionados con la calidad y el consumo del agua, o el desvío y la contaminación de los ríos y lagos en el mundo (Li *et al.*, 2022; McDonald, Weber, Padowski, Boucher, & Shemie, 2016; Duan *et al.*, 2016; Raman, Bouwmeester, & Mohan, 2009). Aunque durante las últimas tres décadas los ríos se han considerado como uno de los principales componentes que proveen servicios ecosistémicos multisectoriales en los territorios rurales y urbanos en particular (Sánchez-Montoya, 2024; Petsch, Cionek, Thomaz, & Dos Santos, 2023; Shaad, Souter, Vollmer, Regan, & Bezerra, 2022; Böck, Polt, & Schülting, 2018; Basak, Hossain, Tusznió, & Grodzińska-Jurczak, 2021), son continuas y crecientes las investigaciones científicas que alertan sobre la contaminación en lagos y ríos del mundo, lo que conlleva a graves problemas asociados con la salud y conservación a largo plazo de los sistemas sociales y ecológicos (Kakade *et al.*, 2021; Lin, Yang, & Xu, 2022; Hassan-Al-Taai, 2021; Lin *et al.*, 2024; Wei, Rao, Liu, Wang, & Cao, 2024).

En México, el manejo de los ríos —sobre todo de aquellos que han sido alcanzados por los centros urbanos— se trata de uno de los retos ambientales de mayor complejidad en la actualidad. Uno de los problemas principales es la falta de conocimiento y aprendizaje de la dinámica sistémica con la que se comportan estos cuerpos de agua, lo cual lleva a

implementar “soluciones” que terminan con afectaciones socioambientales difícilmente reversibles; muchas veces los ríos terminan pavimentados, entubados, como descargas de desechos sólidos y aguas residuales o basureros a cielo abierto, que causan enfermedades sociales y ecológicas, inundaciones y desequilibrios socioecológicos.

Desde los enfoques de la complejidad y la teoría de redes, los ríos tienen las características para estudiarse como redes de sistemas complejos abiertos que permanecen en una dinámica constante y, debido a ello, cuentan con la peculiar aptitud de articular y estructurar el territorio; de hecho, autores como Thoms y Sheldon (2019) argumentan que es la impredecibilidad y el acoplamiento de los ríos lo que domina el comportamiento de la superficie terrestre en el mundo, de modo que la investigación científica relacionada con el estudio de los ríos es cada vez más desafiante por los acelerados cambios climáticos, paisajísticos y sociales (Gilvear, Greenwood, Thoms, & Wood, 2016); por lo tanto, es necesario que los conceptos, metodologías e investigaciones permanezcan en una actualización, reestructuración y aprendizaje constantes. Por tanto, es responsabilidad de la academia actualizar aquellos conceptos y formas de analizar la realidad de los ríos y su comportamiento dinámico, pues una gestión aplicable a la actualidad debe estar respaldada por una ciencia actualizada e interdisciplinaria. Algunos de los ejemplos de estos enfoques interdisciplinarios en la ciencia de los ríos son los estudios de Collier, Baker, David, Górski y Pingram (2019), y Habit *et al.* (2019), quienes sugieren que si bien existe conocimiento científico especializado sobre los ríos, es necesario integrar aquel conocimiento de la ciencia de los ríos en modelos o amplios marcos analíticos para mejorar su gestión hacia la sostenibilidad.

Para el caso mexicano, especialistas como Núñez (2024) expresan que actualmente México se enfrenta a una de sus mayores pruebas: la crisis hídrica. Se trata de un desafío que pone en riesgo a los ecosistemas terrestres, en particular los ríos y los servicios ecosistémicos que proporcionan (Martínez, Kralisch, Escolero, & Perevochtchikova, 2015). Tal desafío implica los problemas de los ríos en el país que han terminado entubados, contaminados, pavimentados o usados como depósitos de residuos tóxicos, industriales o desechos sólidos que afectan sistemas sociales y ecológicos. Uno de los retos a superar es la permanencia de la ciencia y la academia bajo la sombra del individualismo *per se*, pues para que la producción del conocimiento tenga un fuerte impacto en la solución de este tipo de problemas resulta importante no solo la actualización, sino también la colaboración y comunicación de la ciencia para el respaldo de la toma de decisiones y los formuladores de políticas.

En tal sentido, resulta indispensable actualizar el conocimiento sobre los procesos ecológicos y sociales implicados en la gestión y en el análisis de los ríos, por lo que esta investigación se enfoca en una región geográfica de gran importancia hídrica para la región Occidente del país. Se trata del río Santiago o Río Grande de Santiago, considerado como uno de los ríos de mayor importancia de México y uno de los más contaminados del país debido a que recibe los vertidos de fábricas, granjas, asentamientos humanos y lixiviados hacia el cauce, por lo que se concentran altos niveles de metales pesados en diferentes puntos del río. Al respecto, hay evidencia científica de que esta contaminación en el río ha sido la causa de graves problemas de salud para la población de las localidades aledañas al cauce, por ejemplo: diagnósticos de cáncer, problemas respiratorios, enfermedades renales y muertes por

intoxicación (Arellano-Aguilar, Ortega-Elorza, & Gesundheit-Montero, 2012; Montes-Rubio *et al.*, 2021).

Aunque existe una amplia acumulación del conocimiento relacionada con el río y los procesos socioecológicos que se dan en su territorio geográfico, no se encontró evidencia científica que ofrezca un panorama del estado actual del conocimiento para comprender las tendencias y retos de investigación, así como los resultados y las sugerencias propuestas para esta problemática desde la academia. De modo que este documento tiene el objetivo de mostrar el proceso metodológico y los resultados de una revisión sistemática de la literatura científica producida durante los últimos veinte años en relación con los procesos socioecológicos percibidos en cuanto al río Santiago, el cual abarca diferentes municipios de los estados de Jalisco y Nayarit.

Con base en el objetivo de esta investigación se propusieron las siguientes preguntas guía para su desarrollo: ¿cuáles son las visiones disciplinares o analíticas interesadas por los procesos socioecológicos y manejo del río Santiago?, ¿cuáles son las teorías, metodologías o conceptos y temas de investigación de mayor uso o interés en torno al río Santiago?, ¿qué resultados se han obtenido con base en las tendencias de investigación mayormente usadas?, ¿qué tipo de investigaciones tienen mayor incidencia en la realidad del río?, ¿de dónde surgen las investigaciones (área geográfica, instituciones y revistas)?, ¿qué retos o vacíos analíticos se identifican a futuro en las investigaciones analizadas?

Cabe mencionar que este tipo de revisiones sistemáticas tiene diversos alcances tanto metodológicos y teóricos como incidentes en la toma de decisiones en los planos académico y político (García-Perdomo, 2015; Page *et al.*, 2021). Así, este documento obedece a la estructura del protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and*

Meta-Analyses) y se divide en los siguientes cinco apartados: una introducción, donde se justifica y se plantea el objetivo de la investigación; el apartado metodológico; los resultados; las discusiones, y un apartado de reflexiones finales (Page *et al.*, 2021).

Materiales y métodos

Ubicación geográfica del río Santiago

El río Santiago se ubica en el centro occidente de México dentro de la cuenca Lerma-Santiago-Pacífico; no solo se trata de un ecosistema hídrico amplio en términos geográficos, sino que su complejidad y escala lo posicionan como una de las regiones con una diversidad de ictiofauna de relevancia en el país.

Aunque la cuenca en la que se ubica el río abarca seis entidades (Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Nayarit), el propio río Santiago atraviesa solo los estados de Jalisco y Nayarit hasta desembocar en la costa del Pacífico. Su origen se encuentra en la parte nororiente del lago de Chapala y a lo largo del cauce se han construido al menos seis presas importantes del noroccidente de México. La Figura 1 muestra la ubicación geográfica del río, así como las presas y afluentes principales que se encuentran en el margen oriente del río, los cuales provienen de elevaciones superiores a los 2 500 msnm.

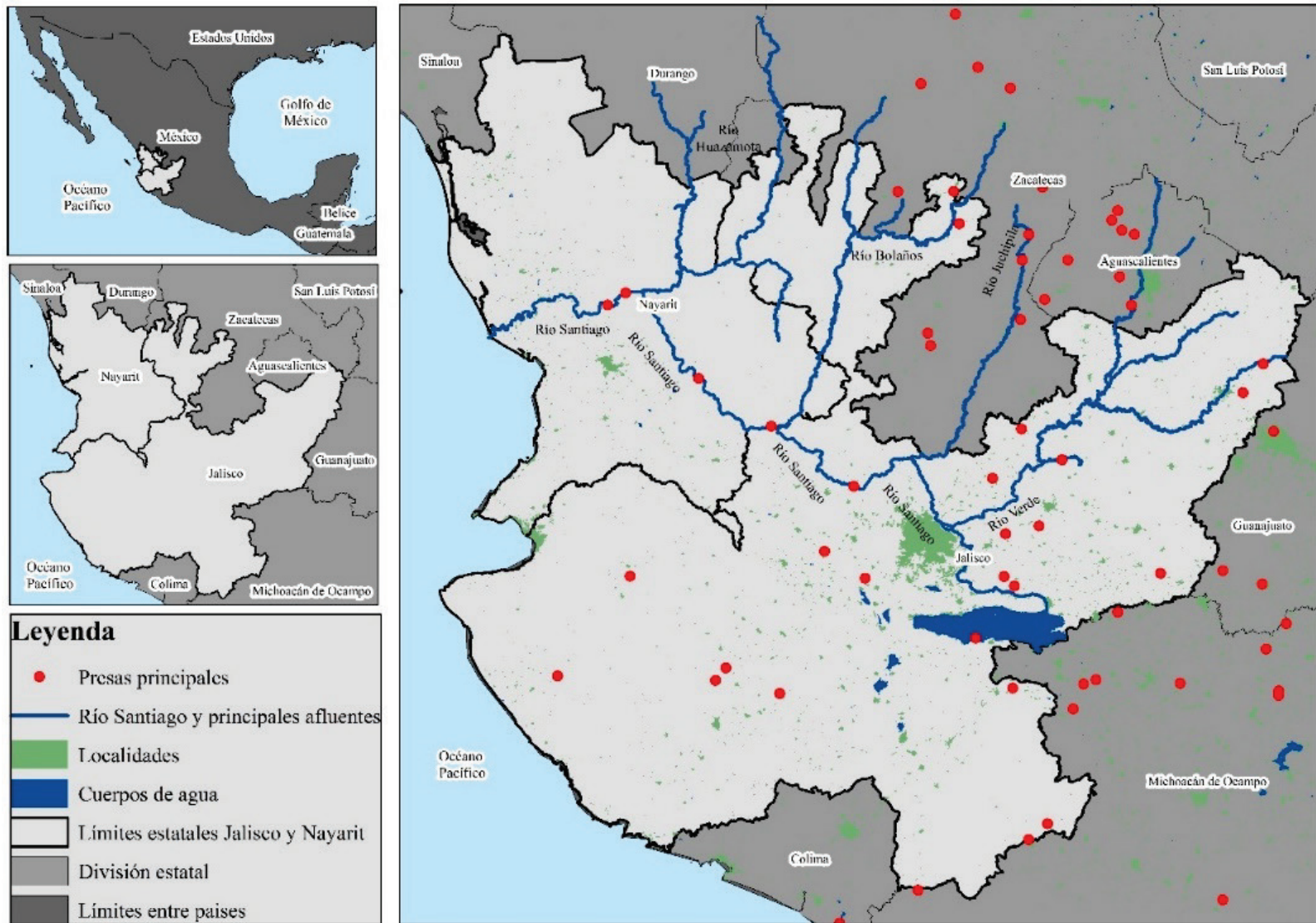


Figura 1. Ubicación geográfica del río Santiago. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2024) y Conagua (s. f.).

Diversas investigaciones ya han mostrado la relevancia social y ecológica del río Santiago para el país (Bollo-Manent, Montaño-Salazar, & Hernández-Santana, 2017; Montes-Rubio *et al.*, 2021; Gómez-Balandra, Díaz-Pardo, & Gutiérrez-Hernández, 2012). No obstante, es importante mencionar que se encuentra en el segundo lugar de los ríos más largos

de México, y es uno de los ríos que han funcionado como fuente de alimentos, cultivos y agua limpia para consumo. Sin embargo, en la actualidad cerca de 400 empresas están instaladas en su cauce; dichas empresas van desde tecnológicas hasta alimentarias, con emisiones contaminantes de diferente tipo, lo que genera enormes basureros con múltiples afectaciones socioambientales (Montes-Rubio *et al.*, 2021; Gómez-Balandra *et al.*, 2012).

Es importante mencionar que Montes-Rubio *et al.* (2021) argumentan, a modo de contexto histórico, que el río Santiago llegó a funcionar en su totalidad como fuente de alimentos, empleo, ingresos y recreación. En el transcurso de la segunda mitad del siglo XX y hasta la actualidad, el panorama de provisión de beneficios del río ha cambiado; ahora se percibe como una fuente de contaminación y constante peligro a causa de la industrialización y el crecimiento urbano en sus diferentes puntos. Esto ha traído consigo cierta pérdida del sentimiento de pertenencia e identidad de las comunidades ribereñas; malas prácticas cotidianas ganaderas y agrícolas, como la vagancia de ganado; y el uso de agua para riego altamente contaminada por los procesos industriales y urbanos (Montes-Rubio *et al.*, 2021).

Ruta metodológica

Dado que una revisión sistemática de la literatura se trata de un método riguroso para sintetizar y actualizar el estado del conocimiento en diversas disciplinas, temas de investigación o regiones geográficas con una larga y densa tradición investigativa y, además, con un número de publicaciones crecientes, resultan indispensables los marcos de trabajo que guíen la tarea de sistematizar y analizar grandes cantidades de

información y que sean reproducibles para investigaciones futuras (Stockholm Environmental Institute, 2017). De modo que esta revisión sistemática de la literatura científica fue guiada por el marco metodológico SALSA (*Search, Appraisal, Synthesis, Analysis*), que orientó las cuatro etapas de esta investigación, y del protocolo PRISMA, que se trata de una guía explicativa y detallada sobre los componentes a considerar en cada etapa de trabajo (Codina, 2020; García-Perdomo, 2015; Hutton, Catalá-López, & Moher, 2016; Urrutia, Tort, & Bonfill, 2005).

El marco de trabajo SALSA considera las siguientes cuatro etapas de revisión sistemática: 1) *Search*, 2) *Appraisal*, 3) *Synthesis*, 4) *Analysis* (búsqueda, evaluación, síntesis y análisis). De hecho, estas etapas no solo son validadas, sino indudablemente necesarias, pues en cada una de ellas se definen los criterios puntuales del proceso sistematizado de la revisión (Codina, 2020) y con el apoyo del protocolo PRISMA (componentes de informe privilegiados para revisiones sistemáticas y metaanálisis, por su traducción al español), que funciona como una lista de cotejo para guiar al investigador en la tarea de documentar de manera transparente el objetivo de la revisión, cómo se hizo y qué se encontró, es decir, el protocolo PRISMA, proporciona los criterios para orientar y garantizar la presentación de la información relevante (Page *et al.*, 2021). La selección de estos marcos de trabajo, SALSA y PRISMA, se debe a que se toman no solo como protocolos metodológicos sino también como las dos etapas genéricas de trabajo para el desarrollo de la ruta analítica en esta investigación.

La primera etapa —búsqueda de publicaciones relacionadas con el río Santiago— se hizo en bases de datos de información científica Redalyc, Scielo y Scopus; se trata de tres bases de datos relevantes en Latinoamérica y en el plano internacional debido a su gran acervo de

publicaciones de revistas académicas de distintos países de libre acceso para el caso de Redalyc y Scielo, o de acceso institucional, en el caso de Scopus. Además de la accesibilidad, es importante mencionar que las revistas indexadas de estas bases desarrollan procesos de revisión por pares en modalidad doble ciego en cada una de sus publicaciones, lo cual ayuda a reducir las posibilidades de errores o defectos en las investigaciones científicas, y aporta mayor objetividad a la revisión sistemática, pues garantiza que las investigaciones seleccionadas han pasado por un riguroso proceso de revisión (Page *et al.*, 2021). Cabe resaltar que aunque la delimitación de los conceptos de búsqueda es precisa en extremo, las herramientas, sistema de búsqueda, filtrado y descargas de documentos que tienen estas bases de datos son relativamente sencillos de manipular.

La exploración y búsqueda de documentos se efectuó en agosto de 2024, a partir de una sintaxis de búsqueda estructurada con conceptos o palabras clave de la región de interés: río Santiago, conocido también a su paso por distintos municipios entre Jalisco y Nayarit como Río Grande de Santiago. La búsqueda de estos conceptos se limitó a títulos, resúmenes y palabras clave de los resultados encontrados de los últimos veinte años (2004-2024) en inglés y español, filtrados solo para México. La sintaxis de búsqueda se introdujo de la siguiente manera: (("RÍO SANTIAGO" OR "RIO SANTIAGO" OR "RÍO GRANDE DE SANTIAGO" OR "RIO GRANDE DE SANTIAGO" OR "SANTIAGO RIVER") AND ("GUADALAJARA" OR "MÉXICO" OR "MEXICO" OR "NAYARIT" OR "JALISCO"))).

En la segunda etapa, evaluación, con estos criterios de búsqueda y filtrado resultaron 331 documentos en total (44 resultados en Scopus, 10 en Scielo y 277 en Redalyc), que se evaluaron uno por uno y se

discriminaron 234, al ser ensayos, reflexiones, e investigaciones filtradas de otros países, como Ecuador o de estados como San Luis Potosí, donde hay ríos con el nombre Santiago. Así, resultaron 97 documentos seleccionados en esta etapa, que consisten en investigaciones científicas con resultados de un caso analizado en alguna de sus porciones entre Jalisco y Nayarit, y que sugieren como objeto de estudio al río Santiago o en las que el río tiene una estrecha relación con el objeto de estudio a partir de procesos sociales o ecológicos.

Después de una relectura de los 97 documentos seleccionados en la etapa de evaluación, en la tercera etapa se sintetizó aún más la muestra de estudios; se discriminaron aquellos documentos repetidos y también se descartaron aquellas investigaciones que no tenían como objeto de estudio al río Santiago de Jalisco o Nayarit, sino que solo aparece el nombre en los documentos para referenciar localizaciones o elementos fisiográficos. Con esta síntesis y sistema de filtrado resultaron 64 documentos en total, que se seleccionaron para la cuarta etapa: análisis. Se procedió a sistematizar y analizar las 64 investigaciones resultantes en el *software* de análisis cualitativo *Atlas.ti* (Cisneros-Puebla, 2003) con el apoyo de un conjunto de 18 variables agrupadas en cuatro categorías. La Figura 2 muestra un resumen del proceso metodológico descrito, mientras que la Tabla 1 refleja las categorías y variables genéricas consideradas para este análisis.

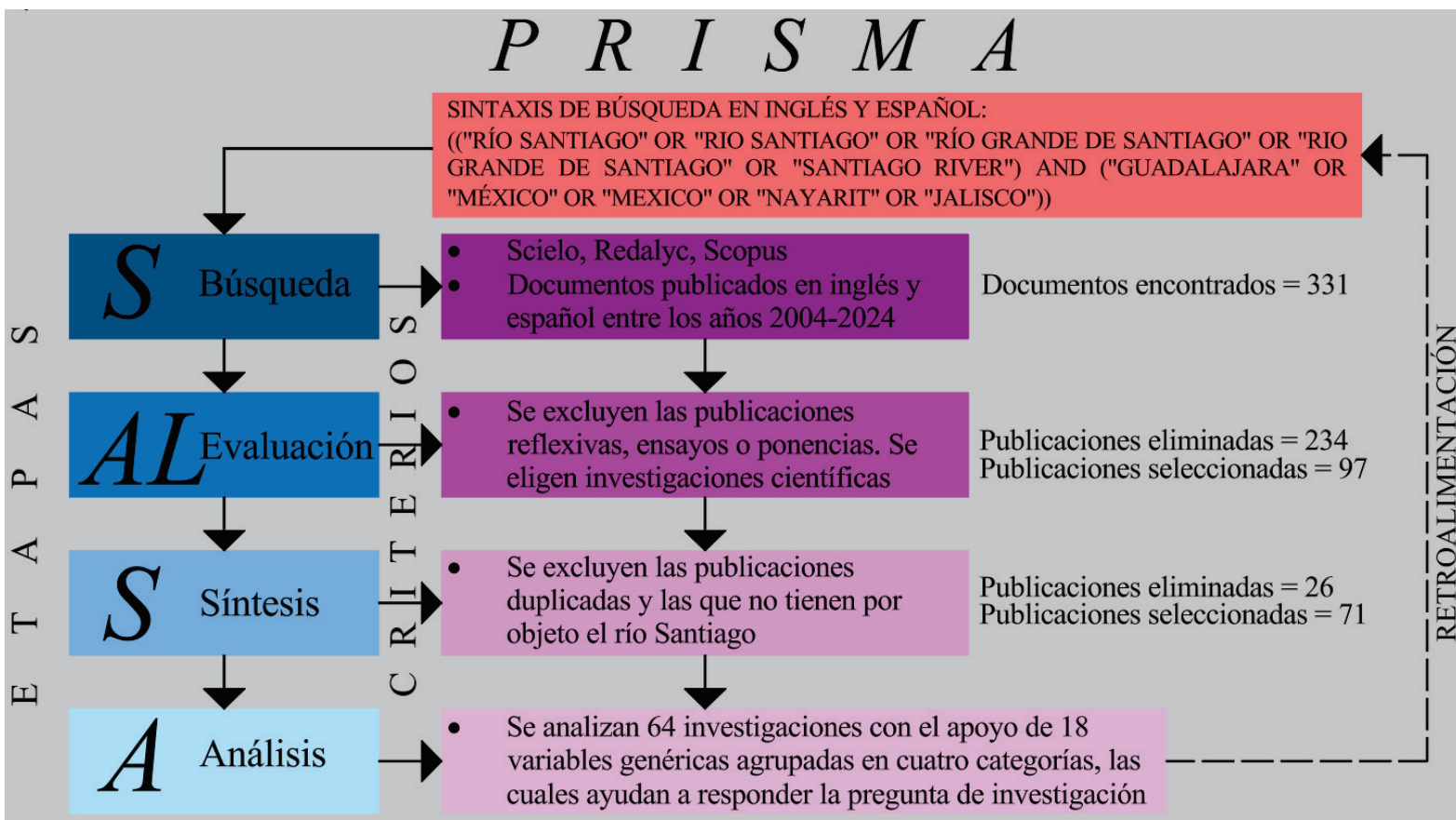


Figura 2. Etapas del proceso metodológico.

Tabla 1. Categorías y variables de análisis.

Categoría	Variables
Características de autores	a) País b) Institución de pertenencia (al momento de la publicación)
Características de la publicación	c) Año d) Revista e) Institución de revista f) Lugar de indexación
Alcances de investigación	g) Caso de estudio (área geográfica) h) Análisis i) Diagnóstico/descripción j) Simulación k) Incidencia
Tendencias de investigación	l) Visión disciplinar m) Bases metodológicas n) Bases teóricas o) Identificación de problemáticas, retos, oportunidades, vacíos analíticos p) Técnicas de recolección y análisis de información q) Enfoques de investigación (cuali, cuanti, mixto) r) Autores más citados

Resultados y discusiones

La cronología de las investigaciones directamente relacionadas con el río Santiago muestra una tendencia cíclica con altibajos en cuanto a las publicaciones en revistas indexadas. La Figura 3 presenta dos picos de

producción científica que corresponden a los años 2010 y 2019-2020, sin embargo, a pesar de los altibajos, la línea de tendencia (línea discontinua en la Figura 3) revela que no ha existido un aumento en la producción científica sobre el río Santiago; esto, a pesar de la urgencia exponencial por mitigar y revertir problemas ambientales, fuertes puntos de contaminación, salud o conservación de especies, entre otros problemas en dicha área geográfica (Alatorre-Zamora, Campos-Enríquez, Belmonte-Jiménez, & Ibarra-Nuño, 2014; González-Gallegos, Morales-Arias, & Rodríguez-Hernández, 2012; Montes-Rubio *et al.*, 2021; Pérez-Ponce-de-León, Zambrano, Domínguez-Domínguez, Pérez-Rodríguez, & Escalera-Vázquez, 2008; Pérez-Rodríguez, Pérez-Ponce-de-León, Domínguez-Domínguez, & Doadrio, 2009). De acuerdo con la línea de tendencia, el comportamiento de producción científica enfocado en el río Santiago ha tenido una ligera inclinación a la baja. Ello da cuenta de la necesidad y tarea que, en primer lugar, tiene la esfera académica y científica de apuntalar la investigación y visibilizar aquellas problemáticas, sobre todo mediante la producción científica y sus diversas formas de divulgación; en segundo lugar, sería importante hacer llegar dicha producción científica a los diversos actores políticos y tomadores de decisiones en materia ambiental relacionada con los ríos, cuencas, biodiversidad, salud, contaminación, turismo y el diseño de políticas públicas.

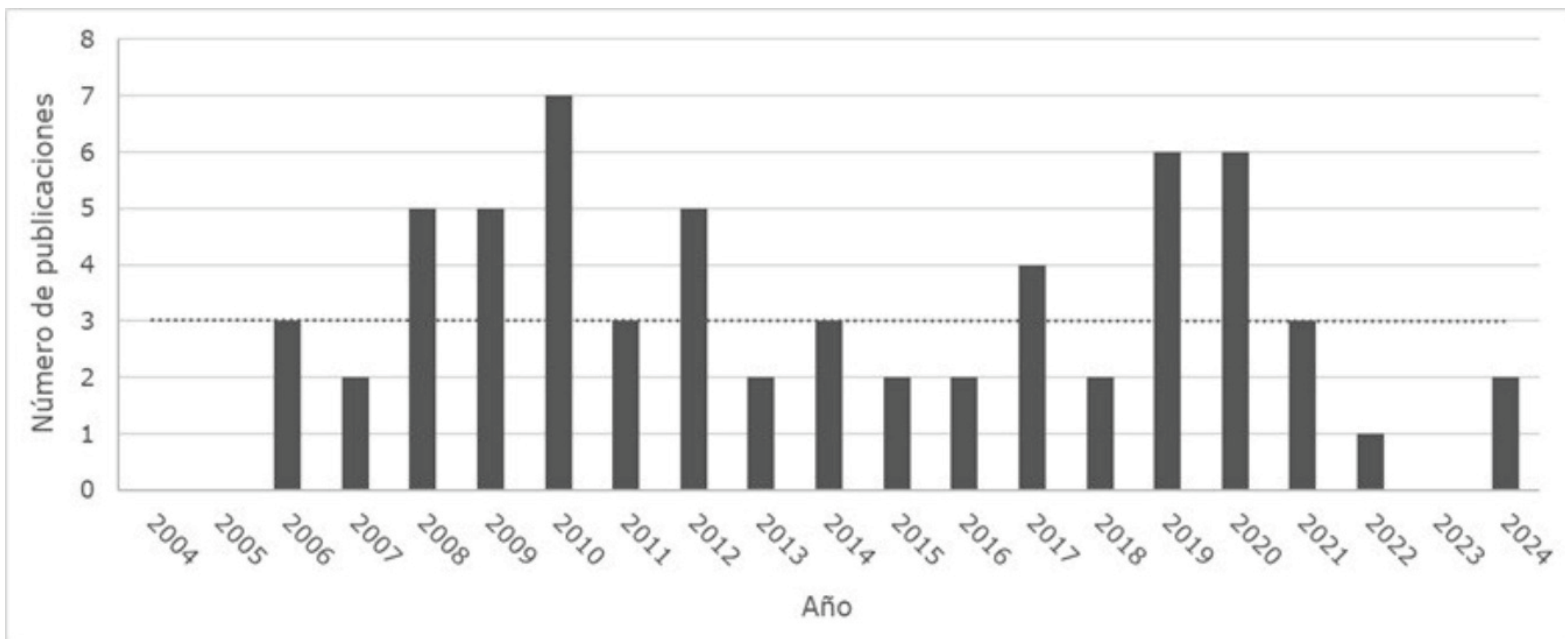


Figura 3. Número de publicaciones científicas en revistas indexadas por año.

Además del nombre del río Santiago, entre los conceptos que más frecuencia de mención tienen destacan los temas de agua; contaminación; calidad del agua; cuenca; especies (asociada sobre todo con biodiversidad animal); gestión; infraestructura; residuos; presa; industrial (en cuanto a corredores industriales), y otros conceptos relevantes de influencia directa sobre el río Santiago y sus recursos (Figura 4). Cabe mencionar que aunque entre los conceptos mayormente identificados están los de contaminación, agua, ambiental o población, las investigaciones sobre la biodiversidad de peces destacan en particular sobre otras (Acevedo-Rosas, Hernández-Galaviz, & Cházaro-Basáñez, 2008; Gómez-Balandra *et al.*, 2012; Macías-Rodríguez, Sahagún-Godínez, & Lomelí-Sención, 2020; Pérez-Ponce-de-León *et al.*, 2008; Pérez-Rodríguez *et al.*, 2009; Tapia-Varela *et al.*, 2021). Sin embargo, la

En la Figura 5 se mencionan las regiones geográficas de estudio en los que más se ha enfocado la investigación científica en el curso del río; entre otras regiones están diversos puntos de la zona metropolitana de Guadalajara; los municipios de El Salto, Juanacatlán y Ocotlán (este último en menor medida) relacionados con la contaminación del río por los corredores industriales localizados en diferentes puntos de estos municipios, los cuales desechan distintos tipos de residuos contaminantes; también se encuentran Matatlán y Huaxtla entre los casos de estudio por los vertederos ubicados en estos puntos que, a través de los lixiviados infiltrados hacia el subsuelo, terminan contaminando diversos puntos del río; otra área de mayor interés de investigación es la región conocida como la Barranca de Huentitán, al noreste de la Zona Metropolitana de Guadalajara, la cual se ha tratado de conservar para fines paisajísticos turísticos; diversas regiones en la desembocadura del río en Nayarit; y presas ubicadas en el cauce, como El Cajón, Aguamilpa, La Yesca, Arcediano, San Rafael, Santa Rosa o la Amado Nervo. Sin embargo, resulta necesario integrar actividades de investigación-acción participativa e involucrar a las poblaciones de estos lugares para lograr generar conciencia, además de fortalecer los marcos normativos y su cumplimiento mediante la constante vigilancia y monitoreo de aquellos actores y actividades que influyen fuertemente en el ecosistema del río.



Figura 5. Estudios de caso analizados con influencia directa hacia el río Santiago.

De las 46 revistas donde se publicaron estas investigaciones analizadas, en la *Revista Mexicana de Biodiversidad* de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se registró un total de siete publicaciones, la que más ha publicado sobre el río; la revista *Sincronía*

de la Universidad de Guadalajara (UDG) registra cuatro publicaciones; *Tecnología y ciencias del agua*, *Agrociencia*, *El Cotidiano*, *Environmental Monitoring and Assessment*, y *Espiral*, entre otras afiliadas a diversas instituciones registran dos publicaciones científicas. Sin embargo, hay muchas otras revistas de distintas instituciones internacionales que registran una publicación científica (Figuras 6 y 7). Esto da cuenta de los alcances geográficos, la relevancia y el interés que ha tenido la investigación sobre el río Santiago durante los últimos 20 años.

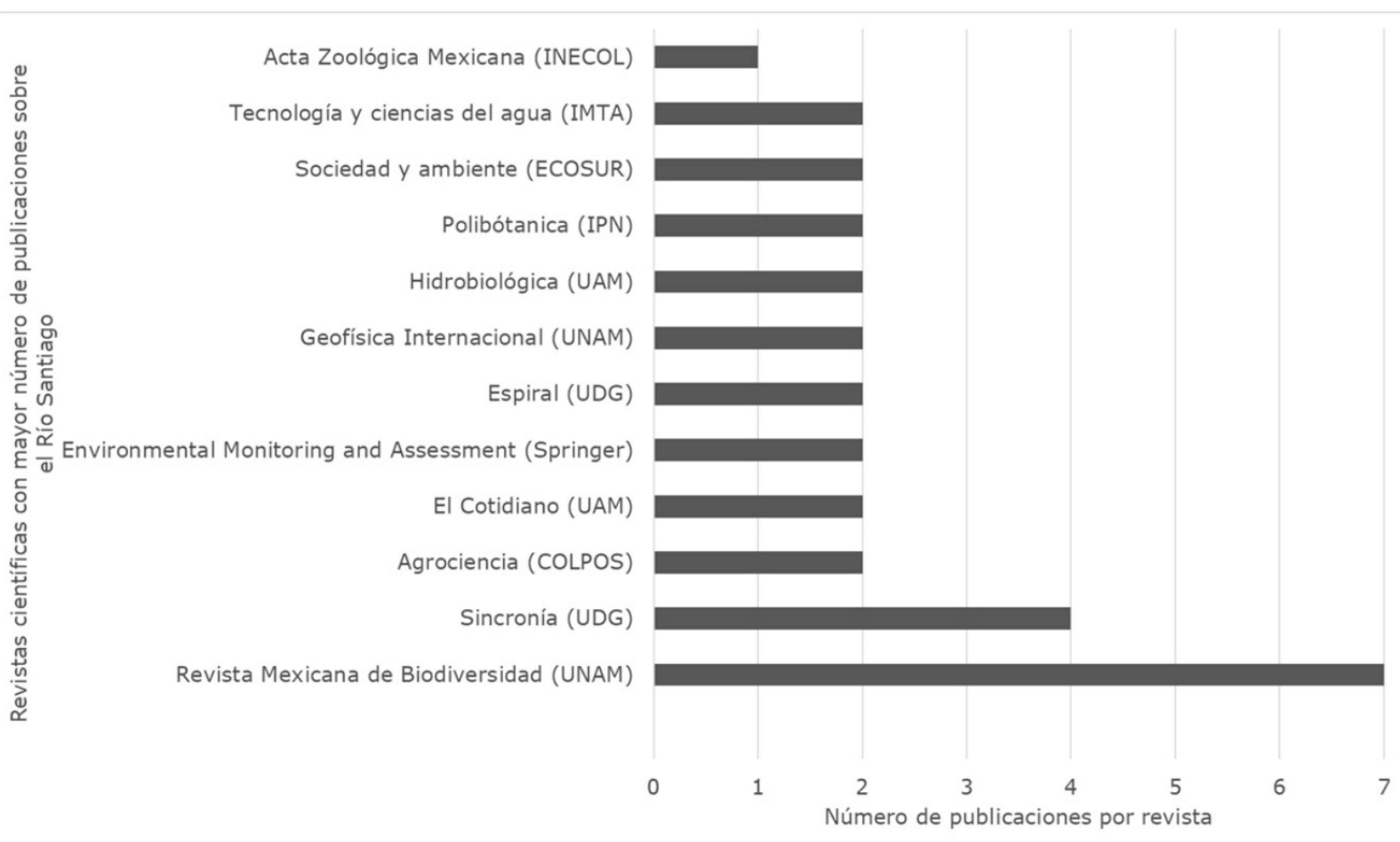


Figura 6. Revistas con mayor número de publicaciones científicas sobre el río Santiago.



Figura 7. Nube de palabras de revistas con mayor número de publicaciones científicas sobre el río Santiago.

Con respecto a las características institucionales de las publicaciones científicas, de las 29 afiliaciones que se identificaron, la de mayor frecuencia fue la UNAM, con 11 publicaciones distribuidas en cuatro revistas, seguida de la UDG con ocho publicaciones en cinco diferentes revistas; después se encontraron otras instituciones de talla internacional como *Springer* con cinco publicaciones en revistas como *Environmental Monitoring and Assessment*, *Journal of Forestry Research* o *Environmental Earth Sciences*; también se encuentran instituciones como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Elsevier y Wiley con cuatro diferentes

revistas; finalmente están otras afiliaciones como El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), el Colegio de Postgraduados (Colpos), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la *American Meteorological Society* (AMS), entre otras instituciones con una publicación (Figura 8).

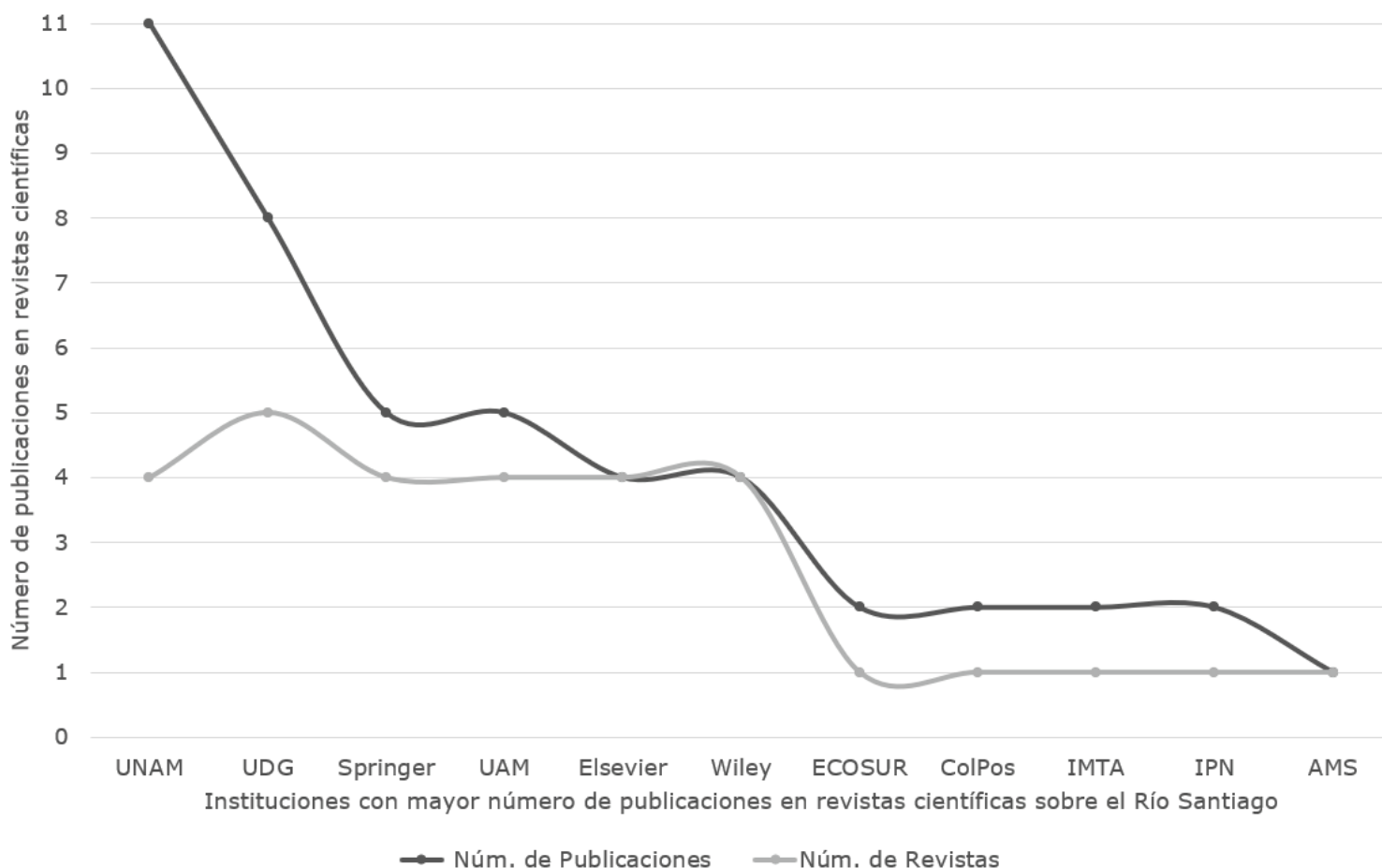


Figura 8. Afiliaciones institucionales con mayor número de publicaciones científicas.

En relación con los autores, por un lado, la Figura 9 representa con diversos colores el número de autores por país que han tenido interés en

el estudio del río Santiago mediante las diferentes temáticas ya mencionadas. Se observa que el país con mayor interés en el río indudablemente es México, sin embargo, el río también ha sido de interés para autores de EUA, en segundo lugar, y de España, en tercer lugar; mientras que para autores de países como Rusia, el interés por la hidrología es lo que los atrae a través del estudio de las presas en el cauce del río; por último, cabe mencionar que el río también ha despertado el interés de autores de Reino Unido, Alemania y Cuba.

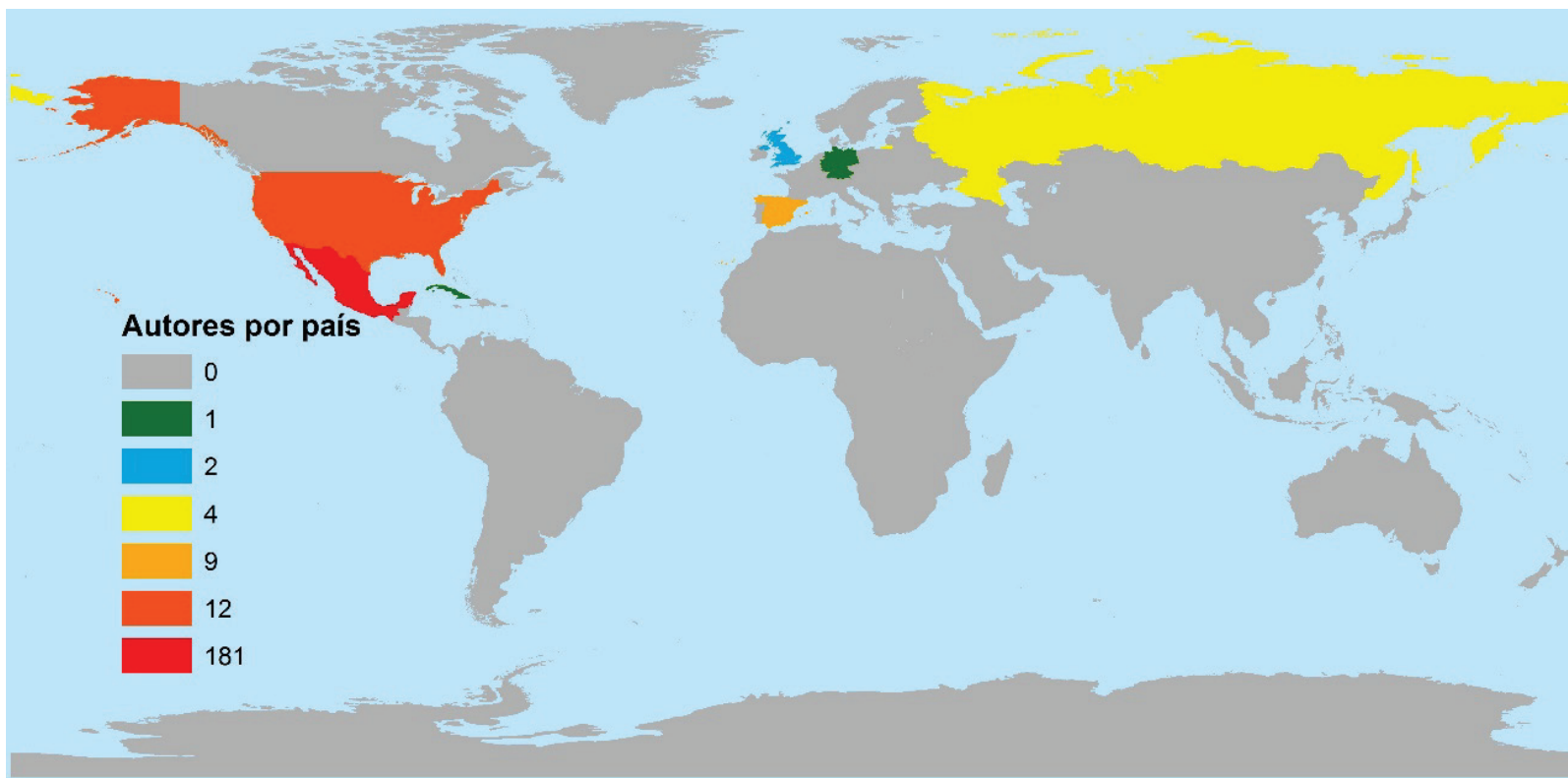


Figura 9. Número de autores con publicaciones científicas por país.

Por otro lado, debido a que los autores afiliados en instituciones mexicanas han sido los más interesados en el estudio del río Santiago, la

Figura 10 da cuenta de los estados mexicanos donde se encuentran afiliados los autores interesados en el tema en cuestión. Se observa que en el estado de Jalisco hay 73 autores que han realizado este tipo de investigaciones, de los cuales cerca del 80 % (58 autores) han pertenecido a la UDG en el momento de la publicación, mientras que el resto se encontraba afiliado en instituciones como el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social de Occidente (CIESAS Occidente), la Universidad del Valle de México Campus Guadalajara o la Universidad Autónoma de Guadalajara. En segundo lugar se encuentra la CDMX con 39 autores de los cuales el 85 % (33) han estado afiliados a la UNAM. En tercer lugar, están los estados de Michoacán y Nayarit, con autores afiliados a la Universidad Autónoma de Nayarit y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

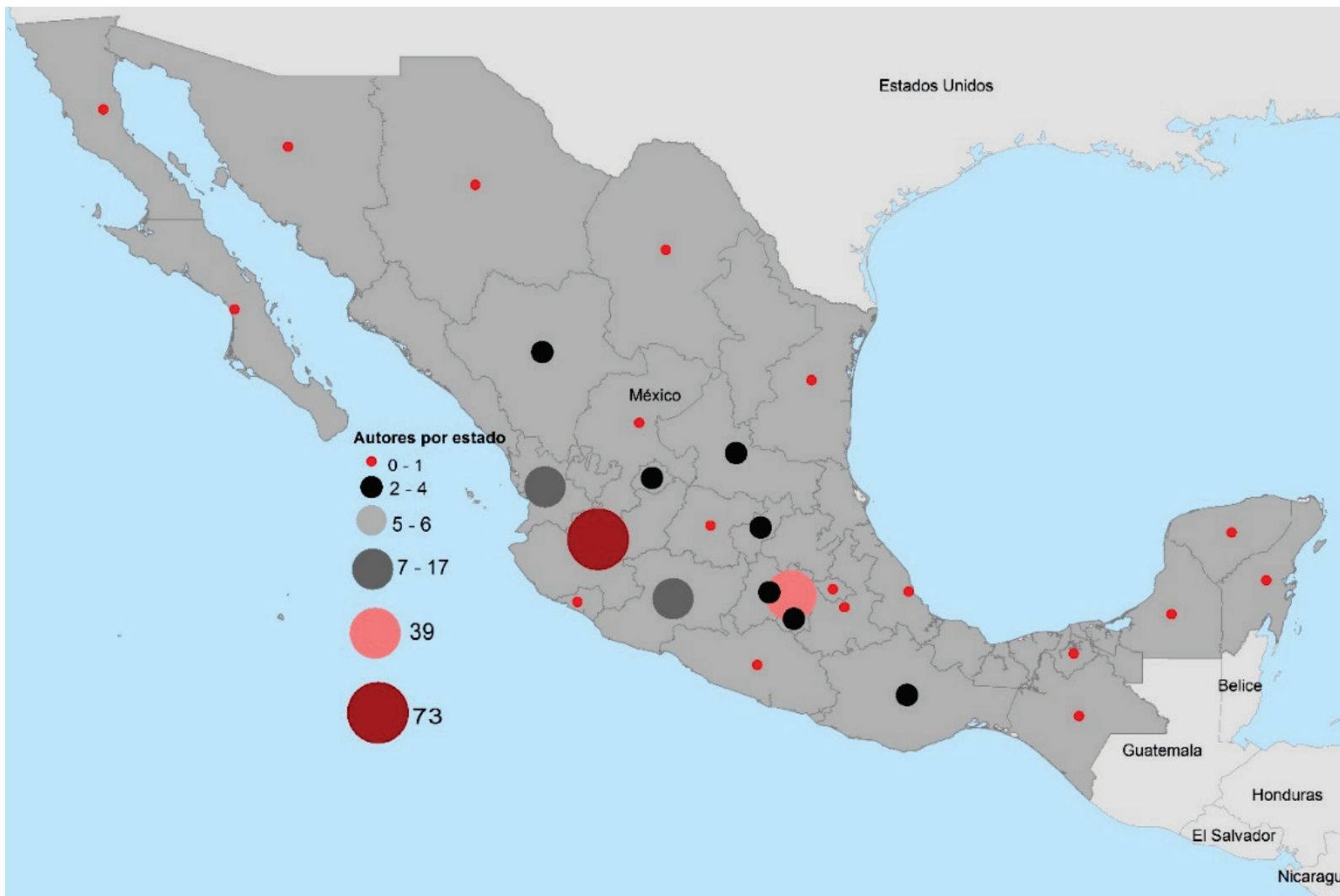


Figura 10. Número de autores con publicaciones científicas por estado.

En cuarto lugar se encuentran los estados de Hidalgo, Sinaloa y Nuevo León con autores en la Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo, en el Instituto Tecnológico de Culiacán o en el Tecnológico de Monterrey. En quinto lugar se ubican los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Durango, Estado de México, Morelos, Oaxaca y Querétaro, con instituciones como la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), el Instituto Potosino de Investigación Científica y

Tecnológica (IPICYT), el IPN, la Universidad Autónoma de Aguascalientes, la Universidad Autónoma de Querétaro, la Universidad Autónoma de Durango, y el Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo), entre otras. Finalmente, se ubican estados como Guanajuato, Yucatán y Zacatecas con un autor en cada entidad en instancias como el Instituto Nacional de Pesca, Yucatán, o la Universidad Autónoma de Zacatecas, entre muchas otras instituciones.

Otro de los resultados relevantes en esta investigación es el de los autores más citados en la Tabla 2, donde destaca un autor de la UMSNH con 30 citas solo en los documentos analizados; cabe destacar que se trata de un biólogo especializado en ciencias del mar y limnología, particularmente interesado en la conservación de especies de peces. También hay autores del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, de la UNAM, del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior (CICESE), de la University of Wisconsin, del IPN, de la Universidad Autónoma de Nayarit, la Universidad Autónoma de Querétaro, la Universidad de Michigan o del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). Todos los autores de estas instituciones especializados en biología, disciplinas biológico-agropecuarias, exploraciones y aplicaciones en geofísica, temas hidrológicos, y la mayoría enfocados en los temas de peces, especializados en acuicultura y manejo ambiental, ictiología, limnología, zoología, ictiofauna y conservación de la biodiversidad de distinto tipo (Tabla 2). Sin embargo, todos ellos, a través de sus temas de interés e investigaciones, argumentan la necesidad urgente de la propia conservación y recuperación del río Santiago para la preservación de la biodiversidad endémica y no endémica en el área de estudio.

Tabla 2. Autores con mayor número de citas en las investigaciones analizadas.

Núm. de citas	Autor	Institución
30	Omar Domínguez-Domínguez	UMSNH
15	Ignacio Doadrio	Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid
13	José Oscar Campos-Enríquez	UNAM
13	M. A. Alatorre-Zamora	CICESE
13	John Lyons	University of Wisconsin
12	Eugenia López-López	IPN
11	José I. Bojórquez-Serrano	Universidad Autónoma de Nayarit
10	Daniel Francisco Campos-Aranda	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
10	Edmundo Díaz-Pardo	Universidad Autónoma de Querétaro
10	Arturo Ruiz-Luna	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
10	Robert Rush-Miller	University of Michigan
9	Juan Diego García-Paredes	Universidad Autónoma de Nayarit

En relación con las tendencias de investigación, las Figuras 11 y 12 muestran que las investigaciones sobre el río Santiago han tenido diferente tipo de alcance; algunas han estado destinadas a realizar descripciones o diagnósticos sobre los temas anteriormente mencionados; otras profundizan en comparaciones o investigaciones donde se analizan determinadas variables que afectan el río, es decir, trascienden los diagnósticos y descripciones; otras han sido destinadas a proyectar simulaciones en el tiempo o a generar modelos para sugerir mejoras en la gestión del río. Evidentemente, las investigaciones más comunes han sido aquellas que tienen alcances diagnósticos y analíticos,

sin embargo es necesario impulsar aquellas investigaciones que sugieren simulaciones o modelado, ya que resultan de enfoques integrativos y sistémicos que involucran una visión compleja de la dinámica ecosistémica del río, de modo que el aprendizaje y conocimiento del sistema resulta más sólida y real.

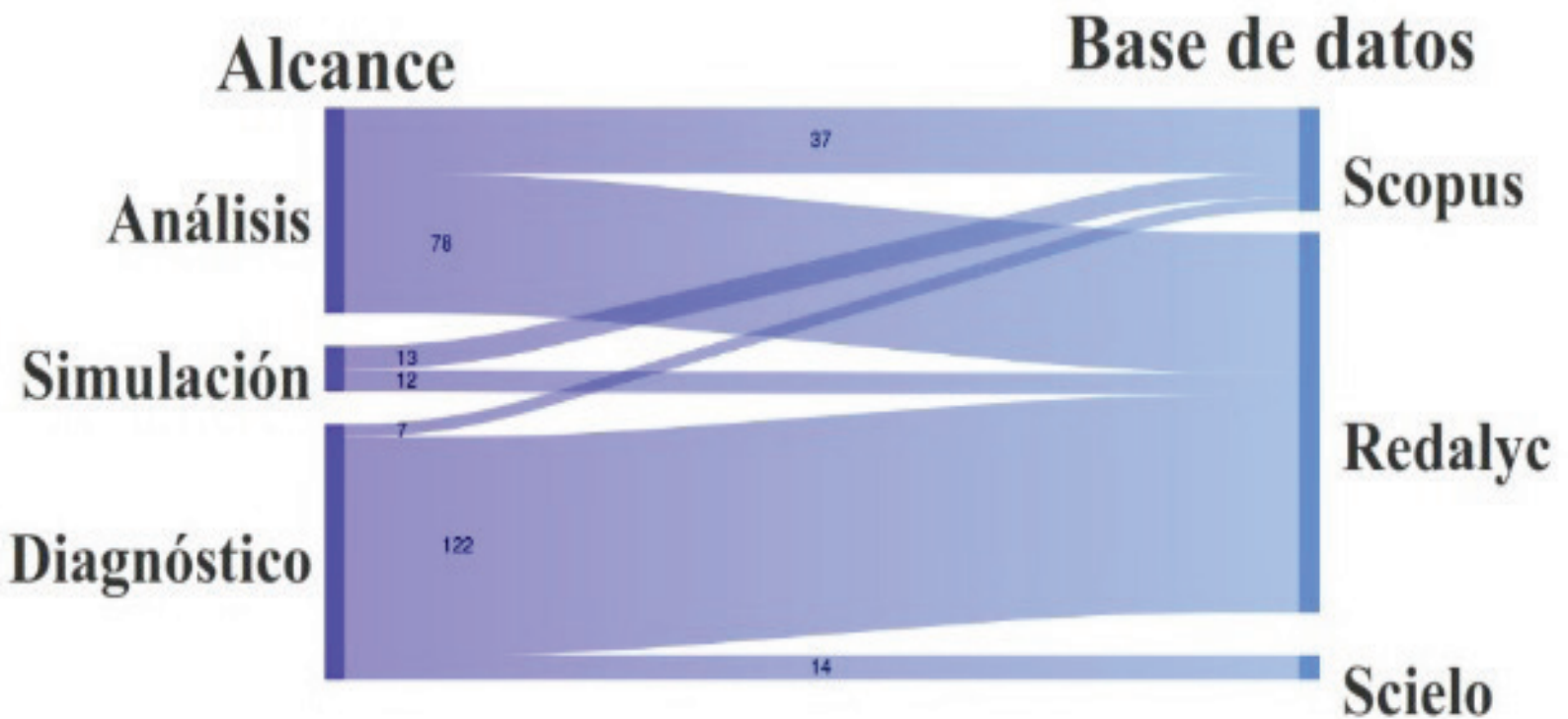


Figura 11. Alcances de investigación de acuerdo con la base de datos donde se descargó la publicación.

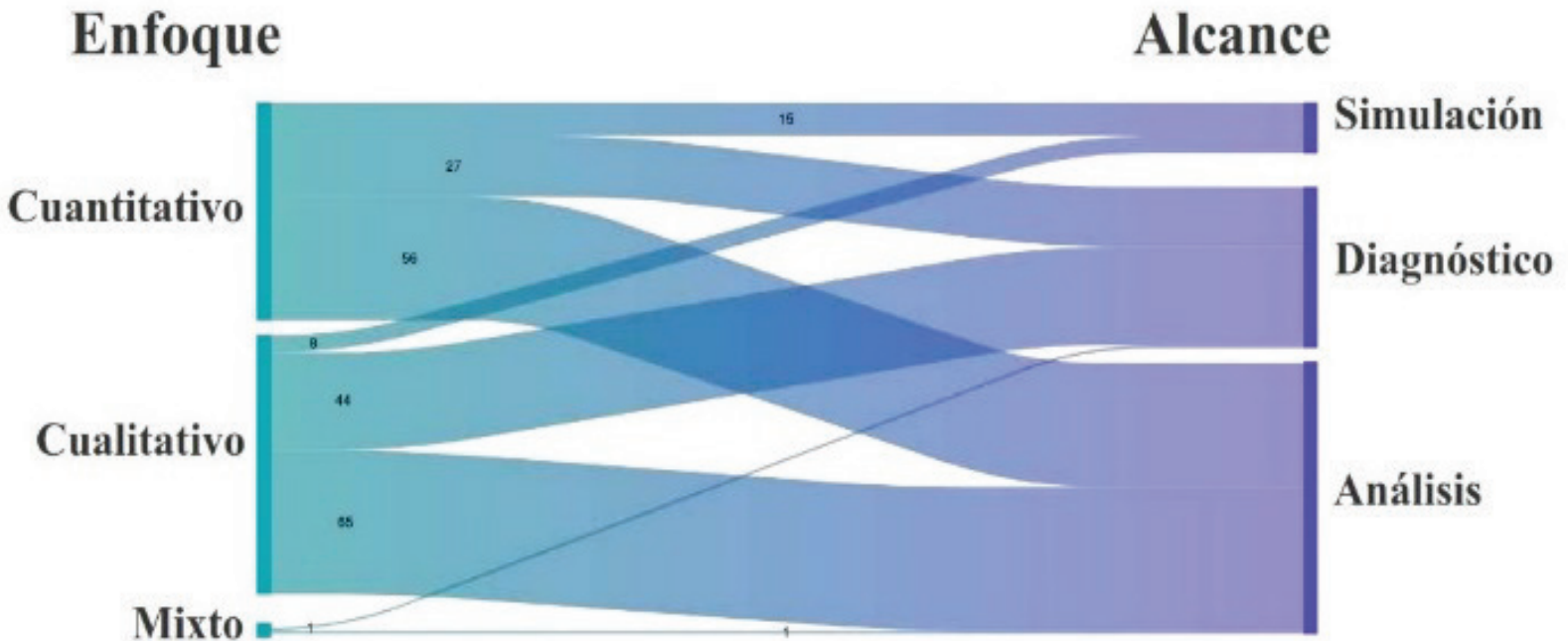


Figura 12. Alcances de investigación de acuerdo con el enfoque metodológico de investigación.

La Figura 11 indica que la mayoría de las publicaciones descargadas de Scopus tienen alcances analíticos y de simulación, solo un bajo porcentaje tiene alcances diagnósticos; por su lado, en la base de datos de Redalyc pasa lo contrario: la mayoría de las investigaciones tiene alcances diagnósticos y descriptivos en primer lugar; analíticos, en segundo lugar, y un escaso porcentaje de producción científica con alcances de simulación en tercer lugar. Por último, los alcances de las investigaciones de Scielo son todos diagnósticos. En este sentido, es importante aclarar que del total de los documentos analizados, el 62.5 % está indexado en la base de datos Redalyc; el 31.25 %, en Scopus, y solo el 6.25 % en Scielo.

La Figura 12 muestra que los porcentajes de investigaciones que parten de enfoques cuantitativos y cualitativos son muy similares, mientras que destacan poco aquellos enfoques mixtos; asimismo, su correlación muestra los alcances de investigación y revela que los enfoques cuali y cuanti tienen por lo general alcances analíticos y diagnósticos, mientras que los cuantitativos tienen alcances generalmente de simulación por la naturaleza de los datos.

Por su parte, la Figura 13 revela los niveles de correlación existentes entre los alcances investigativos con las etapas de investigación que han sido prioritarias en términos generales para distinto tipo de alcance. Entre las investigaciones que han propuesto simulaciones o modelos de incidencia metodológica y empírica, la etapa analítica ha sido prioritaria con el apoyo básicamente de modelos matemáticos, geoestadística y estadística, análisis de interpolación y regresión, análisis de la calidad del agua para estimar riesgos de contaminación, modelos basados en algoritmos para conocer políticas de operación y comportamiento de distintos embalses en el río o sistemas de teledetección de erosión y crecientes del río. Para las investigaciones que se han enfocado en diagnósticos y descripciones o análisis, las tres etapas de investigación (recolección, análisis y presentación de datos) han tenido niveles de importancia muy similares; entre las técnicas que destacan para la presentación de los resultados se tienen las gráficas e ilustrativas, aunque en los diagnósticos la mayoría han sido descriptivas; mientras que para la recolección y análisis, el apoyo en marcos metodológicos tradicionales ha sido menor, lo que ha ayudado a una construcción integral de técnicas con el apoyo de bases de datos existentes de fuentes oficiales, encuestas, entrevistas, cartografía, indicadores o tomas de muestras, así como monitoreo y recorridos de campo.



Figura 13. Importancia de las etapas de investigación para determinados alcances investigativos.

Además, cabe destacar que tanto las oportunidades de investigación como los retos o problemáticas a superar están relacionados, pues un reto a superar puede ser una oportunidad tanto de investigación como de implementación. Entre los retos más mencionados en los documentos analizados están la contaminación del río por lixiviados de vertederos, la investigación y visibilización de residuos industriales hacia el cauce del río y la falta de saneamiento, así como una mala gestión, falta de monitoreo y escasa participación de incidencia para mejorar el manejo no solo del río sino de la cuenca, ya que los ríos Verde, Bolaños y Zula dentro de la cuenca confluyen hacia el río Santiago, los cuales comparten problemáticas muy similares; por tanto, uno de los

principales retos es buscar un manejo integral y participativo en la cuenca, además de visibilizar y controlar aquellos actores comerciales, industriales, políticos o incluso de la sociedad civil que ponen en riesgo la salud del ecosistema del río y sus ecosistemas relacionados.

Es importante destacar en estas investigaciones analizadas la poca presencia de las ciencias sociales. Sin embargo, cabe aclarar que por la naturaleza de los documentos analizados, que fueron solo artículos científicos ubicados en las bases de datos de Scopus, Redalyc y Scielo, se seleccionó un bajo porcentaje de investigaciones desde las disciplinas sociales, dado que la mayoría de publicaciones de este sector académico se encuentra en capítulos de libros, revisiones, tesis, ensayos, reflexiones o incluso libros completos; solo por mencionar algunos, están los libros titulados *Situación ambiental de la cuenca del río Santiago-Guadalajara*; *Arqueología en el río Santiago, Jalisco. Homenaje póstumo al arqueólogo Carlos López Cruz*, y *Las ciencias en los estudios del agua. Viejos desafíos sociales y nuevos retos* (Bollo-Manent et al., 2017; Cabrero-García, 2016; Rojas-Ramírez, Torres-Rodríguez, & González-Santana, 2018). Sin embargo, sí existen investigaciones desde las ciencias sociales, pero no entraron en nuestra muestra de selección desde la metodología construida. Así, es necesario revisar a futuro las tendencias y los retos de investigaciones con muestras metodológicas que incluyan libros, tesis y capítulos de libros, entre otro tipo de publicaciones.

En contraste con la poca presencia de los estudios desde las ciencias sociales en este artículo, se observa que destaca la presencia de las ciencias biológicas y ciencias de la tierra. Así, se pueden identificar ventanas de oportunidad para desarrollar trabajo interdisciplinario e integrar diversos campos de investigación desde las ciencias sociales, las ciencias exactas, de la tierra, biológicas, de la salud e incluso desde la

ciencia política, la política pública y los derechos humanos. Además de buscar que del trabajo interdisciplinar resulten propuestas para la implementación de políticas y mejorar la gestión integral del río Santiago.

Finalmente, es importante señalar la necesidad de integración por parte de la población ribereña, la sociedad civil y las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales al trabajo de investigación transdisciplinaria. Tal integración estaría condicionada al trabajo colaborativo entre disciplinas, ya que apoyaría la implementación de mecanismos de monitoreo participativo constante de la calidad de las aguas del río y otras problemáticas que requieran de la observación permanente por parte de la academia y de la sociedad involucrada. Este tipo de situaciones, donde se integren diversos actores sociales y sobre todo los habitantes ribereños, ayudaría a mejorar la implementación de políticas públicas debido a la apropiación del trabajo participativo.

Conclusiones y recomendaciones

Se sugiere tomar en cuenta en futuras investigaciones diversos aspectos que se traducen en problemáticas que están afectando directamente el río Santiago, por ejemplo, crisis de contaminación, pérdida de biodiversidad acuática y sus implicaciones, desigualdades regionales en la cobertura de investigación, fragmentación en la gobernanza del río Santiago o la propuesta de acciones prioritarias para la gestión integral de la cuenca.

Con respecto a la crisis de contaminación del río Santiago, diversos estudios documentan los vertidos industriales y la falta de tratamiento adecuado de aguas residuales, lo cual ha deteriorado de manera manifiesta la calidad del agua y ha afectado tanto a las comunidades

humanas como a la biodiversidad. Además, los alcances que ha tenido esta contaminación en la salud pública han derivado en un aumento significativo de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y ciertos tipos de cáncer en las comunidades locales; esto, sin mencionar que la flora y fauna han sufrido daños irreversibles, con pérdidas importantes en especies endémicas que cumplen funciones ecológicas clave. Es necesario emprender investigaciones integrales que aborden tanto las fuentes como las consecuencias de la contaminación, considerando la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes y su dispersión en el ecosistema. También es fundamental hacer cumplir las normativas ambientales y promover tecnologías avanzadas de tratamiento de agua con el apoyo de programas de control de calidad, con sistemas de monitoreo y con sanciones más estrictas a las industrias que vierten desechos tóxicos. De modo que la coordinación intergubernamental es crucial para una gestión eficaz de los recursos hídricos.

Cabe mencionar que la pérdida de biodiversidad acuática ha alterado procesos ecológicos esenciales y ciclos biológicos e interacciones entre especies. Otro foco de alarma es la reducción de las actividades económicas de las comunidades, como la pesca artesanal y el turismo, así como las afectaciones en diversos servicios ecosistémicos de provisión, culturales, de soporte y de regulación que produce el río Santiago. En este sentido, las investigaciones deben enfocarse en la incidencia e integración de las comunidades ribereñas en los procesos de investigación para fomentar actividades económicas sostenibles, como el ecoturismo y la pesca regulada, que alivien la presión sobre el ecosistema. Es importante que se diseñen proyectos integrales de conservación de hábitats críticos y biodiversidad, que incluyan incentivos para prácticas sostenibles y la restauración ecológica de las áreas afectadas.

La investigación sobre el río Santiago presenta una cobertura desigual, con un enfoque excesivo en áreas urbanas e industriales, lo que ha dejado lagunas importantes sobre los impactos en otras zonas del río y sus afluentes. Esta cobertura desigual limita la toma de decisiones y genera un conocimiento fragmentado, impidiendo evaluar de forma adecuada las interconexiones hidrológicas y los flujos de contaminantes. Es esencial la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria para llevar a cabo estudios integrativos y comparativos entre diferentes segmentos del río para obtener una visión integral del ecosistema y sus problemáticas. Resulta vital para una planificación adecuada y sostenible la creación de un observatorio ambiental no solo del río, sino de la cuenca, que centralice y coordine la recolección y análisis de datos.

Se percibe una fuerte fragmentación en la gobernanza del río Santiago debido a la falta de coordinación entre políticas locales, estatales y federales. Aunado a esto, la débil implementación de las normativas refuerza aquella fragmentación de la gobernanza del río Santiago y obstaculiza una gestión eficaz del recurso hídrico. Este enfoque fragmentado perpetúa los problemas de contaminación y dificulta la conservación de la biodiversidad y protección de hábitats críticos. Así, es necesario crear una estructura de gobernanza a nivel de cuenca que coordine esfuerzos entre todos los niveles de gobierno y actores involucrados, para enfrentar de manera efectiva los desafíos socioambientales.

Finalmente, la falta de participación comunitaria efectiva ha limitado la implementación de políticas inclusivas y sostenibles. Además, la ausencia de sistemas de vigilancia y monitoreo participativo ha restringido la capacidad de gestionar de manera adecuada los riesgos ambientales. La investigación-acción participativa permite una comprensión más

profunda y basada en evidencia de los problemas de la cuenca, integrando las perspectivas y experiencias de las comunidades locales, lo cual apoya el desarrollo de modelos de investigación-acción participativa que involucren a las comunidades locales en la identificación y solución de problemáticas ambientales. Resulta urgente tanto el diseño de programas de monitoreo comunitario y educación ambiental que capaciten a las comunidades locales como el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia mediante tecnologías accesibles y la creación de redes de observadores locales. La colaboración entre academia, gobierno y organizaciones de la sociedad civil garantizará un enfoque multidisciplinario y participativo en la gestión integral del río Santiago y la cuenca.

Referencias

- Acevedo-Rosas, R., Hernández-Galaviz, M. M., & Cházaro-Basáñez, M. (2008). Especies de plantas vasculares descritas de las barrancas aledañas a la ciudad de Guadalajara y de río Blanco, Jalisco, México. *Polibotánica*, 26, 1-38. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/757>
- Ahumada-Carrillo, I. T., Arenas-Monroy, J. C., & Íñiguez, M. A. (2013). Presence of the ocelot (*Leopardus pardalis*) in northern Jalisco, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 718-721. <https://doi.org/10.7550/rmb.34014>
- Alatorre-Zamora, M. Á., Campos-Enríquez, J. O., Belmonte-Jiménez, S. I., & Ibarra-Nuño, J. (2014). Inference of fault and fracture systems beneath the Matatlán waste dump basement, a VLF study. *Geofísica Internacional*, 53(3), 241-257. [https://doi.org/10.1016/S0016-7169\(14\)71503-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7169(14)71503-X)

- Arellano-Aguilar, O., Ortega-Elorza, L., & Gesundheit-Montero, P. (2012). *Estudio de la contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región* (Informe). Ciudad de México, México: Greenpeace México. <https://agua.org.mx/biblioteca/estudio-de-la-contaminacion-en-la-cuenca-del-rio-santiago-y-la-salud-publica-en-la-region-3/>
- Basak, S. M., Hossain, M. S., Tusznió, J., & Grodzińska-Jurczak, M. (2021). Social benefits of river restoration from ecosystem services perspective: A systematic review. *Environmental Science & Policy*, 124, 90-100. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.005>
- Bollo-Manent, M., Montañó-Salazar, R., & Hernández-Santana, J. R. (2017). *Situación ambiental de la cuenca del río Santiago-Guadalajara*. Morelia, México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la Universidad Nacional Autónoma De México (UNAM); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (Semadet). https://sigat.semadet.jalisco.gob.mx/pofa/index_archivos/libro/Libro%20SACRSG_vf.pdf
- Böck, K., Polt, R., & Schülting, L. (2018). Ecosystem services in river landscapes. En: Schmutz, S., & Sendzimir J. (eds.). *Riverine ecosystem management* (pp. 413-433). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_21
- Bray, D. B., Ellis, E. A., Armijo-Canto, N., & Beck, C. T. (2004). The institutional drivers of sustainable landscapes: A case study of the “Mayan Zone” in Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy*, 21(4), 333-346. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.11.001>

- Cabrero-García, M. T. (ed.). (2016). *Arqueología en el río Santiago, Jalisco. Homenaje póstumo al arqueólogo Carlos López Cruz*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C., & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), 234-242. <https://doi.org/10.1038/35012241>
- Cisneros-Puebla, C. A. (2003). Análisis cualitativo asistido por computadora. *Sociologías*, 9, 288-313. <https://doi.org/10.1590/s1517-45222003000100010>
- Codina, L. (2020). Cómo hacer revisiones bibliográficas tradicionales o sistemáticas utilizando bases de datos académicas. *Revista ORL*, 11(2), 139. <https://doi.org/10.14201/orl.22977>
- Collier, K. J., Baker, C., David, B. O., Górski, K., & Pingram, M. A. (2019). Linking ecological science with management outcomes on New Zealand's longest river. *River Research and Applications*, 35(5), 476-488. <https://doi.org/10.1002/rra.3181>
- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (s. f.). *Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas (SIGACUA): localizador de aprovechamientos*. Ciudad de México, México: Gobierno de México. <https://sigagis.conagua.gob.mx/aprovechamientos/>

- Duan, W., He, B., Nover, D., Yang, G., Chen, W., Meng, H., Zou, S., & Liu, C. (2016). Water quality assessment and pollution source identification of the eastern Poyang lake basin using multivariate statistical methods. *Sustainability*, 8(2), 133. <https://doi.org/10.3390/su8020133>
- García-Espino, J. C., & Valdés-Fernández, C. L. (2019). Estabilidad, sensibilidad y antropización de los paisajes de la Reserva de la Biosfera Buenavista, Cuba. *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 189-213. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.7>
- García-Perdomo, H. A. (2015). Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis. *Urología Colombiana*, 24(1), 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.uroco.2015.03.005>
- Gilvear, D., Greenwood, M., Thoms, M., & Wood, P. (2016). *River science: Research and management for the 21st century*. New York, USA: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118643525>
- Gómez-Balandra, M. A., Díaz-Pardo, E., & Gutiérrez-Hernández, A. (2012). Composición de la comunidad íctica de la cuenca del río Santiago, México, durante su desarrollo hidráulico. *Hidrobiológica*, 22(1), 62-78. <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/682>
- González-Gallegos, J. G., Morales-Arias, J. G., & Rodríguez-Hernández, J. L. (2012). *Salvia cacomensis* (Lamiaceae), a new species from Jalisco, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.968>

- Habit, E., García, A., Díaz, G., Arriagada, P., Link, O., Parra, O., & Thoms, M. (2019). River science and management issues in Chile: Hydropower development and native fish communities. *River Research and Applications*, 35(5), 489-499. <https://doi.org/10.1002/rra.3374>
- Hassan-Al-Taai, S. H. (2021). Water pollution its causes and effects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 790(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/790/1/012026>
- Hernández-Hurtado, H., Romero-Villaruel, J. de J., & Hernández-Hurtado, P. S. (2011). Ecología poblacional de *Crocodylus acutus* en los sistemas estuarinos de San Blas, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.3.700>
- Hutton, B., Catalá-López, F., & Moher, D. (2016). La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Medicina Clínica*, 147(6), 262-266. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2016.02.025>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Geografía y medio ambiente. Marco Geoestadístico*. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#descargas>
- Kakade, A., Salama, E.-S., Han, H., Zheng, Y., Kulshrestha, S., Jalalah, M., Harraz, F. A., Alsareii, S. A., & Li, X. (2021). World eutrophic pollution of lake and river: Biotreatment potential and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101604. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101604>

- Li, Y., Fang, L., Yuanzhu, W., Mi, W., Ji, L., Guixiang, Z., Yang, P., Chen, Z., & Bi, Y. (2022). Anthropogenic activities accelerated the evolution of river trophic status. *Ecological Indicators*, 136, 108584. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108584>
- Lin, F., Ren, H., Qin, J., Wang, M., Shi, M., Li, Y., Wang, R., & Hu, Y. (2024). Analysis of pollutant dispersion patterns in rivers under different rainfall based on an integrated water-land model. *Journal of Environmental Management*, 354, 120314. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120314>
- Lin, L., Yang, H., & Xu, X. (2022). Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880246>
- Macías-Rodríguez, M. Á., Sahagún-Godínez, E., & Lomelí-Senci3n, J. A. (2020). *Pitcairnia abundans* l.b.sm. (*bromeliaceae*): Supplementary description, range extension and conservation status of an endemic Mexican plant. *Polibot3nica*, 23, 93-100. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/728>
- Mart3nez, S., Kralisch, S., Escolero, O., & Perevochtchikova, M. (2015). Vulnerability of Mexico City's water supply sources in the context of climate change. *Journal of Water and Climate Change*, 6(3), 518-533. <https://doi.org/10.2166/wcc.2015.083>
- McDonald, R. I., Weber, K. F., Padowski, J., Boucher, T., & Shemie, D. (2016). Estimating watershed degradation over the last century and its impact on water-treatment costs for the world's large cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(32), 9117-9122. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605354113>

- Montes-Rubio, P. Y., Aguilar-Castro, N., Ávila-Domínguez, R., Macbani-Olvera, P., Raygoza-Anaya, M., Garnica-Guerrero, B., Reynoso-Vázquez, J., & Ruvalcaba-Ledezma, J. C. (2021). Contaminación del río Santiago: un problema epidemiológico ambiental persistente de Salud Pública en Jalisco, México. *JONNPR*, 6(9), 22-36. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3951>
- Núñez, J. M. (2024, 5 de abril). *Opinión: los desafíos de México frente a la crisis por escasez de agua*. Ciudad de México, México: IBERO. <https://prensa.iberomx.com/es-MX/nota/opinion-los-desafios-de-mexico-frente-a-la-crisis-por-escasez-de-agua>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9). <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pérez-Ponce-de-León, G., Zambrano, L., Domínguez-Domínguez, O., Pérez-Rodríguez, R., & Escalera-Vázquez, L. H. (2008). Cambio en la distribución de goodeidos (*Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae*) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(002). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2008.002.551>

- Pérez-Rodríguez, R., Pérez-Ponce-de-León, G., Domínguez-Domínguez, O., & Doadrio, I. (2009). Una especie nueva de *Algansea* (*Actinopterygii: Cyprinidae*) en la cuenca del río Ameca en el centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(002). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.002.609>
- Petsch, D. K., Cionek, V. de M., Thomaz, S. M., & Dos Santos, N. C. L. (2023). Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. *Hydrobiología*, 850, 2563-2584. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04916-7>
- Quezada-Hipolito, J., Smith, E. N., Suazo-Ortuño, I., Alvarado-Díaz, J., González, C., Thammachoti, P., & Smart, U. (2019). Diversidad y divergencia de 10 especies de anfibios de la cuenca del río Santiago como resultado del vulcanismo en el Cinturón Volcánico Transmexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(0). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2448>
- Raman, B. V, Bouwmeester, R., & Mohan, S. (2009). Fuzzy logic water quality index and importance of water quality parameters. *Air, Soil and Water Research*, 2. <https://doi.org/10.4137/ASWR.S2156>
- Rojas-Ramírez, J. J., Torres-Rodríguez, A., & González-Santana, O. M. (2018). *Las ciencias en los estudios del agua. Viejos desafíos sociales y nuevos retos*. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tonalá (CUTonalá).
- Roldán-Villanueva, O. A. (2021). Impacto de las actividades antrópicas en las áreas naturales protegidas. *Innova Biology Sciences*, 1(2), 18-32. <https://doi.org/10.58720/ibs.v1i2.15>

- Sánchez-Montoya, M. M. (2024). Relevancia ecológica de los ríos temporales para la fauna terrestre. *Ecosistemas*, 33(1), 2694. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2694>
- Shaad, K., Souter, N. J., Vollmer, D., Regan, H. M., & Bezerra, M. O. (2022). Integrating ecosystem services into water resource management: An indicator-based approach. *Environmental Management*, 69(4), 752-767. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01559-7>
- Stockholm Environmental Institute, T. C. for E. E. (SEI-C. (2017). *The systematic review and map methodology course*. Stockholm, Sweden: Stockholm Environmental Institute. <https://systematicreviewmethods.github.io/index.html>
- Tapia-Varela, J. R., Palacios-Salgado, D. S., Ponce-Palafox, J. T., Romero-Bañuelos, C. A., Nieto-Navarro, J. T., Aguiar-García, P., & Wakida-Kusunoki, A. (2021). Record and establishment of the non-native *Loricariid* catfish genus *Pterygoplichthys* (*Siluriformes: Loricariidae*) in the coastal plain of San Blas, Nayarit, Southeast Gulf of California, Mexico. *Limnética*, 40(1), 93-102. <https://doi.org/10.23818/limn.40.07>
- Thoms, M. C., & Sheldon, F. (2019). Large rivers as complex adaptive ecosystems. *River Research and Applications*, 35(3), 372-384. <https://doi.org/10.1002/rra.3448>

- Turner, B. L., Villar, S. C., Foster, D., Geoghegan, J., Keys, E., Klepeis, P., Lawrence, D., Mendoza, P. M., Manson, S., Ogneva-Himmelberger, Y., Plotkin, A. B., Salicrup, D. P., Chowdhury, R. R., Savitsky, B., Schneider, L., Schmook, B., & Vance, C. (2001). Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: An integrative approach. *Forest Ecology and Management*, 154(3), 353-370. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00508-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00508-4)
- Urrutia, G., Tort, S., & Bonfill, X. (2005). Metaanálisis (QUOROM). *Medicina Clínica*, 125, 32-37. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-metaanalisis-quorom--13083728>
- Wei, H., Rao, Y., Liu, J., Wang, Y., & Cao, Y. (2024). Impact on urban river water quality and pollution control of water environmental management projects based on SMS-Mike21 coupled simulation. *Scientific Reports*, 14(1), 6492. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57201-z>