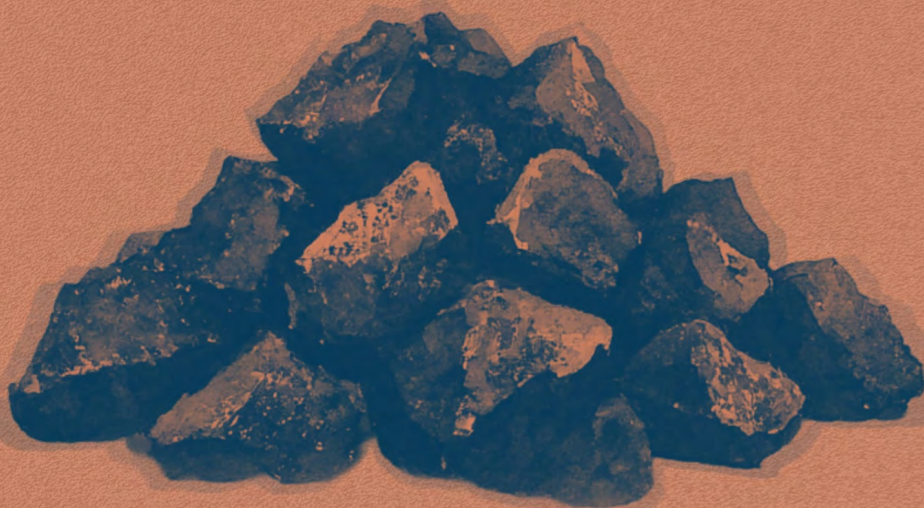


Metodología científica para la investigación *en servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono*



Freddy Marco Armijos-Arcos · Fernando Ricardo Márquez Sañay
Cristian Alexander Salazar Flores

Freddy Marco Armijos-Arcos, Fernando Ricardo Márquez Sañay,
Cristian Alexander Salazar Flores

Metodología científica para la investigación
*en servicios ecosistémicos y cuantificación
de carbono*

Religación Press
[Ideas desde el Sur Global]

*Scientific methodology for research in ecosystem services and carbon
quantification*

*Metodologia científica para a pesquisa em serviços ecossistêmicos e
quantificação de carbono*

Religación Press

[Ideas desde el Sur Global]

Equipo Editorial

Editorial team

Ana B. Benalcázar

Editora Jefe / Editor in Chief

Felipe Carrión

Director de Comunicación / Scientific Communication Director

Melissa Díaz

Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator

Sarahi Licango Rojas

Asistente Editorial / Editorial Assistant

Consejo Editorial

Editorial Board

Jean-Arsène Yao

Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova

Fabiana Parra

Mateus Gamba Torres

Siti Mistima Maat

Nikoleta Zampaki

Silvina Sosa

Victor Ancajima Miñán

.....

Religación Press, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones
CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the
CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: press@religacion.com

www.religacion.com

Disponibile para su descarga gratuita en | Available for free download at

<https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



El presente libro tienen el aval del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina - CICSHAL.



Título: Metodología científica para la investigación en servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono

Derechos de autor | Copyright: Freddy Marco Armijos-Arcos, Fernando Ricardo Márquez Sañay, Cristian Alexander Salazar Flores

Primera Edición | First Edition: 2026

Editorial | Publisher: Religación Press

Materia Dewey | Dewey Subject: 540 - Química y ciencias afines

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: PSAF - Ecología, la biosfera / GPS - Métodos de investigación: generalidades

BISAC: SCI043000

Público objetivo | Target audience: Profesional / Académico | Professional / Academic

Colección | Collection: Ciencias

Soporte | Format: PDF / Digital

Publicación | Publication date: 2026-04-09

ISBN: 978-9942-594-40-2

[APA 7]

Armijos-Arcos, F. M., Márquez Sañay, F. R., & Salazar Flores, C. A. (2026). *Metodología científica para la investigación en servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.402>

Revisión por pares

El presente libro constituye el resultado de un riguroso proceso de investigación académica, cuya calidad metodológica y solidez argumental han sido validadas mediante un sistema de revisión por pares externos implementado bajo el protocolo de doble ciego, bajo la supervisión del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina (CICSHAL). Como garantía de transparencia y rigor científico, los informes de evaluación realizados por los especialistas designados se conservan en el archivo institucional de la editorial, a disposición de las instancias que así lo requieran.

Peer Review

This book is the result of a rigorous academic research process, whose methodological quality and argumentative solidity have been validated through an external peer-review system implemented under a double-blind protocol, under the supervision of the Center for Research in Sciences and Humanities from Latin America (CICSHAL). As a guarantee of transparency and scientific rigor, the evaluation reports prepared by the designated specialists are preserved in the publisher's institutional archives, available to any party that may require them.

Sobre los autores

ABOUT THE

AUTHORS

Freddy Marco Armijos-Arcos

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo | Riobamba | Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-2687-3339>

freddym.armijos@epoch.edu.ec

f.armijos.arcos@gmail.com

Ingeniero Ambiental por la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa por la Universidad Internacional de la Rioja, Magister en Métodos Matemáticos y Simulación Numérica en Ingeniería por la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito; candidata a Doctor en Dirección de Proyectos por la Universidad de Investigación e Innovación de México. Docente de la Facultad de Administración de Empresas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Investigador en el Grupo de Investigación para la Sostenibilidad de Cuencas Hidrográficas, Consultor ambiental especializado en modelamiento matemático.

Fernando Ricardo Márquez Sañay

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo | Riobamba | Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-5549-9572>

fernando.marquez@epoch.edu.ec

marquez_fr1985@outlook.com

Ingeniero mecánico graduado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Magister en Matemática y Computación por la Universidad Internacional de la Rioja (España) y maestrante en Estadística Aplicada por la Universidad Politécnica del Carchi. Experiencia profesional de 8 años en el sector hidrocarburífero ecuatoriano en empresas públicas y privadas. Desde el año 2021 y hasta la actualidad, docente-investigador ocasional en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Riobamba, catedrático en asignaturas de Matemáticas, Estadística descriptiva e Inferencial en la Facultad de Administración de Empresas de la mencionada institución de Educación Superior. Líneas de investigación: Analítica de datos, estadística aplicada en marketing, gestión de la calidad, modelos cuantitativos

Cristian Alexander Salazar Flores

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo | Riobamba | Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-6927-7863>

cristiana.salazar@esPOCH.edu.ec

cristian_salazarf@hotmail.com

Es Ingeniero Químico por la Universidad Central del Ecuador. Posee una Maestría en Ecología y Gestión Ambiental y un Doctorado en Ciencias Ambientales, ambos obtenidos en la Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos, Federación Rusa.

A lo largo de su trayectoria, ha publicado diversos artículos científicos relacionados con la calidad del agua y su impacto en la salud humana, consolidándose como un referente en el estudio y gestión de los recursos hídricos. Ha desarrollado experiencia docente en el Departamento de Seguridad Ambiental del Instituto de Ecología de la Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos, donde ha abordado temas relacionados con la sostenibilidad y la protección ambiental. También ha impartido asignaturas en programas de Maestría de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador, y ha participado en la formación de profesionales en sostenibilidad ambiental en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Su trayectoria académica y científica se ha caracterizado por la integración de la docencia y la investigación, promoviendo soluciones prácticas que contribuyen al bienestar ambiental y social.

Resumen

Esta obra constituye una guía integral para la investigación en servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono. Aborda desde los fundamentos epistemológicos y la ética científica hasta procedimientos técnicos avanzados, posicionando la investigación rigurosa como pilar para la sostenibilidad. El libro detalla todo el proceso investigativo: revisión sistemática de literatura, identificación de brechas de conocimiento, diseño metodológico y validación de instrumentos. Presenta enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos, junto con tecnologías de vanguardia como sensores remotos, drones y SIG para el análisis ambiental y estimación de carbono en biomasa y suelos. Enfatiza la gestión de datos bajo principios FAIR para asegurar trazabilidad y reutilización. Finalmente, orienta en la elaboración de informes y ofrece recomendaciones prácticas, consolidándose como un recurso esencial para fortalecer la investigación ambiental con rigor científico y aplicabilidad ética.

Palabras clave:

metodología científica; servicios ecosistémicos; cuantificación de carbono; investigación ambiental; gestión de datos científicos.

Abstract

This work constitutes a comprehensive guide for research on ecosystem services and carbon quantification. It addresses everything from epistemological foundations and scientific ethics to advanced technical procedures, positioning rigorous research as a pillar for sustainability. The book details the entire research process: systematic literature review, identification of knowledge gaps, methodological design, and instrument validation. It presents quantitative, qualitative, and mixed approaches, along with cutting-edge technologies such as remote sensing, drones, and GIS for environmental analysis and carbon estimation in biomass and soils. It emphasizes data management under FAIR principles to ensure traceability and reusability. Finally, it provides guidance on report writing and offers practical recommendations, establishing itself as an essential resource to strengthen environmental research with scientific rigor and ethical applicability.

Keywords:

scientific methodology; ecosystem services; carbon quantification; environmental research; scientific data management.

Resumo

Esta obra constitui um guia abrangente para a pesquisa em serviços ecossistêmicos e quantificação de carbono. Aborda desde os fundamentos epistemológicos e a ética científica até procedimentos técnicos avançados, posicionando a pesquisa rigorosa como pilar para a sustentabilidade. O livro detalha todo o processo investigativo: revisão sistemática da literatura, identificação de lacunas de conhecimento, delineamento metodológico e validação de instrumentos. Apresenta abordagens quantitativas, qualitativas e mistas, juntamente com tecnologias de ponta como sensoriamento remoto, drones e SIG para análise ambiental e estimativa de carbono em biomassa e solos. Enfatiza a gestão de dados sob os princípios FAIR para assegurar rastreabilidade e reutilização. Por fim, orienta na elaboração de relatórios e oferece recomendações práticas, consolidando-se como um recurso essencial para fortalecer a pesquisa ambiental com rigor científico e aplicabilidade ética.

Palavras-chave:

metodologia científica; serviços ecossistêmicos; quantificação de carbono; pesquisa ambiental; gestão de dados científicos.

CONTENIDO

Revisión por pares	7
Peer Review	7
Sobre los autores	8
About the authors	8
Resumen	10
Introducción	16

CAPÍTULO 1

Fundamentos epistemológicos y científicos de la investigación ambiental	20	Definición y propósito de la investigación científica	22
		Definición	22
		Propósito	23
		Principios de rigurosidad y ética científica	24
		Principios de rigurosidad	24
		Ética científica	30
		El rol de la metodología en la consolidación de una cultura científica institucional	32
		El papel de la metodología en la producción de conocimiento válido	32
		Protocolos estandarizados y comparabilidad de resultados	32
		Consolidación de una cultura científica institucional	32
		Marco conceptual sobre servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono	33
		Conceptualización de los servicios ecosistémicos	33
		Fundamentos técnicos para cuantificar servicios ecosistémicos	34
		El ciclo del carbono y su relevancia ambiental	35
		Integración de la cuantificación de carbono en políticas y mercados	35

CAPÍTULO 2

Estado del arte y revisión sistemática de la literatura	38	Técnicas de búsqueda en bases de datos científicas (Scopus, Web of Science, SciELO)	40
		Criterios para selección, análisis crítico y síntesis de fuentes	41
		Identificación de brechas de conocimiento	43
		Análisis de buenas prácticas en gestión de datos	44

CAPÍTULO 3

Diseño metodológico de la investigación	48	Tipos de investigación aplicables (cuantitativa, cualitativa, mixta)	
		Investigación cuantitativa:	50
		Investigación cualitativa	51
		Investigación mixta	53
		Enfoques metodológicos para estudios de servicios ecosistémicos y carbono	54
		Selección de unidades de análisis y muestra	58
		Tipos de unidades de análisis	58

	Muestra	59
	Población	59
	Tipo de muestreo	59
	Muestreo probabilístico	59
	Muestreo no probabilístico	60
	Marco lógico y estructuración del proyecto	61
CAPÍTULO 4		
Construcción de instrumentos de recolección de datos	65	
	Desarrollo de Instrumentos de Recolección de Datos	67
	Encuestas	67
	Ejemplo de ítem en escala Likert	67
	Entrevistas	68
	Sensores y equipos tecnológicos	70
	Protocolos de campo	72
	Herramientas tecnológicas aplicables	73
	Validación de Instrumentos	75
	Pruebas piloto y ajustes metodológicos	80
	Errores comunes	81
	Criterios para ajustes	82
CAPÍTULO 5		
Recolección de información científica en campo	85	
	Planificación del trabajo de campo: logística y cronogramas	87
	Capacitación de equipos de recolección	89
	Consideraciones éticas y ambientales	90
	Integración de metodologías participativas	92
	Principios fundamentales de las metodologías participativas	93
	Técnicas participativas más utilizadas en investigaciones ambientales	94
CAPÍTULO 6		
Validación, depuración y sistematización de datos	97	
	Técnicas para identificar y corregir inconsistencias	100
	Técnicas para identificar inconsistencias	101
	Técnicas para corregir inconsistencias	104
	Verificación cruzada de fuentes primarias y secundarias	105
	Normalización de formatos y uso de metadatos	108
	Aplicación de procedimientos estadísticos y cualitativos para garantizar confiabilidad	110
CAPÍTULO 7		
Análisis de servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono	114	
	Métodos de modelado y simulación	116
	Fundamentos del modelado en servicios ecosistémicos	117
	Tipologías de modelos aplicados	118
	Simulación de escenarios y análisis prospectivo	120
	Modelos para la cuantificación de carbono	121
	Validación, incertidumbre y limitaciones	123
	Indicadores de servicios ecosistémicos	124
	Concepto y función de los indicadores	125
	Clasificación de indicadores de servicios ecosistémicos	126
	Indicadores biofísicos, económicos y sociales	127

CAPÍTULO 8

Gestión, almacenamiento y disponibilidad de datos científicos 140

CAPÍTULO 9

Elaboración del informe técnico y lecciones aprendidas 151

Selección y construcción de indicadores	129
Indicadores e integración con el modelado y la simulación	130
Técnicas de medición y estimación del carbono (biomasa, suelos y remoción)	131
Medición y estimación del carbono en biomasa	131
Medición y estimación del carbono en suelos	132
Estimación de la remoción y dinámica del carbono	133
Uso de Sistemas de Información Geográfica y herramientas geoespaciales	134
Fundamentos del análisis geoespacial	135
Teledetección y estimación espacial del carbono	136
Integración de SIG con modelado y toma de decisiones	137

Principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)	142
Plataformas de almacenamiento y trazabilidad	143
Protocolos de documentación y resguardo de la información	146
Recomendaciones para la reutilización de datos en nuevas investigaciones	147

Estructura y redacción de un informe científico	153
Introducción	154
Metodología	155
Resultados	155
Discusión	155
Conclusiones	156
Referencias	156
Presentación de resultados y justificación de métodos	157
Reflexiones metodológicas y desafíos enfrentados	158
Recomendaciones para investigadores, docentes y estudiantes	161
Planificación y gestión del tiempo	162
Glosario de términos	165

Referencias	168
--------------------	-----



Introducción

Importancia

La investigación científica aplicada a los servicios ecosistémicos y a la cuantificación de carbono cumple un papel clave en la comprensión de cómo los ecosistemas sostienen la vida y el bienestar humano. Analizar estos procesos permite reconocer el valor real de la naturaleza y su aporte frente a problemáticas globales como el cambio climático. Contar con una metodología científica bien definida fortalece la calidad de los estudios, asegurando resultados claros, confiables y útiles para la toma de decisiones ambientales y territoriales.

Además, el uso de metodologías rigurosas contribuye al fortalecimiento de una cultura científica dentro de las instituciones académicas y de investigación. La correcta aplicación de principios éticos, el uso responsable de datos y la incorporación de herramientas tecnológicas modernas permiten mejorar la precisión de los estudios sobre carbono y servicios ecosistémicos. Todo ello resulta fundamental para generar conocimiento aplicado que apoye estrategias de conservación y desarrollo sostenible.

Problemática

A pesar del avance de los estudios ambientales, todavía existen dificultades metodológicas en la investigación de servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono. Muchos trabajos presentan diferencias en los métodos de medición, análisis e interpretación de datos,

lo que limita la comparación de resultados y la generación de conclusiones consistentes. Esta situación provoca vacíos de información que afectan la planificación ambiental y la formulación de políticas públicas.

Se evidencian problemas relacionados con la gestión de datos científicos, la validación de instrumentos y la aplicación de criterios éticos durante el proceso investigativo. En algunos casos, la falta de sistematización y transparencia reduce la utilidad de los resultados obtenidos. Estas limitaciones ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer los enfoques metodológicos, promoviendo procesos más ordenados, verificables y replicables en la investigación ambiental.

Antecedentes

La literatura científica reciente muestra un creciente interés por el estudio de los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono mediante el uso de tecnologías como sensores remotos, sistemas de información geográfica y modelos de estimación. Estas herramientas han permitido evaluar ecosistemas forestales, agrícolas y costeros, aportando información relevante sobre biomasa, almacenamiento de carbono y funciones ecológicas.

Otros estudios han incorporado enfoques interdisciplinarios que combinan variables ambientales, sociales y económicas, destacando la importancia de considerar el contexto local en el análisis de los servicios ecosistémicos. La participación de comunidades y actores institu-

cionales ha demostrado ser un elemento clave para mejorar la pertinencia y aplicabilidad de los resultados obtenidos.

Diversos autores resaltan la importancia de la gestión adecuada de los datos científicos y la adopción de buenas prácticas metodológicas. Aunque se han logrado avances en la estandarización y documentación de la información, aún persisten brechas relacionadas con la validación de métodos y la replicabilidad de los estudios, lo que justifica el desarrollo de propuestas metodológicas más integrales.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es proponer una metodología científica integral para la investigación en servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono, que permita fortalecer la calidad, coherencia y confiabilidad de los estudios ambientales. A través de lineamientos claros para el diseño metodológico, la recolección y análisis de datos, y la elaboración de informes científicos, se busca aportar a la generación de conocimiento útil para la gestión ambiental y la toma de decisiones basadas en evidencia.

Capítulo

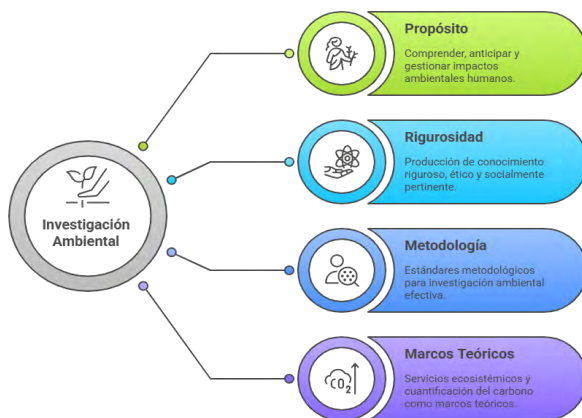
1

*FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS Y CIENTÍFICOS DE LA
INVESTIGACIÓN AMBIENTAL*



La investigación ambiental constituye un campo interdisciplinario que integra conocimientos de las ciencias naturales, sociales y tecnológicas para comprender, diagnosticar y proponer soluciones a los problemas derivados de la interacción entre la sociedad y la naturaleza. Sus fundamentos epistemológicos permiten reconocer cómo se construye el conocimiento científico en este ámbito, mientras que sus bases metodológicas garantizan que dicho conocimiento se genere con objetividad, rigor y validez. A continuación, se desarrollan los elementos esenciales que sustentan la investigación ambiental como disciplina científica.

Figura 1. Explorando las dimensiones de la Investigación Ambiental



Fuente: elaboración propia

Nota. La infografía sintetiza las dimensiones esenciales de la investigación ambiental.

Definición y propósito de la investigación científica

Definición

La investigación científica se define como un proceso sistemático, objetivo y crítico orientado a la generación de conocimiento verificable (Biagini & Betta, 2024). En el contexto ambiental, su propósito principal es explicar las dinámicas ecológicas, diagnosticar problemáticas ambientales y proponer soluciones basadas en evidencia. A diferencia de otras áreas del conocimiento, la investigación ambiental exige integrar dimensiones biofísicas, sociales, económicas y tecnológicas, debido a que los fenómenos que aborda son complejos, interdependientes y multiescalares.

Figura 2. Definición de las bases científicas de los problemas ambientales



Fuente: elaboración propia

Nota. Representación de las bases científicas clave para abordar problemas ambientales desde una perspectiva integral.

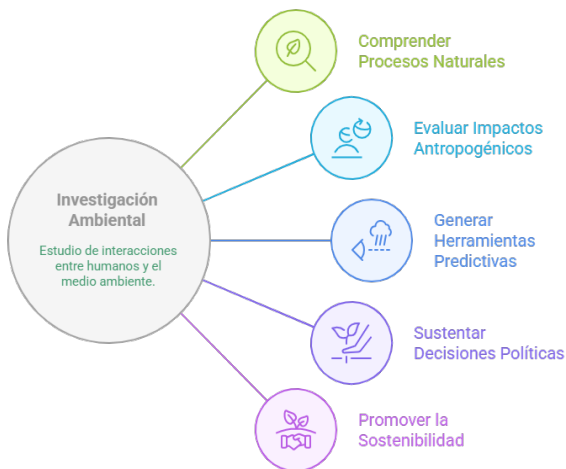
Propósito

El propósito primordial de la investigación científica ambiental es generar conocimiento que permita comprender los procesos ecológicos, los patrones de interacción entre organismos y su entorno, y las consecuencias de las actividades humanas sobre los sistemas naturales. Este conocimiento cumple diversas funciones interrelacionadas que justifican su desarrollo sistemático (Liu et al., 2024).

Wunderlich et al (2025), considera estos principios de propósito:

1. **Comprender los procesos naturales:** por ejemplo, el comportamiento hidrológico de una cuenca o la dinámica poblacional de una especie en riesgo.
2. **Evaluar impactos antropogénicos:** como la deforestación, la contaminación del aire o el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero.
3. **Generar herramientas y modelos predictivos** que permitan anticipar escenarios futuros, como el cambio climático o la degradación del suelo.
4. **Sustentar decisiones políticas y de gestión,** proporcionando bases técnicas para normativas, ordenamiento territorial y políticas públicas ambientales.
5. **Promover la sostenibilidad,** orientando prácticas productivas que minimicen daños y restauren ecosistemas degradados.

Figura 3. Principios del propósito de investigación



Fuente: elaboración propia

Nota. Resume los objetivos centrales de la investigación ambiental: comprender, evaluar, predecir y promover sostenibilidad.

Principios de rigurosidad y ética científica

Principios de rigurosidad

La investigación científica debe partir de definiciones claras, precisas y operacionales de todos los conceptos centrales utilizados. Este principio exige que cada término técnico o variable de estudio sea definido de manera que pueda ser medido, observado o identificado de forma inequívoca. Yuan et al. (2024), consideran que la ambigüedad conceptual compromete la validez de los hallazgos y dificulta la comparación entre estudios.

La precisión conceptual no solo facilita la comunicación científica, sino que también asegura que diferentes investigadores estén efectivamente estudiando el mismo fenómeno cuando utilizan la misma terminología.

Figura 4. Precisión y Claridad Conceptual



Fuente: elaboración propia

Nota. La ilustración presenta la precisión y claridad conceptual que fortalecen la validez, replicabilidad y comprensión en la investigación científica.

Los métodos seleccionados para una investigación deben ser apropiados para responder las preguntas planteadas y deben aplicarse correctamente siguiendo protocolos establecidos. Este principio implica que el diseño del estudio debe estructurarse de manera que los resultados obtenidos efectivamente reflejen el fenómeno de interés y no sean producto de artefactos metodológicos, sesgos sistemáticos o errores de medición. Zhao et al. (2025), plantean la validez metodológica requiere considerar la validez interna, que se refiere a si las relaciones causales inferidas son genuinas, y la validez externa, que concierne a si los hallazgos pueden generalizarse más allá del contexto específico estudiado.

En investigación ambiental, esto incluye asegurar que las muestras sean representativas, que los controles sean apropiados y que las escalas temporales y espaciales de observación correspondan a los procesos estudiados.

Figura 5. Conceptos de la Validez Metodológica



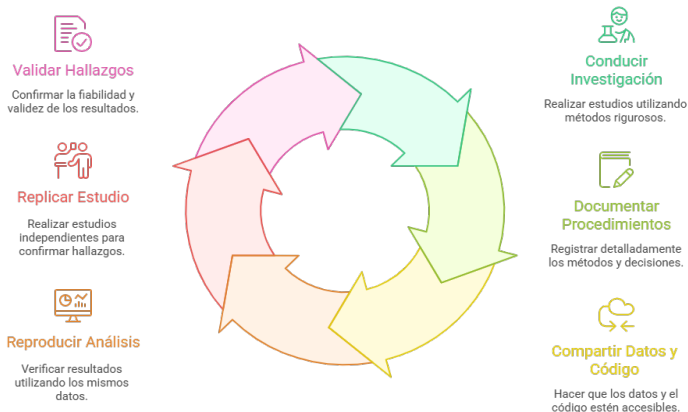
Fuente: elaboración propia

Nota. La validez metodológica garantiza que el diseño, los datos y los controles reflejen con precisión el fenómeno estudiado.

La investigación científica debe conducirse y documentarse de manera que otros investigadores puedan reproducir los análisis utilizando los mismos datos o replicar el estudio completo en condiciones similares. Montero-Hidalgo et al. (2023), consideran que la reproducibilidad se refiere a la capacidad de llegar a conclusiones consistentes utilizando los mismos datos y métodos analíticos, mientras que la replicabilidad implica obtener hallazgos consistentes en estudios independientes que abordan la misma pregunta. Este principio es fundamental para la autocorrección de la ciencia, pues permite la verificación independiente de hallazgos. La documentación exhaustiva de procedimientos, la transparencia sobre decisiones metodológicas y

el acceso a datos y códigos de análisis son elementos esenciales para cumplir este principio (Li et al., 2023). La investigación que no puede ser reproducida o replicada tiene valor científico limitado y no puede contribuir confiablemente al conocimiento acumulado.

Figura 6. Ciclo de Reproducibilidad y Replicabilidad



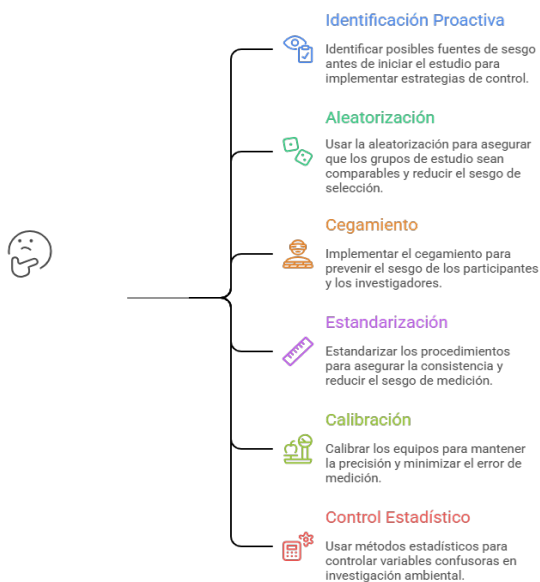
Fuente: elaboración propia

Nota. La reproducibilidad y replicabilidad fortalecen la transparencia, confiabilidad y validez en la investigación científica.

Toda investigación debe diseñarse e implementarse de manera que minimice fuentes sistemáticas de sesgo y error. Benito et al. (2022), plantean que los sesgos pueden surgir en múltiples etapas: en la selección de sitios de estudio o participantes, en los procedimientos de medición, en el análisis de datos o en la interpretación de resultados por otra parte Khan & Chiti (2022), consideran que el error aleatorio, aunque inevitable, debe cuantificarse y reportarse apropiadamente. Este principio requiere la identificación proactiva de posibles fuentes

de sesgo antes de iniciar el estudio y la implementación de estrategias para controlarlas, como aleatorización, cegamiento, estandarización de procedimientos y calibración de equipos. En investigación ambiental, donde las condiciones controladas frecuentemente son imposibles, el control de sesgos requiere diseños ingeniosos que consideren variables confusas mediante emparejamiento, estratificación o control estadístico en el análisis.

Figura 7. Proceso para minimizar el Sesgos y Error en la investigación



Fuente: elaboración propia

Nota. Aplicar estrategias como aleatorización, cegamiento y control estadístico reduce sesgos y errores en la investigación.

Los datos deben analizarse utilizando técnicas estadísticas apropiadas para el tipo de datos recolectados y las preguntas formuladas, verificando que se cumplan los supuestos de las pruebas empleadas. Este principio va más allá de simplemente aplicar pruebas estadísticas; requiere comprensión de las bases conceptuales de los métodos utilizados y reconocimiento de sus limitaciones. La significancia estadística no debe confundirse con relevancia práctica o biológica. El tamaño del efecto, los intervalos de confianza y la potencia estadística son tan importantes como los valores p . Las prácticas cuestionables como el p -hacking, la pesca de datos o el ajuste repetido de modelos hasta obtener resultados deseados violan este principio y comprometen la validez de las conclusiones (Obateru et al., 2024).

Figura 8. Equilibrio entre rigor y manipulación en estadísticas

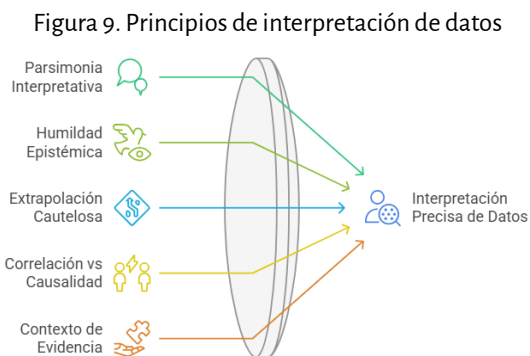


Fuente: elaboración propia

Nota. Mantener el equilibrio entre rigor y ética estadística evita manipulaciones y fortalece la credibilidad científica.

Las conclusiones derivadas de un estudio deben limitarse estrictamente a lo que los datos realmente soportan, evitando inferencias que excedan la evidencia disponible. Este principio de parsimonia interpretativa requiere humildad epistémica: reconocer las limitaciones

inherentes a cualquier estudio particular, las incertidumbres presentes en los datos y las interpretaciones alternativas posibles. Falasca et al. (2024), consideran que inferior más allá de las condiciones estudiadas debe hacerse con cautela y transparencia sobre los supuestos involucrados. Las correlaciones no deben presentarse como relaciones causales sin evidencia apropiada. Los hallazgos de un estudio único rara vez son definitivos y deben situarse en el contexto de evidencia acumulada de múltiples estudios. El conservadurismo interpretativo no implica falta de confianza en los propios hallazgos, sino precisión sobre qué se sabe con certeza, qué es probable, qué es posible y qué permanece desconocido.



Fuente: elaboración propia

Nota. Una interpretación precisa de datos exige parsimonia, humildad epistémica y conciencia del contexto y causalidad.

Ética científica

La ética científica, por su parte, establece normas que regulan la conducta del investigador para promover la integridad, la honestidad y

el respeto en todas las etapas del proceso científico. Zheng et al. (2025), plantean que entre sus principios centrales destacan la veracidad en el uso y reporte de datos, la ausencia de manipulación o falsificación, la objetividad frente a intereses particulares, el reconocimiento justo de autoría y la transparencia en los procedimientos empleados. En investigación ambiental, la ética incorpora consideraciones adicionales, como la protección de ecosistemas delicados, el respeto a los derechos de comunidades indígenas y locales, la confidencialidad de información territorial y el cumplimiento de marcos legales asociados al acceso a recursos biológicos.

El ejercicio combinado de rigurosidad y ética garantiza que la investigación no solo produzca conocimiento confiable, sino que también contribuya positivamente a la sociedad y al entorno natural. De esta manera, el investigador asume un rol responsable como generador de evidencia científica y como agente comprometido con la sostenibilidad, consolidando así una práctica científica íntegra y alineada con las necesidades ambientales contemporáneas (Zhao et al., 2023).

Figura 10. Principios éticos en la investigación científica



Fuente: elaboración propia

Nota. La integridad, objetividad y responsabilidad son valores esenciales que guían la ética en la investigación científica.

El rol de la metodología en la consolidación de una cultura científica institucional

El papel de la metodología en la producción de conocimiento válido

La metodología científica es un conjunto flexible de técnicas que guía cómo formular preguntas, recolectar datos y analizar resultados. Drenning et al. (2024), consideran que en investigación ambiental coexisten métodos experimentales, observacionales, modelamiento y enfoques participativos. Cada método tiene ventajas y limitaciones, por lo que su elección depende del tipo de pregunta, el ecosistema estudiado y las restricciones éticas y prácticas.

Protocolos estandarizados y comparabilidad de resultados

La estandarización metodológica permite comparar estudios y acumular conocimiento confiable. Wang et al. (2023), menciona que existen protocolos internacionales para medir calidad de agua, biomasa, biodiversidad o gases de efecto invernadero. Aunque deben adaptarse a cada contexto, cualquier modificación debe documentarse para mantener la comparabilidad.

Consolidación de una cultura científica institucional

Una cultura científica sólida depende del compromiso institucional con la integridad, la transparencia y el respaldo a los investigadores.

Incluye políticas éticas claras, infraestructura adecuada (laboratorios, bibliotecas, asesoría estadística), y sistemas de evaluación que valoren la calidad metodológica y la relevancia social más allá del número de publicaciones (Sáez et al., 2023).

Figura 11. Componentes de una cultura institucional



Fuente: elaboración propia

Nota. Una cultura científica institucional se sustenta en compromiso ético, metodología flexible y protocolos estandarizados.

Marco conceptual sobre servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono

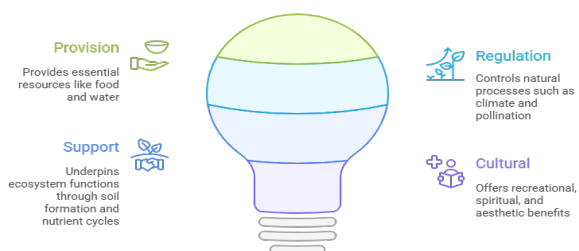
Conceptualización de los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la naturaleza aporta al bienestar humano. Según Amaya-Vías et al. (2025), se clasifican en:

- **Provisión:** alimentos, agua, madera.
- **Regulación:** clima, polinización, control de inundaciones.
- **Soporte:** formación de suelos, ciclos de nutrientes.
- **Culturales:** recreación, espiritualidad, estética.

Las nuevas perspectivas reconocen que distintos grupos culturales valoran la naturaleza de formas diversas.

Figura 12. Beneficios interconectados de los ecosistemas



Fuente: elaboración propia

Nota. Los servicios ecosistémicos proveen recursos, regulan procesos, sustentan funciones y enriquecen la vida cultural.

Fundamentos técnicos para cuantificar servicios ecosistémicos

La cuantificación depende del tipo de servicio. Niu et al. (2025), consideran que los de provisión pueden medirse físicamente, pero los de regulación y culturales requieren métodos más complejos, como análisis hidrológicos, modelamiento del carbono, valoración contingente o precios hedónicos. Cada método tiene límites y supuestos que deben considerarse.

El ciclo del carbono y su relevancia ambiental

El ciclo del carbono describe movimientos entre atmósfera, océanos, biosfera y suelos. Este equilibrio natural se ha alterado por combustibles fósiles y cambios de uso del suelo, elevando el CO₂ atmosférico. Bosques, océanos y suelos son reservorios clave y esenciales para estrategias de mitigación climática (Amaya-Vías et al., 2025). Métodos de cuantificación de carbono en ecosistemas

Métodos de cuantificación de carbono en ecosistemas

Según Chang et al. (2024), consideran que se utilizan métodos adaptados a la escala y al ecosistema:

- **Biomasa aérea:** ecuaciones alométricas basadas en diámetro y altura del árbol.
- **Suelos:** muestreo, densidad aparente y análisis de carbono orgánico.
- **Sensores remotos:** LiDAR y radar para estimar carbono a gran escala.
- **Eddy covariance:** torres que miden intercambio de CO₂ en tiempo real.

Integración de la cuantificación de carbono en políticas y mercados

La cuantificación es fundamental para inventarios nacionales, mercados de carbono y certificación de proyectos. Los estándares in-

ternacionales exigen que las reducciones sean reales, medibles, verificables y permanentes. Esto requiere diseños de muestreo, manejo de incertidumbre y documentación rigurosa (Jiao et al., 2024).

Figura 13. Cuantificación de carbono en políticas y mercados

P	E	S	T	E	L
Inventarios nacionales Políticas gubernamentales de carbono <ul style="list-style-type: none"> ○ Inventarios nacionales ○ Mercados de carbono ○ Certificación de proyectos 	Mercados de carbono Valoración de la reducción de carbono <ul style="list-style-type: none"> ○ Mercados de carbono ○ Certificación de proyectos 	Verificación de proyectos Confianza pública en la reducción de carbono <ul style="list-style-type: none"> ○ Verificación de proyectos ○ Confianza pública 	Sensores remotos Estimación de carbono a gran escala <ul style="list-style-type: none"> ○ Sensores remotos ○ Eddy covariance 	Biomasa aérea Ecosistema y escala adaptada <ul style="list-style-type: none"> ○ Biomasa aérea ○ Suelos 	Estándares internacionales Cumplimiento de la reducción de carbono <ul style="list-style-type: none"> ○ Estándares internacionales ○ Documentación rigurosa

Fuente: elaboración propia

Nota. La cuantificación de carbono integra dimensiones políticas, técnicas y sociales claves para enfrentar el cambio climático.

Capítulo

2

ESTADO DEL ARTE Y REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA
LITERATURA



El análisis riguroso del conocimiento existente constituye un paso esencial en la investigación científica, especialmente en áreas complejas como los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono. Este capítulo presenta el estado del arte y desarrolla una revisión sistemática de la literatura, con el propósito de identificar avances, enfoques metodológicos, limitaciones y tendencias actuales en el estudio de estos temas. A través de métodos estructurados de búsqueda, selección y evaluación crítica de fuentes científicas, se busca establecer una base conceptual sólida que respalde el desarrollo del proyecto investigativo (Alali et al., 2025). Se examinan las principales bases de datos académicas, los criterios de inclusión y exclusión aplicados, las brechas de conocimiento persistentes y las buenas prácticas en gestión de datos.

Figura 14. Pasos para la revisión sistemática de la literatura



Fuente: elaboración propia

Nota. Principales métodos estructurados para la búsqueda en la revisión sistemática de la literatura.

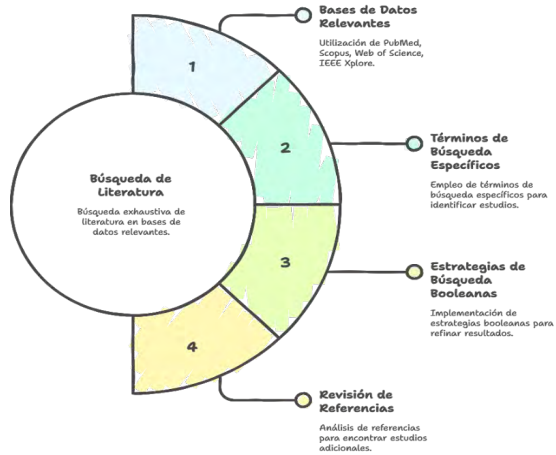
Técnicas de búsqueda en bases de datos científicas (Scopus, Web of Science, SciELO)

La búsqueda sistemática de información requiere el uso de herramientas confiables que garanticen acceso a literatura actualizada y de calidad. Bases de datos como Scopus, Web of Science y SciELO son plataformas de referencia internacional que indexan artículos provenientes de revistas de alto impacto, proporcionando herramientas avanzadas para delimitar resultados. Su uso permite aplicar filtros por palabras clave, tipo de estudio, área temática, año de publicación o métricas de citación. Para Almarines et al. (2024), en el caso de investigaciones ambientales, estas bases son cruciales para identificar estudios sobre captura de carbono en bosques, dinámica de biomasa, modelación de servicios ecosistémicos y análisis de sostenibilidad.

El proceso de búsqueda se apoya en técnicas como:

- **Operadores booleanos** (AND, OR, NOT) para combinar o excluir términos clave.
- **Uso de comillas** (“”) para búsquedas exactas de conceptos como “carbon sequestration” o “ecosystem services valuation”.
- **Filtros especializados**, como áreas de investigación, disponibilidad de datos, acceso abierto y tipo de ecosistema analizado.

Figura 15. Bases de datos científicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Bases de datos para la búsqueda de literatura.

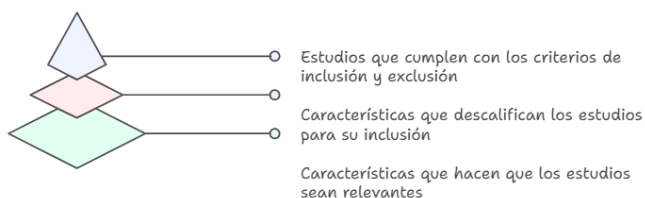
La combinación de estas herramientas permite realizar una búsqueda sistemática, precisa y replicable. Además, asegura que el investigador capture tanto literatura consolidada como estudios emergentes, reduciendo sesgos y garantizando que el estado del arte refleje de manera fiel el panorama científico actual (Bagdon et al., 2017).

Criterios para selección, análisis crítico y síntesis de fuentes

La selección de fuentes constituye uno de los procesos más delicados dentro de la revisión sistemática, ya que determina la calidad y pertinencia del conocimiento que fundamentará la investigación. Para garantizar un proceso riguroso, es necesario establecer criterios

de inclusión y exclusión antes de iniciar el análisis detallado de los documentos.

Figura 16. Criterios de inclusión y exclusión

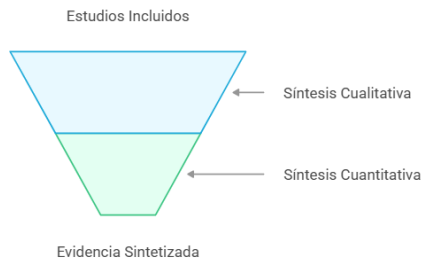


Fuente: elaboración propia

Nota. Tipos de criterios para la selección de fuentes.

Según Bai (2012), el análisis crítico implica examinar cada estudio más allá del contenido superficial, evaluando su validez interna y externa. En investigaciones ambientales y de cuantificación de carbono esto incluye analizar la coherencia entre la metodología empleada (por ejemplo, métodos alométricos, sensores remotos, inventarios forestales) y los resultados obtenidos. También se consideran posibles sesgos, limitaciones del muestreo, incertidumbres asociadas a la medición o modelación, y la pertinencia del análisis estadístico utilizado. Posteriormente, la síntesis de la información consiste en integrar de manera organizada los hallazgos de las diferentes fuentes, identificando convergencias, discrepancias y patrones recurrentes (Bateman, 2009).

Figura 17. Ciclo de síntesis de evidencia



Fuente: elaboración propia

Nota. Pasos para la elaboración de la síntesis.

Se sintetiza la evidencia de los estudios incluidos utilizando métodos cualitativos o cuantitativos. La síntesis cualitativa implica la integración de los hallazgos de los estudios utilizando métodos narrativos o temáticos (Beaumont et al., 2014). La síntesis cuantitativa implica el uso de metaanálisis para combinar los resultados de los estudios estadísticamente.

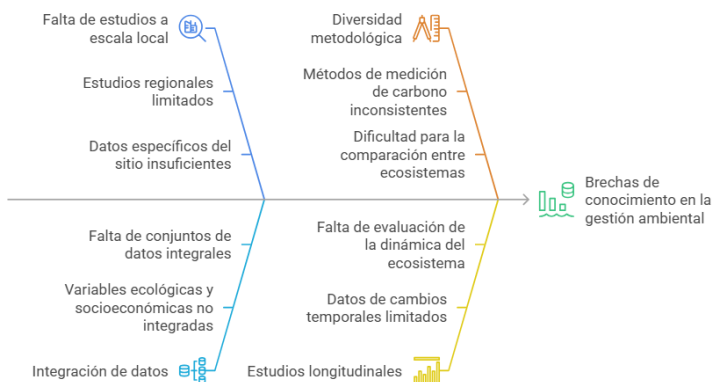
Identificación de brechas de conocimiento

La revisión sistemática no solo organiza la información existente, sino que también permite identificar áreas donde el conocimiento es limitado o insuficiente. Estas brechas de conocimiento constituyen un elemento clave para orientar futuras investigaciones y fortalecer la toma de decisiones en torno a la gestión ambiental. Como lo mencionan Bera et al. (2024), en el campo de los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono, las brechas suelen originarse por la falta de estudios a escala local, por la escasez de datos que integren variables

ecológicas y socioeconómicas, o por la diversidad de metodologías utilizadas para medir la captura de carbono, lo que dificulta la comparación entre regiones o tipos de ecosistemas.

Reconocer estas limitaciones no solo permite justificar nuevas líneas de investigación, sino que también contribuye a mejorar la precisión de modelos, fortalecer la formulación de políticas públicas y promover iniciativas de conservación basadas en evidencia científica.

Figura 18. Brechas de conocimiento para investigaciones



Fuente: elaboración propia

Nota. Identificación de brechas de conocimiento en la gestión ambiental.

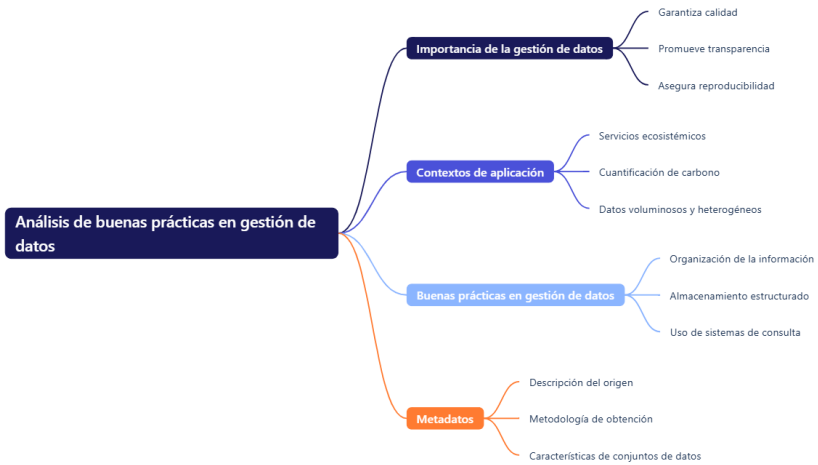
Análisis de buenas prácticas en gestión de datos

La gestión adecuada de los datos constituye un componente esencial para garantizar la calidad, transparencia y reproducibilidad de las investigaciones científicas, especialmente en áreas como los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono, donde los da-

tos suelen ser voluminosos, heterogéneos y provenientes de múltiples fuentes (Blanco-Velázquez et al., 2020). Las buenas prácticas en gestión de datos implican organizar y almacenar la información de manera estructurada, empleando sistemas que faciliten su consulta, análisis y resguardo a largo plazo. Este proceso requiere la elaboración de metadatos completos que describan el origen, la metodología de obtención y las características de cada conjunto de datos, permitiendo que otros investigadores comprendan el contexto y las condiciones bajo las cuales fueron generados.

De igual manera, la validación y limpieza de la información es una fase clave para asegurar su calidad, puesto que cualquier inexactitud en las mediciones o en la recolección de datos puede afectar de manera importante las proyecciones de carbono o los modelos ecológicos resultantes. La adopción de sistemas de almacenamiento confiable, copias de seguridad frecuentes y la aplicación de formatos que permitan la interoperabilidad promueve la preservación y reutilización de los datos, además de facilitar el trabajo conjunto en el ámbito científico (Brunori et al., 2016).

Figura 19. Prácticas para mejorar la gestión de datos



Fuente: elaboración propia

Nota. Aplicación e importancia de las prácticas de gestión de datos.

Capítulo

3

DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN



El diseño metodológico explica cómo se desarrolló la investigación y cuáles fueron los pasos que se siguieron para obtener la información necesaria. El presente capítulo, describe los enfoques, las técnicas y los procedimientos utilizados para analizar los servicios ecosistémicos y la captura de carbono en el área de estudio. La intención fue trabajar con un método organizado que permita integrar datos biofísicos y sociales, de manera que los resultados reflejen tanto las características del ecosistema como la percepción de las personas que dependen de él. Aquí se detallan los tipos de investigación aplicados, la selección de las unidades de análisis, el proceso de muestreo y la estructura general que orientó el desarrollo del proyecto.

Figura 20. Proceso del Diseño metodológico en la investigación



Fuente: elaboración propia

Nota. Pasos para el diseño metodológico de la investigación.

Tipos de investigación aplicables (cuantitativa, cualitativa, mixta)

Antes de seleccionar las técnicas y herramientas de trabajo, es necesario definir qué tipo de investigación resulta más adecuada para abordar un tema que combina procesos ecológicos con aspectos sociales (Caspell & Vasseur, 2021). Cada enfoque ofrece una manera distinta de aproximarse a la realidad: unos permiten medir y comparar datos concretos, otros ayudan a comprender percepciones y experiencias, y algunos integran ambas perspectivas. Por eso, es importante reconocer cómo se articulan los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto dentro del análisis de los servicios ecosistémicos y la captura de carbono (Galán, 2021).

Investigación cuantitativa:

Este es enfoque sistemático para investigar fenómenos mediante la recopilación de datos numéricos y la realización de análisis estadísticos, matemáticos o computacionales. Se centra en medir y cuantificar variables, identificar relaciones causales y generalizar los resultados a una población más amplia (Gradinaru et al., 2023).

Características:

- **Objetividad:** busca la objetividad y la neutralidad en la recopilación y el análisis de datos.
- **Medición:** utiliza instrumentos estandarizados para medir variables de manera precisa y confiable.

- **Análisis Estadístico:** emplea técnicas estadísticas para analizar los datos y determinar la significancia de los hallazgos.
- **Generalización:** aspira a generalizar los resultados a una población más amplia a través del muestreo aleatorio.
- **Deductivo:** parte de una teoría o hipótesis preexistente y busca confirmarla o refutarla.

Figura 21. Métodos de la Investigación cuantitativa



Fuente: elaboración propia

Nota. Métodos más usados para obtener información en la investigación cuantitativa.

Investigación cualitativa

Esta investigación permite comprender los significados, las experiencias y las perspectivas de los participantes en un contexto natural. Se centra en la recopilación de datos no numéricos, como entrevistas, observaciones y análisis de documentos, para obtener una comprensión profunda de los fenómenos sociales (Gasparriani, 2021).

Características:

- **Subjetividad:** reconoce la importancia de la subjetividad y la interpretación en la comprensión de los fenómenos.
- **Exploración:** busca explorar y comprender fenómenos complejos en lugar de medirlos y cuantificarlos.
- **Contexto:** considera el contexto social y cultural en el que se producen los fenómenos.
- **Inductivo:** parte de la observación de los datos y desarrolla teorías o hipótesis a partir de ellos.
- **Holístico:** busca comprender los fenómenos en su totalidad, en lugar de aislarlos y analizarlos por separado.

Figura 22. Métodos claves de la Investigación cuantitativa



Fuente: elaboración propia

Nota. Métodos más usados para obtener información en la investigación cualitativa.

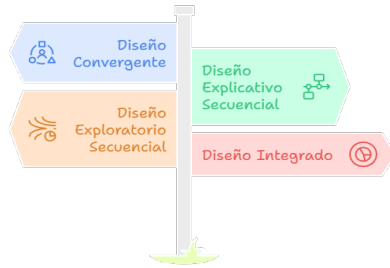
Investigación mixta

El enfoque mixto integra herramientas cuantitativas y cualitativas para analizar un fenómeno desde diferentes ángulos. La idea es aprovechar lo que cada método hace mejor: los datos numéricos permiten medir y comparar, mientras que la parte cualitativa ayuda a entender experiencias, percepciones y dinámicas sociales. Al combinar ambas miradas, se obtiene una interpretación más completa y equilibrada, evitando las limitaciones que tendría cada enfoque por separado (Jia et al., 2024).

Características:

- **Combinación:** integra datos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio.
- **Complementariedad:** utiliza los datos cuantitativos y cualitativos para complementar y enriquecer la comprensión del fenómeno.
- **Triangulación:** utiliza múltiples fuentes de datos para verificar y validar los hallazgos.
- **Flexibilidad:** permite adaptar el diseño del estudio a medida que se recopilan y analizan los datos.
- **Pragmatismo:** se centra en la pregunta de investigación y utiliza los métodos más apropiados para responderla.

Figura 23. Diseños comunes dentro de la investigación mixta



Fuente: elaboración propia

Nota. Diseño para aplicar dentro de la investigación mixta.

Enfoques metodológicos para estudios de servicios ecosistémicos y carbono

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos beneficios abarcan desde el suministro de agua limpia y alimentos hasta la regulación del clima y el control de la erosión (Calderón et al., 2021). El carbono, por su parte, juega un papel crucial en la regulación del clima global, y los ecosistemas terrestres y marinos actúan como importantes sumideros de carbono. La gestión sostenible de los ecosistemas requiere una comprensión profunda de los SE que proporcionan y su capacidad para almacenar y secuestrar carbono.

Figura 24. Gestión sostenible entre ecosistemas y carbono



Fuente: elaboración propia

Nota. Armonía entre los ecosistemas y el carbono.

El análisis de los servicios ecosistémicos y la captura de carbono requiere un enfoque metodológico que combine herramientas biofísicas con elementos sociales. Esto se debe a que, por un lado, es necesario medir variables ecológicas de forma precisa, y por otro, entender cómo las comunidades perciben, utilizan y valoran los beneficios que obtienen del ecosistema (Ferreira et al., 2022).

a. Enfoque biofísico

Este enfoque se centra en la medición directa de los componentes del ecosistema. Incluye la estimación de carbono almacenado en

la vegetación, el análisis de la cobertura del suelo, la identificación de tipos de uso del territorio y la evaluación de funciones ecológicas (Bonventure et al., 2025). Para esto se utilizan métodos como inventarios forestales, datos satelitales, parcelas de muestreo y modelos que permiten calcular el carbono capturado o emitido. Su objetivo principal es obtener información cuantitativa que refleje el estado real del ecosistema.

b. Enfoque socioambiental

Es necesario conocer la relación que mantiene la población con el territorio. Este enfoque considera las percepciones, el nivel de dependencia de los recursos naturales, las prácticas que favorecen o afectan el ecosistema y la importancia que los habitantes atribuyen a los servicios que reciben. Las entrevistas, talleres participativos y recorridos comunitarios son herramientas que permiten comprender estas dinámicas y situarlas dentro del análisis (Chen et al., 2025).

c. Enfoque integrado

Al trabajar con temas ambientales, separar lo biofísico de lo social puede dejar vacíos importantes. Por ese motivo, se recurre a un enfoque que combina ambas dimensiones. La información cuantitativa permite medir el estado del ecosistema, mientras que la parte cualitativa explica el sentido que esos resultados tienen en la vida de las personas (Forouhar et al., 2022). Este cruce de datos facilita interpretar de forma más completa el valor real de los servicios ecosistémicos y

tomar decisiones más coherentes sobre conservación, manejo y uso sostenible del territorio.

Figura 25. Enfoques metodológicos aplicados en los servicios ecológicos y el carbono



Fuente: elaboración propia

Nota. Integración de métodos para la aplicación de los servicios ecológicos y el carbono.

Al seleccionar un enfoque metodológico para un estudio de SE y carbono, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Objetivos del estudio:** ¿Cuál es el propósito del estudio? ¿Qué preguntas se quieren responder?
- **Escala del estudio:** ¿Cuál es el área de estudio? ¿A qué escala se van a analizar los datos?
- **Disponibilidad de datos:** ¿Qué datos están disponibles? ¿Qué datos se necesitan recopilar?
- **Recursos disponibles:** ¿Qué recursos (tiempo, presupuesto, personal) están disponibles para el estudio?

- **Participación de los actores locales:** ¿Cómo se van a involucrar los actores locales en el estudio?
- **Incertidumbre:** ¿Cómo se va a abordar la incertidumbre en los datos y los modelos?

Selección de unidades de análisis y muestra

La unidad de análisis es el elemento fundamental sobre el cual se recopilan datos y se realizan inferencias. Es la entidad que se está estudiando y de la cual se busca obtener información. La correcta identificación de la unidad de análisis es crucial para definir el alcance de la investigación y asegurar que los datos recopilados sean relevantes para responder a las preguntas de investigación (Furusawa et al., 2023).

Tipos de unidades de análisis

- **Individuos:** personas, estudiantes, pacientes, empleados, etc.
- **Grupos:** familias, equipos de trabajo, clases escolares, organizaciones, etc.
- **Organizaciones:** empresas, instituciones gubernamentales, ONGs, etc.
- **Eventos:** accidentes, protestas, elecciones, etc.
- **Artefactos:** libros, películas, anuncios publicitarios, etc.
- **Unidades Geográficas:** países, regiones, ciudades, barrios, etc.

Muestra

Es un subconjunto de la población que se selecciona para representar al conjunto más grande. El objetivo del muestreo es obtener información sobre la población a partir de la muestra, de manera que las conclusiones puedan generalizarse a la población en su conjunto (Hellwig et al., 2024).

Población

Es el conjunto total de elementos que comparten una característica común y que son de interés para la investigación. La población puede ser finita como, por ejemplo, el número de estudiantes matriculados en una universidad o infinita, por ejemplo, el número de estrellas en el universo.

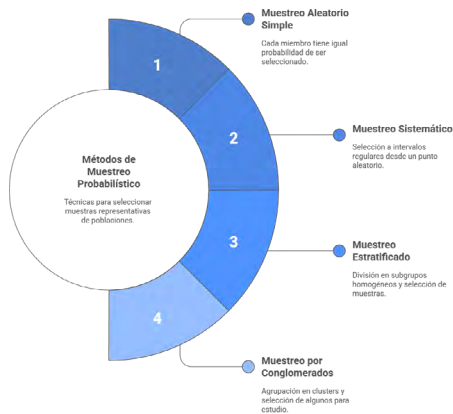
Tipo de muestreo

Existen dos tipos principales de muestreo: probabilístico y no probabilístico.

- **Muestreo probabilístico**

Se basa en la selección aleatoria de los elementos de la muestra, lo que garantiza que cada elemento de la población tenga una probabilidad conocida de ser incluido en la muestra

Figura 26. Tipos de muestreo probabilísticos



Fuente: elaboración propia

Nota. Tipos de muestro probabilísticos.

- **Muestreo no probabilístico**

Se basa en criterios subjetivos para seleccionar los elementos de la muestra. Esto significa que no todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser incluidos en la muestra, lo que limita la capacidad de generalizar los resultados a la población (Hinton et al., 2024).

Figura 27. Tipos de muestreo no probabilísticos



Fuente: elaboración propia

Nota. Tipos de muestro no probabilísticos.

En estudios de servicios ecosistémicos y captura de carbono, estas unidades suelen dividirse en dos grupos: el componente biofísico y el componente social. Cada uno exige criterios distintos para asegurar que los datos recopilados sean útiles y representativos.

a. Unidades de análisis biofísicas

Corresponden a áreas del ecosistema donde se realizan mediciones, como tipos de cobertura, zonas de vegetación o parcelas para estimar carbono. Se eligen según la variación del paisaje, el tipo de bosque y el acceso disponible (Feng et al., 2025).

b. Unidades de análisis sociales

Incluyen a los actores vinculados al territorio: habitantes, usuarios de recursos, productores o autoridades locales. Su selección busca captar diferentes percepciones y niveles de relación con los servicios ecosistémicos.

c. Selección de la muestra

En el componente biofísico, la muestra se define a partir de parcelas o puntos estratégicos distribuidos según las características del terreno. En el componente social, se eligen participantes que puedan aportar información clara sobre el uso y la valoración del ecosistema (Chen et al., 2025).

Marco lógico y estructuración del proyecto

El Marco Lógico es una herramienta de gestión de proyectos basada en la planificación orientada a objetivos. Proporciona una

estructura para especificar los elementos clave de un proyecto y sus relaciones causales, facilitando la comunicación, el seguimiento y la evaluación. El marco lógico se presenta típicamente en forma de una matriz que resume la lógica de la intervención (Adewale et al., 2024).

Figura 28. Planificación de proyectos



Fuente: elaboración propia

Nota. Estructuración de los proyectos.

El proceso de estructuración de un proyecto utilizando el Marco Lógico implica los siguientes pasos:

a. Identificación del problema

Se describe la situación que motiva la investigación, las limitaciones del territorio y los vacíos de información sobre los servicios ecosistémicos y la captura de carbono. Esto permite enfocar el proyecto y evitar desviaciones.

b. Objetivo general y objetivos específicos

El marco lógico ayuda a transformar el problema en metas alcanzables. El objetivo general marca la dirección del estudio, mientras que los específicos dividen el trabajo en tareas concretas y medibles.

c. Resultados esperados

En este punto se definen los productos que deberían obtenerse al finalizar el proyecto, ya sea mapas, análisis comparativos, estimaciones de carbono o información social relevante. Estos resultados sirven para evaluar el avance y verificar que el trabajo responde a los objetivos (Ahmad et al., 2024).

d. Indicadores y medios de verificación

Los indicadores permiten medir el cumplimiento de cada objetivo. Pueden ser valores numéricos, descripciones del estado del ecosistema o registros de la participación social. Los medios de verificación corresponden a las fuentes donde se comprobará que los resultados fueron logrados (Aubry, 2024).

e. Actividades principales

Aquí se detallan las tareas que se van a realizar, desde la recolección de datos hasta el análisis final. Organizar estas actividades ayuda a planificar el tiempo, los recursos y la secuencia del trabajo.

Capítulo

4

*CONSTRUCCIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE
DATOS*



La construcción rigurosa de instrumentos de recolección de datos constituye un pilar fundamental en la investigación científica aplicada a los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono. Kamenova et al. (2025), consideran que debido a la complejidad ecológica que involucra procesos biofísicos, sociales y tecnológicos la calidad del instrumento determina la validez de los modelos alométricos, la precisión de los índices espectrales como el NDVI y la fiabilidad de los indicadores socioambientales asociados a la percepción, uso y gestión del ecosistema.

Este capítulo desarrolla los procedimientos, criterios técnicos y metodológicos necesarios para diseñar encuestas, entrevistas, sensores ambientales y protocolos de campo, incorporando herramientas tecnológicas avanzadas y métodos estadísticos para validar cada instrumento antes de su aplicación definitiva

Figura 29. Proceso de Desarrollo de instrumentos de Recolección de Datos



Fuente: elaboración propia

Nota. Representación visual del proceso de construcción de instrumentos de recolección de datos. Incluye diseño, integración tecnológica y validación metodológica.

Desarrollo de Instrumentos de Recolección de Datos

Encuestas

Las encuestas permiten recopilar información estandarizada sobre percepciones, actitudes, usos del territorio, prácticas de manejo y valoración de servicios ecosistémicos. Su diseño exige claridad conceptual, estructura lógica y adaptación cultural (Bennett et al., 2025).

Elementos clave del diseño de encuestas:

- **Objetivo analítico:** por ejemplo, identificar patrones de uso del suelo, dependencia del bosque o percepción del secuestro de carbono.
- **Tipo de escala:** escalas Likert de 5 o 7 puntos son eficaces para medir percepciones ambientales, mientras que escalas de frecuencia resultan útiles para evaluar hábitos de consumo o prácticas agrícolas.
- **Redacción de ítems:** debe evitar ambigüedad, sesgo de deseabilidad social y preguntas dobles.
- **Formato:** en papel, digital (apps), formularios web u offline para áreas remotas.

Ejemplo de ítem en escala Likert:

“Los bosques de la zona contribuyen significativamente a la regulación del clima local.” (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo)

Figura 30. Elementos del diseño de encuestas



Fuente: elaboración propia

Nota. Elementos clave del diseño de encuestas: objetivo analítico, tipo de escala, redacción de ítems y formato.

Entrevistas

Las entrevistas constituyen uno de los instrumentos cualitativos más relevantes en la investigación socio ecológica, pues permiten comprender cómo las comunidades perciben, gestionan y se relacionan con los ecosistemas, Agarwal & Lambin (2024), plantean que su utilidad radica en la profundidad de la información, la flexibilidad del diálogo y la posibilidad de interpretar fenómenos complejos que no siempre pueden capturarse mediante encuestas estructuradas.

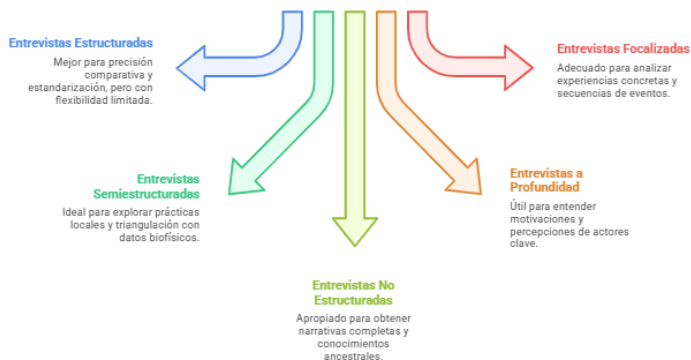
Tipos de entrevistas

1. **Estructuradas:** son entrevistas con un guion fijo, predefinido y compuesto por preguntas cerradas o con opciones limitadas. Se utilizan cuando se requiere precisión comparativa entre distintos grupos (por ejemplo, productores agrícolas de distintas parroquias). Su fortaleza es la estandarización, aunque su limitación radica en la poca flexibilidad para explorar nuevas ideas (Jones et al., 2025).
2. **Semiestructuradas:** combinan preguntas guía con libertad para profundizar. Son especialmente útiles en estudios de

servicios ecosistémicos porque permiten que el entrevistado explique prácticas locales, sistemas agrícolas tradicionales, patrones de aprovechamiento del bosque o cambios percibidos en la captura de carbono. Favorecen la triangulación con datos biofísicos (Barrera-Bello et al., 2025).

3. **No estructuradas:** tienen un carácter conversacional. Permiten indagar sobre conocimientos ancestrales, usos de plantas nativas, observación comunitaria del clima y cambios percibidos en la biodiversidad. Son apropiadas para obtener narrativas completas o reconstrucciones históricas del paisaje (Samui et al., 2024).
4. **Entrevistas a profundidad:** se centran en explorar las motivaciones, creencias y percepciones de actores clave como líderes comunitarios, técnicos forestales o gestores de áreas protegidas. Pueden revelar lógicas de toma de decisiones ambientales que influyen en la gestión de carbono (Pompoes et al., 2025).
5. **Entrevistas focalizadas:** se aplican cuando el investigador desea analizar una experiencia concreta (un incendio forestal, una intervención de reforestación, un proyecto REDD+). Permiten comprender la secuencia de hechos desde la perspectiva del entrevistado (Agarwal & Lambin, 2024).

Figura 31. ¿Qué tipo de entrevista debería usarse para la investigación socio-cológica?



Fuente: elaboración propia

Nota. Tipos de entrevistas cualitativas según su estructura y propósito investigativo. Guía para selección metodológica.

Sensores y equipos tecnológicos

Los sensores constituyen dispositivos especializados destinados a registrar datos cuantitativos con alta precisión y mínima intervención humana. Biswas & Tiwari (2025), mencionan que, en el contexto de servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono, permiten monitorear fenología vegetal, parámetros biofísicos del suelo y variables atmosféricas.

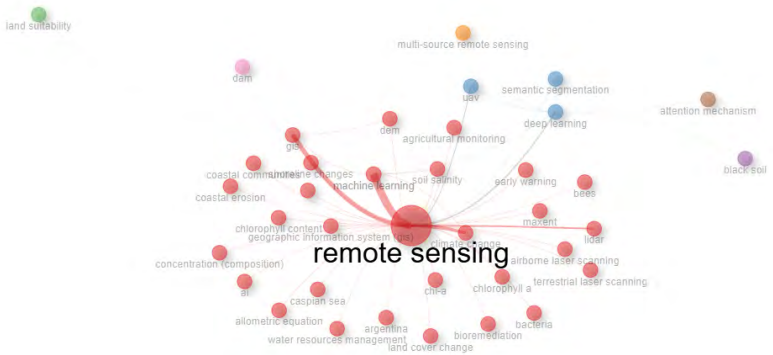
Tipos de sensores:

- **Sensores edáficos:** miden humedad volumétrica, temperatura del suelo, pH, conductividad, textura y contenido de carbono orgánico. Se utilizan para modelar dinámicas del

carbono edáfico y para calibrar ecuaciones asociadas al almacenamiento de carbono en distintos horizontes del suelo (Govedar & Anikić, 2024).

- **Espectrómetros:** instrumentos de alta precisión que registran reflectancia espectral en diferentes longitudes de onda. Roma et al. (2024), consideran que calcular índices como NDVI, EVI, SAVI y PRI. Son clave para monitorear la salud vegetal, biomasa aérea y estrés hídrico.
- **Sensores LIDAR:** equipos que utilizan pulsos láser para crear modelos tridimensionales del bosque, permitiendo estimar altura de copa, volumen de madera y biomasa. Son esenciales en inventarios forestales avanzados (Londe et al., 2025).
- **Estaciones meteorológicas automáticas:** registran temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación, velocidad y dirección del viento. de Araújo et al. (2025), mencionan que facilitan la modelación de ciclos de carbono y flujos ecosistémicos.
- **Sensores dendrométricos electrónicos:** miden la expansión y contracción diaria del tallo, permitiendo estimar el crecimiento en tiempo real y evaluar tasas de fijación de carbono (Chen et al., 2025).

Figura 32. Mapa conceptual sobre sensores remotos y sus aplicaciones interdisciplinarias



Fuente: elaboración propia

Nota. Visualización de conexiones clave entre sensores remotos y conceptos como aprendizaje automático, SIG y monitoreo ambiental

Protocolos de campo

Los protocolos de campo constituyen el conjunto formal de procedimientos estandarizados que guían la recolección de datos en estudios ambientales, forestales y de servicios ecosistémicos. Su función principal es asegurar que todas las mediciones, observaciones y registros se realicen de manera consistente, permitiendo la comparabilidad espacial y temporal entre campañas de monitoreo, equipos de investigadores y métodos de análisis.

En investigaciones de cuantificación de carbono, Leorna & Brinkman (2024), considera que estos protocolos son esenciales para mantener la precisión en la medición de variables estructurales del bosque (diámetro, altura, densidad de madera), la biomasa aérea y subterrá-

nea, y los indicadores derivados de sensores remotos (NDVI, EVI, NBR). Una adecuada estandarización evita sesgos, reduce errores de medición y fortalece la confiabilidad de los modelos alométricos aplicados.

Figura 33. Componentes de un protocolo



Fuente: elaboración propia

Nota. Componentes esenciales de un protocolo de investigación: marco muestral, unidades de observación, calibración, registro y ética.

Herramientas tecnológicas aplicables

Las herramientas tecnológicas se han convertido en un componente central de la investigación ambiental moderna Al-Johari & Sharaf (2024), menciona que su integración facilita obtener datos de alta resolución espacial y temporal, así como mejorar la capacidad predictiva de los modelos ecosistémicos.

Tipos:

1. **Drones (UAV):** permiten captar imágenes multiespectrales, térmicas y RGB. Se emplean para estimar estructura del dosel, detectar deforestación, evaluar regeneración natural y monitorear parcelas permanentes (Gao et al., 2025).
2. **Sensores remotos satelitales:** plataformas como Landsat, Sentinel y MODIS brindan series temporales que permiten identificar tendencias de pérdida de cobertura, degradación o aumento de biomasa (Hoang et al., 2025).

Tabla 1. Comparación de Herramientas Tecnológicas

Herramienta	Aplicación	Ventajas	Limitaciones
Drones (JAV)	Biomasa, NDVI, ortomosaicos	Resolución alta	Capacitación técnica
Sensores satelitales	Monitoreo regional	Series largas	Resolución variable
Apps móviles	Encuestas, GPS	Movilidad	Dependencia energética
Estaciones automáticas	Clima continuo	Precisión	Costo de mantenimiento
Espectrómetros	Índices espectrales	Precisión alta	Costo elevado
Drones (JAV)	Cartografía de biomasa, NDVI, ortomosaicos	Alta resolución, bajo costo relativo	Requiere permisos y experiencia técnica
Sensores remotos satelitales	Monitoreo de cobertura vegetal	Series temporales amplias	Menor resolución espacial
Apps móviles	Encuestas, georreferenciación	Rapidez y almacenamiento en la nube	Dependencia de conectividad

Fuente: elaboración propia

Nota. La selección de herramientas tecnológicas depende de los objetivos del estudio, la escala de análisis y los recursos técnicos y económicos disponibles.

Validación de Instrumentos

La validación garantiza que un instrumento genere datos fiables, coherentes y ajustados al fenómeno estudiado. Chen et al (2025) considera que, en estudios de carbono y servicios ecosistémicos, este proceso es crucial para asegurar que los indicadores sociales, biofísicos o espectrales reflejen adecuadamente la realidad.

Validación Interna

- **Alfa de Cronbach:** evalúa la consistencia interna entre ítems. Valores altos indican que los ítems miden el mismo constructo, útil para escalas de percepción ambiental (Biswas & Tiwari, 2025).
- **Análisis Factorial Exploratorio (AFE):** permite identificar factores subyacentes. En estudios socioambientales puede revelar dimensiones como gobernanza, valoración ecológica o prácticas sostenibles (Gourley et al., 2025).
- **Análisis Factorial Confirmatorio (AFC):** se utiliza cuando ya existe un modelo teórico definido. Ayuda a validar estructuras como modelos de aceptación tecnológica en el uso de drones o apps (Bodor-Pesti et al., 2024).

Figura 35. Ciclo de validación de instrumentos



Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama secuencial que representa la evaluación de consistencia, factores subyacentes y estructuras teóricas.

Validación externa

La validación externa evalúa en qué medida un instrumento refleja adecuadamente la realidad ecológica y si sus resultados son comparables con otras mediciones científicas Van Erp et al. (2024), plantea que su objetivo central es demostrar que los datos generados poseen pertinencia ecológica, coherencia metodológica y compatibilidad con estándares internacionales en servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono.

a. Validez de contenido

La validez de contenido determina si los ítems, variables o indicadores incluidos en un instrumento representan de manera exhaustiva el constructo que se pretende medir.

Para lograrla, Cheng et al. (2024), consideran que se recurre a paneles de expertos multidisciplinarios, generalmente integrados por especialistas en:

- Ecología de ecosistemas
- Estadística aplicada
- Silvicultura y dinámica forestal
- Teledetección y sensores remotos
- Gestión ambiental y servicios ecosistémicos

Lima & Sepp (2025), consideran que algunos expertos analizan si el instrumento incluye todas las dimensiones críticas del fenómeno, por ejemplo: biomasa aérea, estructura vertical del bosque, reflectancias espectrales, atributos edáficos, variables microclimáticas o indicadores socioambientales.

Se aplican matrices de evaluación, coeficientes de acuerdo y análisis cualitativos para garantizar que nada esencial quede fuera y que cada ítem sea relevante, claro y técnicamente adecuado (Borchardt et al., 2025).

b. Validez concurrente

La validez concurrente examina la relación entre un instrumento nuevo y otro previamente validado que mide el mismo constructo Brambilla et al. (2025), plantean que esta relación se evalúa mediante:

- Coeficientes de correlación (Pearson, Spearman)
- Comparación de estimaciones simultáneas en parcelas permanentes
- Concordancia entre sensores (por ejemplo, NDVI obtenido por dron vs NDVI satelital)
- Evaluación cruzada entre protocolos de medición de diámetros, alturas o densidad de madera

En estudios de carbono, este tipo de validez es crucial para verificar que nuevas herramientas como apps de captura de datos, algoritmos de clasificación, ecuaciones alométricas regionalizadas o sensores

edáficos generan resultados equivalentes a las metodologías estándar del IPCC, FAO o REDD+. Una alta validez concurrente indica que el instrumento puede integrarse sin problemas en series históricas o redes de monitoreo existentes (Govedar & Anikić, 2024).

c. Validez predictiva

La validez predictiva evalúa la capacidad del instrumento para anticipar fenómenos ecológicos futuros, demostrando que las mediciones actuales son útiles para modelos de proyección. Zabaleta et al. (2025), plantea que es especialmente relevante en:

- Predicción de cambios en biomasa aérea y carbono almacenado
- Proyecciones de degradación o deforestación
- Modelos de dinámica forestal
- Estimación futura de índices espectrales (NDVI, EVI, NBR) en respuesta a perturbaciones
- Evaluación de resiliencia o vulnerabilidad ecosistémica

La validez predictiva otorga confianza en el uso del instrumento para modelos climáticos, predicción de carbono y planificación de conservación (Maldonado et al., 2024).

Figura 36. Tipos de Validación Externa



Fuente: elaboración propia

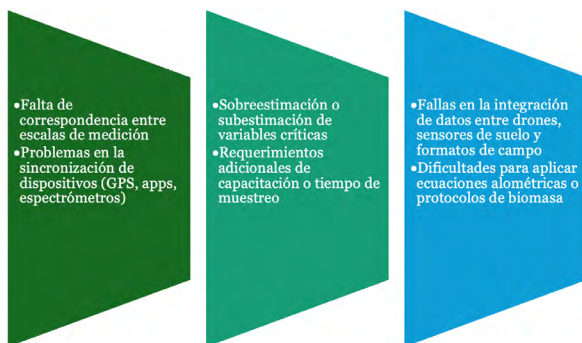
Nota. Diagrama circular que relaciona validez metodológica y relevancia ecológica en el diseño de instrumentos.

Pruebas piloto y ajustes metodológicos

Las pruebas piloto constituyen una fase crítica en la construcción de instrumentos, ya que permiten evaluar su funcionamiento en condiciones reales antes de iniciar la recolección definitiva de datos. En ellas se identifican errores de diseño, problemas logísticos, dificultades de interpretación, variabilidad inesperada en los sensores o incoherencias en la secuencia de mediciones (Prokopuk et al., 2025).

Las pruebas piloto deben realizarse en áreas representativas del estudio y con el mismo equipo técnico que será utilizado posteriormente, lo que permite detectar:

Figura 37. Desafíos comunes en pruebas piloto y ajustes metodológicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Identificación de errores frecuentes en medición, integración de datos y calibración durante etapas preliminares. Fuente. Elaboración propia.

Errores comunes

Prokopuk et al. (2025), consideran los siguientes aspectos como errores comunes:

- Preguntas ambiguas o excesivamente largas que afectan la claridad de las encuestas.
- Problemas de señal en apps o GPS, especialmente en zonas de dosel cerrado.
- Sesgos del observador al medir altura total, DAP o cobertura de copa.
- Falta de calibración de sensores, lo que genera variabilidad espuria en humedad del suelo, radiación PAR o temperatura.

- Incoherencias geométricas en el trazado de parcelas o transectos.
- Desalineación entre datos de campo y datos espectrales por mala georreferenciación.

Criterios para ajustes

Lin et al. (2025), proponen los siguientes criterios para realizar ajustes:

- Corregir o eliminar ítems con baja correlación ítem–total o poca contribución al constructo.
- Simplificar instrucciones para mejorar la comprensión del encuestado o del técnico de campo.
- Estandarizar tiempos de medición para reducir variabilidad entre equipos.
- Modificar rutas de vuelo de drones para evitar turbulencia, interferencias o sombras excesivas.
- Ajustar resolución espacial o frecuencia de registro de sensores edáficos.
- Redefinir tamaños de parcela o subparcelas cuando la variabilidad interna es muy alta.
- Revisar protocolos de fotografía georreferenciada para mejorar la documentación visual.
- Incorporar mecanismos automáticos de validación en campo (alertas de valores fuera de rango).

Figura 38. Fuentes de error en medición y calibración de datos ambientales



Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama que identifica errores comunes desde el diseño de encuestas hasta la calibración de sensores.

Tabla 2. Instrumentos para Cuantificación de Carbono

Instrumento	Variable medida	Aplicación
Cinta diamétrica	DAP	Ecuaciones alométricas
Hipsómetro	Altura total	Estimación de biomasa aérea
Espectrómetro	Reflectancia	NDVI, EVI
Sensor edáfico	Humedad y C orgánico	Modelos de carbono del suelo

Fuente: elaboración propia

Nota. Los instrumentos presentados permiten la cuantificación del carbono mediante mediciones directas e indirectas

Capítulo

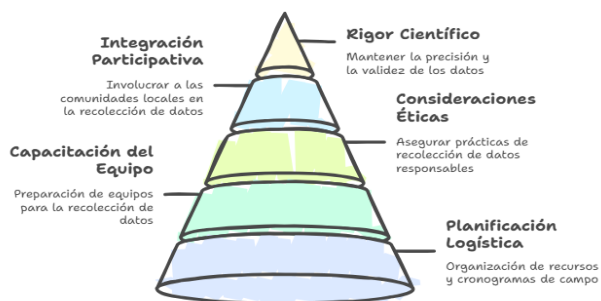
5

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA EN CAMPO



La recolección de información en campo constituye una etapa fundamental dentro de las investigaciones ambientales, ya que permite obtener datos primarios precisos y contextualizados que servirán de base para el análisis científico (Campos et al., 2021). En estudios sobre servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono, el trabajo de campo adquiere especial relevancia debido a la necesidad de medir variables ecológicas, biofísicas y sociales directamente en los ecosistemas de interés. Este capítulo aborda los elementos esenciales para planificar, ejecutar y supervisar adecuadamente las actividades de campo, con el fin de garantizar que los datos recopilados sean confiables, reproducibles y éticamente obtenidos. Se incluyen aspectos logísticos, la capacitación del personal técnico, las consideraciones éticas y ambientales, así como la integración de metodologías participativas que fortalecen la calidad y legitimidad del proceso investigativo.

Figura 39. Enfoques de la recolección de datos científicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Etapas fundamentales dentro de las investigaciones.

Planificación del trabajo de campo: logística y cronogramas

La planificación es la piedra angular de cualquier proyecto de recolección de información científica en campo. Una planificación deficiente puede resultar en retrasos, costos excesivos y, lo que es peor, datos de baja calidad o incompletos. Como señala Cao et al. (2024), la planificación debe abordar tanto la logística como la elaboración de cronogramas detallados.

- **Logística:** la logística se refiere a la organización y coordinación de todos los recursos necesarios para llevar a cabo el trabajo de campo. Esto incluye:
- **Transporte:** determinar el medio de transporte más adecuado para llegar al sitio de estudio y moverse dentro de él. Considerar factores como la accesibilidad, el costo, la seguridad y el impacto ambiental.
- **Alojamiento:** identificar y asegurar un lugar seguro y adecuado para que el equipo se aloje durante el trabajo de campo. Esto puede implicar la reserva de hoteles, el alquiler de casas o la instalación de campamentos.
- **Equipamiento:** elaborar una lista detallada de todo el equipo necesario para la recolección de datos, incluyendo equipos científicos, equipos de seguridad, equipos de comunicación y suministros básicos.
- **Cronogramas:** un cronograma es una herramienta esencial para la gestión del tiempo y los recursos durante el trabajo de campo. Debe incluir:

- **Tareas:** desglosar el proyecto en tareas específicas y asignarlas a los miembros del equipo.
- **Duración:** estimar la duración de cada tarea.
- **Fechas de inicio y finalización:** establecer fechas de inicio y finalización realistas para cada tarea y para el proyecto en su conjunto.
- **Recursos:** asignar los recursos necesarios para cada tarea.

El cronograma debe ser flexible y adaptable a las circunstancias cambiantes. Es importante monitorear el progreso del proyecto regularmente y ajustar el cronograma según sea necesario.

Figura 40. Proceso de planificación logística y cronograma



Fuente: elaboración propia

Nota. La planificación dentro del trabajo de campo.

Capacitación de equipos de recolección

La capacitación adecuada del equipo de recolección es fundamental para garantizar la calidad y la consistencia de los datos.

Tabla 3. Proceso de capacitación para la recolección de datos

Área de formación	Contenido principal	Objetivo	Modalidad
Protocolos de recolección	Uso de equipos, estandarización de mediciones	Asegurar consistencia en los datos	Taller práctico
Identificación de especies	Flora, fauna, características clave	Evitar errores en clasificación	Prácticas guiadas
Seguridad en el campo	Primeros auxilios, rutas seguras	Minimizar riesgos	Simulaciones
Ética de investigación	Consentimiento, confidencialidad	Cumplir principios éticos	Sesiones teóricas
Manejo de datos	Registro, verificación, respaldo	Garantizar integridad de la información	Ejercicios en software
Comunicación comunitaria	Interacción con actores locales	Favorecer buenas relaciones	Dinámicas participativas

Fuente: elaboración propia

Nota. Fases para la capacitación de equipos de recolección.

Protocolos de recolección de datos: enseñar a los miembros del equipo cómo utilizar los equipos científicos, cómo registrar los datos y cómo seguir los protocolos de recolección de datos.

Identificación de especies: capacitar a los miembros del equipo en la identificación de las especies que se van a estudiar.

Seguridad en el campo: proporcionar capacitación en seguridad en el campo, incluyendo primeros auxilios, procedimientos de emergencia y cómo evitar riesgos potenciales.

Ética de la investigación: educar a los miembros del equipo sobre los principios éticos de la investigación, incluyendo el consentimiento informado, la confidencialidad y el respeto por la cultura local.

Manejo de datos: Enseñar a los miembros del equipo cómo manejar los datos de forma segura y eficiente, incluyendo la entrada de datos, la verificación de datos y el almacenamiento de datos.

La capacitación debe ser práctica y participativa, con ejercicios de simulación y ejemplos reales. Es importante evaluar la efectividad de la capacitación y proporcionar retroalimentación a los miembros del equipo (Cayen et al., 2025).

Consideraciones éticas y ambientales

Toda investigación en campo requiere un comportamiento ético que garantice respeto hacia los ecosistemas y las comunidades. La integridad ambiental debe mantenerse en cada actividad realizada, evitando cualquier acción que pueda provocar daño o alteración significativa en el área de estudio. Cuando se trabaja en territorios habitados por poblaciones locales, es necesario obtener su consentimiento informado, reconocer sus derechos y garantizar que la información recopilada sea manejada de forma responsable. Estas consideraciones fortalecen la legitimidad social del estudio y reducen conflictos potenciales.

- **Consentimiento informado:** obtener el consentimiento informado de las personas que participan en la investigación.
- **Confidencialidad:** proteger la confidencialidad de los datos personales de los participantes.
- **Respeto por la cultura local:** respetar la cultura y las costumbres de la población local.
- **Minimización del impacto ambiental:** minimizar el impacto ambiental del trabajo de campo, incluyendo la reducción de residuos, la conservación de la energía y la protección de la biodiversidad.
- **Uso sostenible de los recursos:** utilizar los recursos naturales de forma sostenible.
- **Transparencia:** ser transparente sobre los objetivos y los métodos de la investigación.
- **Beneficio mutuo:** buscar formas de beneficiar a la población local a través de la investigación.

Tabla 4. Prácticas éticas y ambientales durante la recolección de datos en campo

Enfoque	Descripción
Seguridad y respeto	Garantizar el bienestar físico del equipo y de la comunidad. Respetar normas culturales y aplicar protocolos de seguridad.
Minimización del impacto ambiental	Reducir alteraciones al ecosistema, evitar afectar flora y fauna, y gestionar correctamente los residuos generados.
Autorización y consentimiento	Obtener consentimiento informado, explicar los objetivos del estudio y proteger la confidencialidad de los participantes.

Enfoque	Descripción
Responsabilidad en el manejo de datos	Registrar información con exactitud, almacenar datos de forma segura y evitar divulgaciones no autorizadas.
Transparencia y beneficio mutuo	Socializar resultados con las comunidades, fomentar confianza y asegurar que la investigación genere beneficios locales.

Fuente: elaboración propia

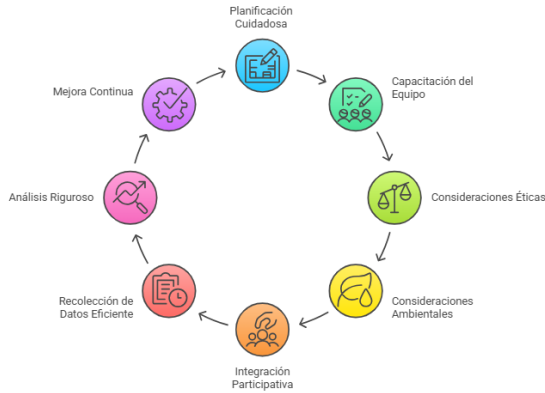
Nota. Aplicación de protocolos éticos y ambientales durante el trabajo de campo, incluyendo el manejo responsable de la biodiversidad.

Integración de metodologías participativas

La incorporación de metodologías participativas en el trabajo de campo enriquece el proceso investigativo al integrar conocimientos locales y experiencias comunitarias que complementan los datos biofísicos (Chang et al., 2022). Este enfoque permite obtener información sociocultural relevante sobre el uso del paisaje, percepciones sobre los servicios ecosistémicos y cambios observados a lo largo del tiempo. La participación activa de actores locales fortalece la transparencia de la investigación y promueve el compromiso con la gestión sostenible del territorio.

Como afirman Chisholm & Wintle (2012), las metodologías participativas se basan en la construcción conjunta del conocimiento, en la que investigadores y comunidades colaboran de manera horizontal. Este enfoque reconoce que los pobladores locales poseen información detallada sobre la dinámica del territorio, sus problemáticas, el comportamiento de especies, los cambios ambientales y la disponibilidad de recursos; información que suele ser difícil de obtener mediante métodos exclusivamente científicos.

Figura 41. Aplicación de metodologías participativas en el trabajo de campo



Fuente: elaboración propia

Nota. Proceso de colaboración activa entre investigadores y actores locales.

Principios fundamentales de las metodologías participativas

La aplicación de estas metodologías se rige por principios que aseguran una interacción ética y productiva, entre ellos:

- **Participación activa:** la comunidad interviene en el diseño, ejecución y análisis de los datos.
- **Horizontalidad del conocimiento:** se reconoce el valor tanto del conocimiento científico como del conocimiento local.
- **Transparencia y comunicación abierta:** se informan claramente los objetivos, alcances y limitaciones del estudio.

- **Flexibilidad metodológica:** las herramientas se adaptan al contexto social y cultural, no al revés.
- **Inclusión y representatividad:** la participación debe considerar diversidad de género, edad, ocupaciones y sectores sociales.
- **Enfoque colaborativo:** las decisiones se construyen colectivamente.

Técnicas participativas más utilizadas en investigaciones ambientales

Las metodologías participativas complementan la recolección de datos técnicos mediante herramientas cualitativas y visuales. Entre las más relevantes se encuentran:

Entrevistas semiestructuradas

- Permiten comprender percepciones, cambios observados en el ecosistema, prácticas productivas y relación con los recursos naturales.

Mapeo comunitario

- Los actores locales elaboran mapas sobre uso del suelo, zonas de riesgo, senderos ecológicos o áreas de conservación.

Caminatas o transectos guiados

- Investigadores y habitantes recorren juntos el área para observar y registrar características del paisaje y cambios ecológicos.

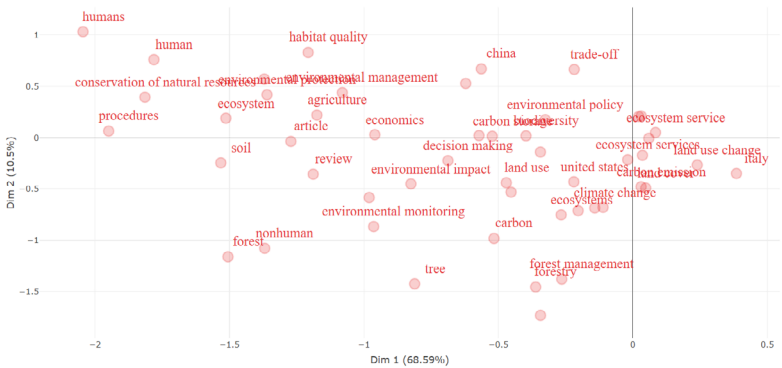
Grupos focales

- Reunión de pequeños grupos para discutir problemáticas ambientales, prioridades y servicios ecosistémicos percibidos.

Talleres participativos

- Espacios para construir y validar información a través de dinámicas colectivas.

Figura 42. Análisis factorial de los temas relacionados a consideraciones éticas



Fuente: elaboración propia

Nota. La imagen muestra la concentración de investigaciones relacionadas con consideraciones éticas y ambientales.

Capítulo

6

VALIDACIÓN, DEPURACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE DATOS



El tratamiento cuidadoso de los datos es una parte fundamental de cualquier investigación, porque permite garantizar que la información utilizada refleje con precisión la realidad estudiada. Antes de aplicar métodos de análisis o interpretar resultados, es necesario revisar la calidad del material recolectado, identificar posibles errores y comprobar que cada registro sea coherente con el propósito del estudio. Este capítulo aborda ese proceso inicial, describiendo cómo se evaluó la consistencia de la base de datos, qué criterios se utilizaron para detectar inconsistencias y de qué manera se corrigieron o depuraron los valores que podían afectar la interpretación final.

La validación busca asegurar que cada dato tenga sentido dentro del contexto del estudio. La depuración permite corregir fallas, eliminar registros inútiles y completar información sin alterar su esencia (Balakayeva et al., 2025). La sistematización, por su parte, transforma un conjunto disperso de valores en una base clara, coherente y preparada para el análisis. Estas tres etapas funcionan como un filtro que fortalece la calidad del trabajo y ofrece mayor confianza en los resultados.

Figura 43. Proceso de validación, depuración y sistematización de datos para la investigación

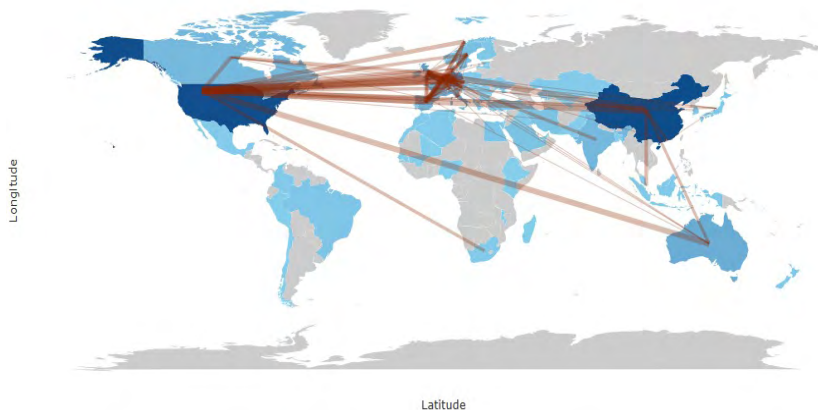


Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama que describe las tres etapas fundamentales del tratamiento inicial de los datos.

Después de la revisión preliminar, se procedió a organizar la información de manera estructurada para facilitar su uso en las siguientes etapas. Esto implicó estandarizar formatos, unificar categorías y ordenar los datos para evitar confusiones y lograr una base clara y homogénea (Abdeen et al., 2025). Este conjunto de pasos, la información quedó preparada para ser analizada con precisión, brindando mayor confianza en los resultados y en las conclusiones que se derivan del estudio.

Figura 44. Mapa de la colaboración de producción científica



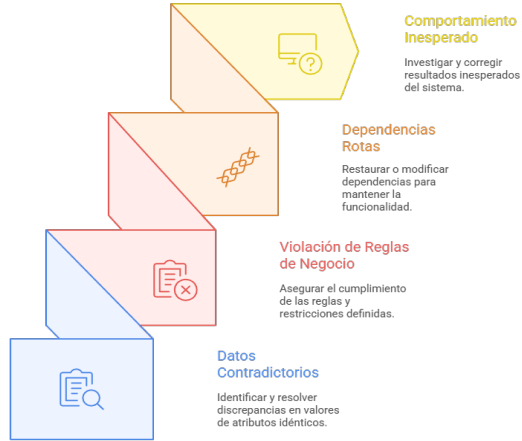
Fuente: elaboración propia

Nota. Mapa de Colaboración de la literatura utilizada en el estudio. La figura ilustra la densidad de las contribuciones y las redes de colaboración entre los países clave cuyas publicaciones sirvieron como base para la revisión del estado del arte.

Técnicas para identificar y corregir inconsistencias

Identificar y corregir inconsistencias en los datos es un paso esencial para garantizar que la información refleje de manera fiel la realidad estudiada. Una inconsistencia se produce cuando existe una contradicción o discrepancia entre diferentes elementos de un conjunto de datos, un sistema o un proceso (Carlesso et al., 2024). Estas discrepancias pueden manifestarse de diversas formas, como:

Figura 45. Tipos y manifestaciones de inconsistencias identificadas en el sistema de datos



Fuente: elaboración propia

Nota. Representación de las cuatro formas principales en que se manifiestan las inconsistencias o errores en el sistema o la base de datos.

Los datos pueden presentar errores por diferentes motivos, como fallas en la recolección, digitación incorrecta o registros incompletos (Castellanos et al., 2024). Por ello, antes de realizar cualquier análisis, es necesario aplicar un conjunto de técnicas que permitan detectar estas irregularidades y tomar decisiones sobre cómo corregirlas sin comprometer la integridad de la información (Edwards et al., 2025).

Técnicas para identificar inconsistencias

La identificación de inconsistencias requiere un enfoque sistemático y la utilización de diversas técnicas, que pueden variar según el

contexto y la naturaleza de los datos o sistemas involucrados (Fischer et al., 2022). A continuación, se presentan algunas de las técnicas más comunes:

1. **Validación de datos:** la validación de datos consiste en verificar que los datos cumplen con un conjunto de reglas y restricciones predefinidas

Figura 44. Criterios de Validación Aplicados a los Datos Recolectados.



Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama de flujo que especifica los cinco criterios fundamentales para la validación de datos.

La validación de datos se puede realizar en diferentes etapas del proceso, como la entrada de datos, la transformación de datos y el almacenamiento de datos.

2. **Auditoría de datos:** la auditoría de datos implica la revisión exhaustiva de los datos para identificar inconsistencias y anomalías.

Figura 46. Métodos de Auditoría de Datos para la Identificación de Inconsistencias.



Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama de flujo que ilustra los tres métodos principales empleados en la auditoría de datos para identificar inconsistencias y anomalías

- 1. Pruebas de integración:** las pruebas de integración consisten en verificar que diferentes componentes de un sistema funcionan correctamente juntos. Estas pruebas pueden ayudar a identificar inconsistencias que surgen de la interacción entre diferentes módulos o sistemas (George et al., 2024).
- 2. Monitoreo de sistema:** el monitoreo de sistemas implica la supervisión continua del rendimiento y el estado de un sistema para identificar anomalías o comportamientos inesperados. Esta técnica puede ayudar a detectar inconsistencias que se producen en tiempo real (Griffiths et al., 2025).
- 3. Análisis de logs:** el análisis de logs consiste en revisar los registros de actividad de un sistema para identificar errores o inconsistencias. Los logs pueden proporcionar información valiosa sobre el comportamiento del sistema y las causas de los problemas (Jackett et al., 2025).

Técnicas para corregir inconsistencias

Una vez que se han identificado las inconsistencias, es necesario corregirlas para garantizar la integridad y la confiabilidad de los datos o sistemas. A continuación, se presentan algunas de las técnicas más comunes:

1. **Corrección manual:** la corrección manual implica la modificación directa de los datos o la configuración del sistema para eliminar las inconsistencias. Esta técnica puede ser necesaria cuando no existe una solución automatizada o cuando se requiere un juicio experto para determinar la mejor forma de corregir el error (Johnston et al., 2024).
2. **Actualización automatizada:** en algunos casos, la mejor forma de corregir una inconsistencia es revertir el sistema a un estado anterior en el que no existía el error. Esta técnica puede ser útil cuando se produce un error grave que afecta a la integridad de los datos o el funcionamiento del sistema (Kasperek & Podpora, 2024).
3. **Reversión a un estado anterior:** en algunos casos, la mejor forma de corregir una inconsistencia es revertir el sistema a un estado anterior en el que no existía el error. Esta técnica puede ser útil cuando se produce un error grave que afecta a la integridad de los datos o el funcionamiento del sistema.
4. **Eliminación de datos:** en algunos casos, la única forma de corregir una inconsistencia es eliminar los datos que la cau-

san. Esta técnica debe utilizarse con precaución, ya que puede provocar la pérdida de información valiosa.

- 5. Implementación de controles preventivos:** la mejor forma de corregir las inconsistencias es evitar que se produzcan en primer lugar. Esto se puede lograr mediante la implementación de controles preventivos, como la validación de datos, la auditoría de datos y el monitoreo de sistemas (Martín et al., 2023).

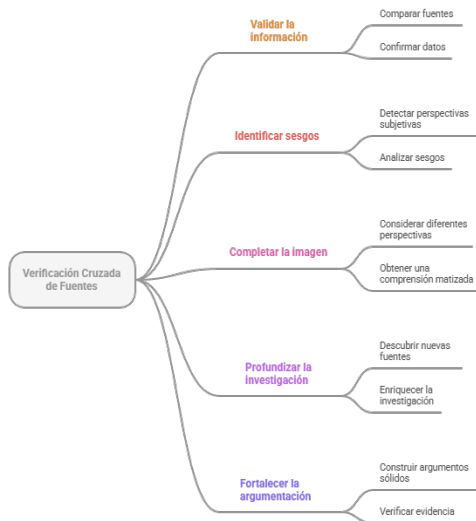
Verificación cruzada de fuentes primarias y secundarias

La verificación cruzada de datos consiste en comparar la información obtenida de distintas fuentes para garantizar su exactitud y confiabilidad. Este proceso es fundamental, porque no toda la información recolectada refleja correctamente la realidad; algunas cifras pueden estar incompletas, desactualizadas o contener errores. Al contrastar datos provenientes de registros directos con información secundaria disponible en estudios previos, bases oficiales o literatura especializada, se puede confirmar su validez y detectar inconsistencias que requieran corrección (Mirasol, 2022).

- **Confirmación de validez:** asegurar que los datos seleccionados sean precisos, coherentes y adecuados para el análisis posterior.
- **Fortalecimiento de la confiabilidad:** garantizar que los resultados del estudio se basen en información verificada y sólida.

Este proceso no solo fortalece la confiabilidad de los datos, sino que también permite identificar brechas de información o áreas donde la evidencia es limitada (Romero et al., 2024). Al aplicar la verificación cruzada, se logra una base más sólida para el análisis, reduciendo el riesgo de errores y ofreciendo mayor seguridad al momento de interpretar los resultados y formular conclusiones.

Figura 48. Pasos para la verificación cruzada de fuentes



Fuente: elaboración propia

Nota. Mapa mental que detalla los cinco objetivos fundamentales de la Verificación Cruzada de Fuentes

La verificación cruzada de fuentes primarias y secundarias es una habilidad esencial para cualquier persona que busque información confiable y precisa (Tilmon et al., 2023). Al combinar la evidencia directa de las fuentes primarias con el análisis y el contexto de las fuentes secundarias, podemos obtener una comprensión más completa y matizada de cualquier tema. Al aplicar estrategias de verificación cruzada y mantener una actitud crítica y escéptica, podemos fortalecer la validez y la confiabilidad de nuestra investigación y análisis.

Normalización de formatos y uso de metadatos

La normalización de formatos y el uso de metadatos son pasos esenciales para organizar y estructurar los datos de manera que puedan ser utilizados de forma coherente y eficiente. Este proceso permite unificar la información proveniente de distintas fuentes, facilitando su comparación y análisis posterior (Weibo, 2022). La normalización asegura que todas las variables sigan un formato homogéneo, ya sea en unidades de medida, fechas, códigos o categorías, evitando confusiones y errores. Por su parte, los metadatos proporcionan información adicional sobre cada dato, como su origen, método de obtención, periodo y definición, lo que permite comprender su contexto y mantener la trazabilidad de los cambios realizados durante la depuración (Pereira et al., 2024).

Proceso	Qué implica	Resultado esperado
Integración de bases	Combinar información de distintas fuentes	Base unificada y lista para análisis
Trazabilidad de cambios	Mantener registro de correcciones e imputaciones	Seguridad y control sobre los datos

Fuente: elaboración propia

Nota. La tabla resume los principales procesos de normalización y uso de metadatos utilizados para garantizar coherencia, orden y trazabilidad dentro de una base de datos.

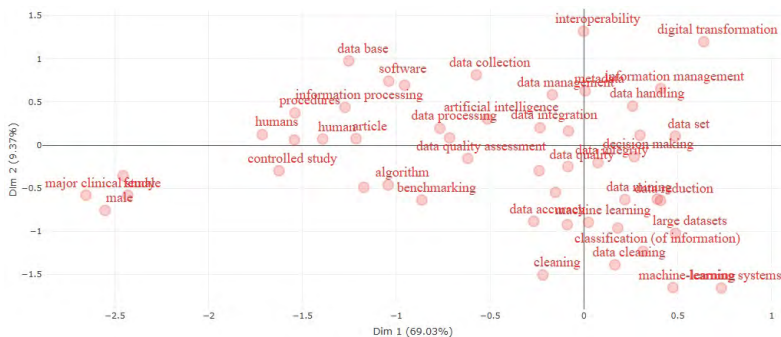
Gracias a la normalización y al registro de metadatos, los datos pueden integrarse en una base unificada y clara, lo que mejora la calidad de los análisis y la confiabilidad de los resultados. Este proceso facilita la gestión de grandes volúmenes de información y permite que los investigadores o usuarios de la base comprendan con precisión qué representa cada registro, cómo fue recolectado y cómo debe interpretarse (Mirasol, 2022).

Aplicación de procedimientos estadísticos y cualitativos para garantizar confiabilidad

La confiabilidad de los datos no solo depende de su limpieza y organización, sino también de la forma en que se analizan y verifican antes de extraer conclusiones. Este subtema aborda cómo los procedimientos estadísticos y cualitativos ayudan a garantizar que la información sea consistente, precisa y representativa de la realidad estudiada. Mediante estas técnicas se identifican errores, patrones atípicos, valores faltantes o inconsistencias que podrían afectar los resultados

finales. Además, permiten interpretar la información en su contexto, asegurando que los análisis posteriores sean sólidos y confiables (Jackett et al., 2025).

Figura 50. Análisis de correspondencia múltiple



Fuente: elaboración propia

Nota. Gráfico del Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM).

Los procedimientos estadísticos se centran en el análisis numérico de los datos, utilizando técnicas que permiten resumir, describir y evaluar su comportamiento. Esto incluye análisis de frecuencia, medidas de tendencia central, identificación de correlaciones y pruebas de normalidad, así como métodos para imputar valores faltantes cuando es necesario (George et al., 2024). Por otro lado, los procedimientos cualitativos complementan la revisión estadística a través de la observación directa, la comparación con documentación existente y la consulta a expertos, lo que ayuda a confirmar la coherencia y validez de los datos en su contexto real.

Tabla 6. Procedimientos estadísticos y cualitativos aplicados para garantizar la confiabilidad de los datos

Tipo de procedimiento	Técnica	Frecuencia de uso (1-10)	Nivel de importancia (1-5)
Estadístico	Análisis de frecuencia	9	5
Estadístico	Medidas de tendencia central	8	5
Estadístico	Identificación de correlaciones	6	4
Estadístico	Pruebas de normalidad	7	4
Estadístico	Imputación de valores faltantes	5	3
Cualitativo	Revisión manual de registros	8	5
Cualitativo	Triangulación con documentos	7	4
Cualitativo	Consulta a expertos	6	4

Fuente: elaboración propia

Nota. La frecuencia de uso indica cuán recurrente es cada técnica dentro del proceso de verificación, mientras que el nivel de importancia refleja su relevancia para asegurar la confiabilidad de los datos.

La combinación de métodos estadísticos y cualitativos permite un análisis más completo y confiable, ya que las técnicas más utilizadas se priorizan según su frecuencia e importancia dentro del estudio, garantizando que los datos numéricos y cualitativos sean coherentes y válidos en su contexto, mientras que el registro de cambios y correcciones asegura la trazabilidad y refuerza la confianza en los resultados obtenidos (Elkina et al., 2023).

Capítulo

7

ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y CUANTIFICACIÓN
DE CARBONO



El análisis de los servicios ecosistémicos y la cuantificación del carbono constituyen componentes fundamentales de la investigación científica ambiental contemporánea, especialmente en el contexto del cambio climático, la sostenibilidad y la toma de decisiones territoriales. Este capítulo aborda los principales enfoques metodológicos empleados para modelar, simular, medir y representar espacialmente los servicios ecosistémicos y los flujos de carbono, integrando herramientas cuantitativas, indicadores biofísicos y tecnologías geoespaciales. Su objetivo es proporcionar un marco metodológico sólido que permita evaluar de manera integral la provisión de servicios ecosistémicos y el rol de los ecosistemas en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Figura 51. Enfoques científicos para el análisis de servicios ecosistémicos y flujos de carbono



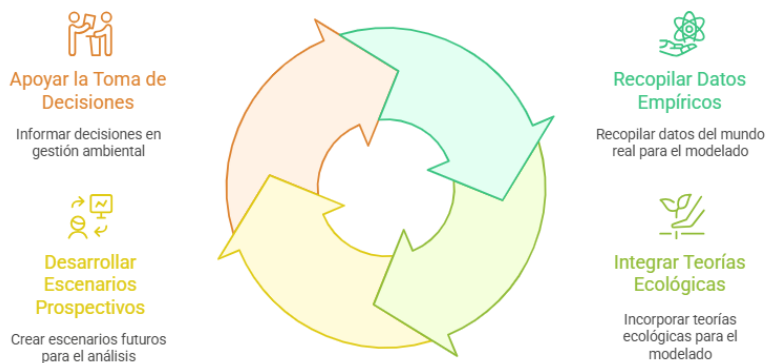
Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama comparativo de enfoques científicos para el estudio de los servicios ecosistémicos y el flujo de carbono. Se distinguen métodos cualitativos y cuantitativos mediante modelado, medición directa y representación espacial.

Métodos de modelado y simulación

El análisis de los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono requieren herramientas metodológicas que permitan comprender, representar y predecir la compleja interacción entre los componentes biofísicos, socioeconómicos y climáticos de los ecosistemas. En este contexto, Zhang et al. (2020), consideran que los métodos de modelado y simulación constituyen un eje central de la investigación científica aplicada, ya que facilitan la integración de datos empíricos, teorías ecológicas y escenarios prospectivos para apoyar la toma de decisiones en gestión ambiental, planificación territorial y formulación de políticas públicas.

Figura 52. Ciclo de Modelado y Simulación



Fuente: elaboración propia

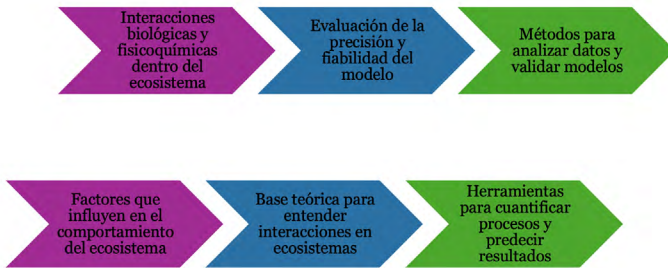
Nota. Ciclo metodológico para el modelado ambiental, que integra datos empíricos, teorías ecológicas, escenarios prospectivos y apoyo a la toma de decisiones en gestión ambiental.

Fundamentos del modelado en servicios ecosistémicos

El modelado científico se define como la representación simplificada y abstracta de un sistema real, con el propósito de analizar su comportamiento, explicar sus dinámicas internas o predecir su evolución bajo determinadas condiciones. En el ámbito de los servicios ecosistémicos, Zhang et al. (2023), plantean que los modelos buscan describir cómo los procesos ecológicos (ciclo de nutrientes, productividad primaria, dinámica de la vegetación, flujos de carbono) se traducen en beneficios para la sociedad, tales como la regulación climática, la provisión de alimentos, la captura y almacenamiento de carbono, y la protección del suelo.

Estos modelos se fundamentan en principios ecológicos, matemáticos y estadísticos, y suelen estructurarse a partir de variables de entrada (por ejemplo, uso del suelo, clima, características edáficas), procesos internos (interacciones biológicas y fisicoquímicas) y variables de salida (indicadores de servicios ecosistémicos o reservas de carbono). La validez del modelo depende de la calidad de los datos, la coherencia teórica y la adecuada calibración y validación frente a observaciones empíricas.

Figura 53. Componentes clave en el modelado de ecosistemas



Fuente: elaboración propia

Nota. Secuencia de elementos teóricos y técnicos que sustentan el análisis ecosistémico, incluyendo interacciones biológicas, métodos de validación, herramientas de cuantificación y fundamentos conceptuales para la predicción ambiental.

Tipologías de modelos aplicados

En la investigación sobre servicios ecosistémicos y carbono se emplean diversas tipologías de modelos, cuya selección depende del objetivo del estudio, la escala espacial y temporal, y la disponibilidad de información:

- **Modelos empíricos o estadísticos:** establecen relaciones cuantitativas entre variables mediante análisis de regresión, modelos lineales generalizados o técnicas multivariantes. Son útiles para identificar patrones y estimar servicios ecosistémicos cuando se dispone de datos observacionales suficientes (Bourgoin, 2020).

- **Modelos mecanicistas o basados en procesos:** representan explícitamente los procesos ecológicos subyacentes, como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición de la materia orgánica y los flujos de carbono entre compartimentos (Renninger et al., 2023), menciona que estos modelos permiten una mayor capacidad explicativa y predictiva, especialmente bajo escenarios de cambio climático.
- **Modelos espaciales:** integran información geográfica mediante sistemas de información geográfica (SIG) y teledetección, permitiendo analizar la distribución espacial de los servicios ecosistémicos y las reservas de carbono. Son esenciales para estudios a escala de paisaje, cuenca o región (Ma et al., 2024).
- **Modelos dinámicos:** incorporan la dimensión temporal para simular la evolución de los ecosistemas a lo largo del tiempo, evaluando trayectorias futuras bajo distintos escenarios

Figura 54. Categorías de enfoques para el modelado de servicios ecosistémicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Clasificación de métodos utilizados en el análisis de servicios ecosistémicos, incluyendo enfoques empíricos, espaciales, mecanicistas y dinámicos, según su base de datos, simulación y representación geográfica.

Simulación de escenarios y análisis prospectivo

La simulación constituye una extensión del modelado que permite explorar escenarios hipotéticos y evaluar sus posibles consecuencias. En el análisis de servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono, Zhang et al. (2023), consideran que la simulación de escenarios se utiliza para comparar alternativas de uso del suelo, prácticas de manejo forestal o agrícola, y políticas de mitigación y adaptación al cambio climático.

Los escenarios pueden clasificarse en tendenciales, normativos y exploratorios. Los escenarios tendenciales proyectan la evolución futura del sistema a partir de las condiciones actuales; los normativos se

construyen en función de objetivos específicos, como la maximización del almacenamiento de carbono; y los exploratorios analizan posibles futuros bajo condiciones de alta incertidumbre. La simulación de estos escenarios facilita la identificación de trade-offs y sinergias entre diferentes servicios ecosistémico (Zhao et al., 2025).

Figura 55. Clasificación de Escenarios



Fuente: elaboración propia

Nota. Clasificación de escenarios utilizados en análisis prospectivo, según el grado de incertidumbre y definición de objetivos: normativos, exploratorios, tendenciales y de alta incertidumbre

Modelos para la cuantificación de carbono

La cuantificación de carbono se apoya en modelos que estiman el carbono almacenado en distintos compartimentos del ecosistema: biomasa aérea, biomasa subterránea, suelo y productos forestales. Singh et al. (2024), plantean que estos modelos pueden ser alométricos

cos, cuando se basan en relaciones matemáticas entre variables fácilmente medibles (como el diámetro del árbol) y la biomasa, o integrales, cuando consideran flujos de carbono entre compartimentos a lo largo del tiempo.

En estudios de mitigación del cambio climático, los modelos de carbono permiten estimar emisiones y remociones de gases de efecto invernadero, evaluar la efectividad de proyectos de conservación o restauración, y generar información para inventarios nacionales y mecanismos de compensación de carbono. La simulación resulta clave para estimar la permanencia y adicionalidad del carbono almacenado (Li et al., 2020).

Figura 56. Tipo de Modelos

1. Modelos Alométricos

- Utiliza relaciones matemáticas entre variables medibles y biomasa adecuando para estimaciones rápidas

2. Modelos Integrales

- Considera flujos de carbono a lo largo del tiempo, proporcionando evaluaciones detalladas

Fuente: elaboración propia

Nota. Comparación entre modelos alométricos, que utilizan relaciones matemáticas para estimaciones rápidas, y modelos integrales, que consideran dinámicas temporales del carbono para evaluaciones detalladas.

Validación, incertidumbre y limitaciones

Un aspecto crítico del modelado y la simulación es la evaluación de la incertidumbre asociada a los resultados. La incertidumbre puede originarse en errores de medición, supuestos simplificadores, variabilidad natural del sistema y limitaciones en la representación de procesos complejos. Por ello, Curatola Fernández et al. (2023), mencionan que es fundamental realizar procesos de validación mediante la comparación de las salidas del modelo con datos independientes y aplicar análisis de sensibilidad para identificar las variables más influyentes.

Reconocer las limitaciones de los modelos no implica restarles valor científico, sino utilizarlos de manera responsable como herramientas de apoyo a la investigación y la toma de decisiones. Un enfoque transparente y crítico fortalece la credibilidad de los resultados y su utilidad práctica (Sharma et al., 2024).

Figura 57. Proceso de Validación de Datos



Fuente: elaboración propia

Nota. Etapas esenciales para evaluar modelos: incertidumbre, validación, sensibilidad y limitaciones. Favorecen la confiabilidad y aplicabilidad en contextos técnicos y científicos

Concepto y función de los indicadores

Un indicador de servicios ecosistémicos se define como una variable o conjunto de variables que representan el estado, la capacidad o el flujo de un servicio ecosistémico en un espacio y tiempo determinados. Su función principal es simplificar la información ecológica sin perder su significado esencial, permitiendo evaluar cambios, identificar tendencias y comparar escenarios de manejo o conservación (Xu et al., 2025).

Desde una perspectiva metodológica, los indicadores actúan como un puente entre el conocimiento científico y los procesos de planificación y gestión ambiental. Yue et al. (2022), consideran que un indicador bien diseñado debe ser científicamente válido, sensible a los cambios del sistema, reproducible, comprensible para los usuarios y pertinente para los objetivos del estudio.

Figura 59. Ciclo de Indicadores Ecosistémicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Proceso para evaluar y gestionar servicios ecosistémicos mediante indicadores ambientales.

Clasificación de indicadores de servicios ecosistémicos

Los indicadores pueden clasificarse según distintos criterios, siendo uno de los más utilizados el tipo de servicio ecosistémico que representan:

- **Indicadores de servicios de provisión:** miden bienes tangibles obtenidos de los ecosistemas, como la producción de alimentos, madera, agua dulce o recursos genéticos. Ejemplos incluyen el rendimiento agrícola por hectárea, el volumen de biomasa forestal o la disponibilidad hídrica (Nyarko et al., 2024).
- **Indicadores de servicios de regulación:** reflejan la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ambientales, como el clima, la calidad del aire y del agua, la erosión del suelo o el ciclo del carbono. En este grupo se incluyen indicadores como el carbono almacenado en biomasa y suelo, la tasa de captura de carbono o la reducción de sedimentos (An et al., 2022).
- **Indicadores de servicios culturales:** capturan beneficios no materiales, tales como el valor recreativo, estético, educativo o espiritual de los ecosistemas. Estos indicadores suelen combinar métodos cuantitativos y cualitativos, como el número de visitantes, encuestas de percepción o índices de valor paisajístico (Trégarot et al., 2021).
- **Indicadores de servicios de soporte o apoyo:** representan procesos ecológicos básicos que sostienen los demás servi-

cios, como la productividad primaria neta, la biodiversidad funcional o la formación del suelo (Cheng et al., 2024).

Figura 60. Tipos de Indicadores de Servicios Ecosistémicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Clasificación de indicadores según el tipo de beneficio ecosistémico: cultural, de regulación y de provisión.

Indicadores biofísicos, económicos y sociales

Otra clasificación relevante distingue los indicadores según la dimensión que abordan:

- **Indicadores biofísicos:** se expresan en unidades físicas o biológicas y describen directamente procesos ecológicos, como toneladas de carbono por hectárea, cobertura vegetal o contenido de materia orgánica del suelo (Wang et al., 2022).

- **Indicadores económicos:** asignan un valor monetario a los servicios ecosistémicos, permitiendo su comparación con otros componentes económicos. Incluyen métodos como el valor de mercado, costos evitados o valoración contingente (Ungaro et al., 2025).
- **Indicadores sociales:** evalúan la relación entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano, considerando aspectos como seguridad alimentaria, medios de vida, equidad y percepción social (Liu et al., 2025).

La integración de estas dimensiones favorece un enfoque interdisciplinario y una evaluación más completa de los servicios ecosistémicos.

Figura 61. Categorías de Indicadores Ambientales



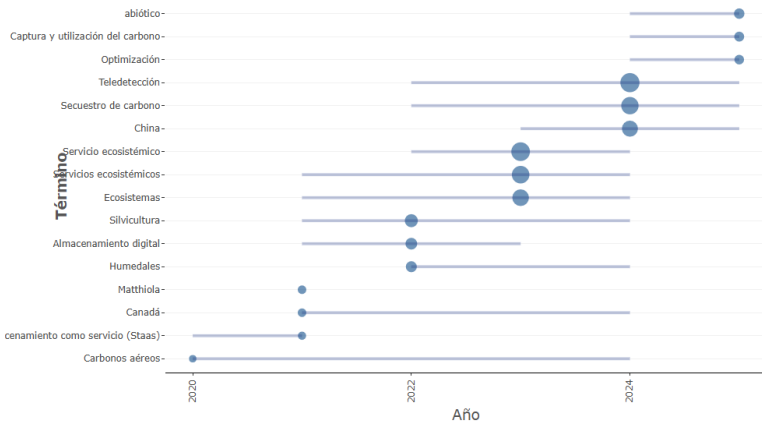
Fuente: elaboración propia

Nota. Clasificación de indicadores según su enfoque: biofísico, económico y social, en el eje físico-humano.

Selección y construcción de indicadores

La selección de indicadores debe responder a los objetivos de la investigación, la escala de análisis y la disponibilidad de datos. Es recomendable priorizar indicadores que sean relevantes para los actores involucrados y coherentes con marcos conceptuales reconocidos. Jing et al. (2023), consideran que el proceso de construcción de indicadores implica la definición clara del servicio a evaluar, la identificación de variables representativas, la determinación de métodos de medición y la estandarización de unidades. En estudios de cuantificación de carbono, por ejemplo, es fundamental asegurar la coherencia metodológica entre indicadores de biomasa, suelo y emisiones.

Figura 62. Evolución de Términos Clave



Fuente: elaboración propia

Nota. Visualización temporal de la relevancia de conceptos ambientales y tecnológicos en estudios recientes.

Indicadores e integración con el modelado y la simulación

Los indicadores de servicios ecosistémicos están estrechamente vinculados con los métodos de modelado y simulación. Xiao et al. (2025), plantean que los modelos utilizan indicadores como variables de salida para representar escenarios futuros y evaluar impactos de distintas alternativas de manejo. A su vez, los indicadores permiten interpretar los resultados del modelado de forma clara y operativa.

En la cuantificación de carbono, los indicadores facilitan la comparación entre escenarios de conservación, degradación o restauración, evidenciando sinergias y trade-offs con otros servicios ecosistémicos. Esta integración fortalece el análisis científico y mejora la utilidad de los resultados para la toma de decisiones (García-Ontiyuelo et al., 2024).

Figura 63. Utilidad e Integración de Actividades de Evaluación Ecosistémica



Fuente: elaboración propia

Nota. Clasificación de actividades según su utilidad para decisiones ambientales y su nivel de integración.

Técnicas de medición y estimación del carbono (biomasa, suelos y remoción)

La medición y estimación del carbono en los ecosistemas constituye un componente central del análisis de servicios ecosistémicos, particularmente en el contexto de la mitigación del cambio climático. Estas técnicas permiten cuantificar el carbono almacenado y los flujos de carbono entre los distintos compartimentos del ecosistema, proporcionando información científica esencial para inventarios, proyectos de conservación, restauración y mecanismos de compensación de emisiones (Rabot et al., 2022).

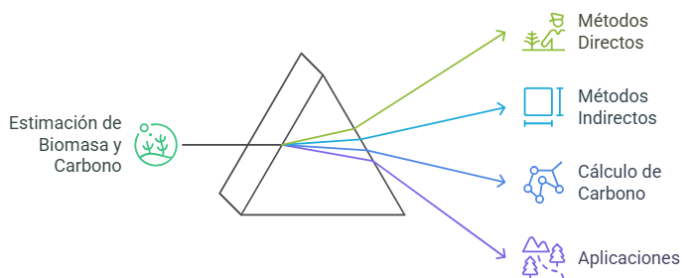
Medición y estimación del carbono en biomasa

La biomasa vegetal representa uno de los principales reservorios de carbono en los ecosistemas terrestres. Fu et al. (2024), consideran que su cuantificación se realiza mediante métodos directos e indirectos. Los métodos directos implican la cosecha y el pesaje de la biomasa, por lo que se utilizan principalmente en parcelas experimentales debido a su carácter destructivo.

En la práctica científica y de gestión ambiental, predominan los métodos indirectos basados en ecuaciones alométricas, las cuales relacionan variables dendrométricas fácilmente medibles como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura del árbol y la densidad de la madera con la biomasa aérea y subterránea. Una vez estimada la biomasa, el contenido de carbono se calcula generalmente aplicando un factor de conversión estándar (Wang et al., 2024),

Estas técnicas permiten estimar el carbono almacenado a diferentes escalas, desde parcelas forestales hasta paisajes completos, y constituyen la base metodológica de numerosos estudios sobre captura y almacenamiento de carbono.

Figura 64. Componentes de la Estimación de Biomasa y Carbono



Fuente: elaboración propia

Nota. Esquema de métodos, cálculos y aplicaciones para cuantificar biomasa y carbono en ecosistemas.

Medición y estimación del carbono en suelos

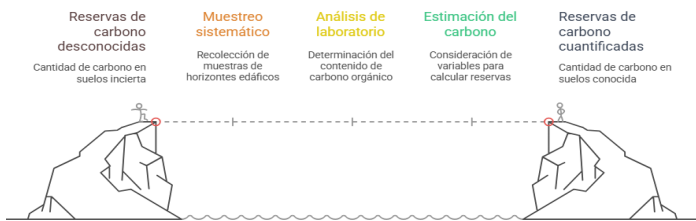
El suelo es uno de los mayores reservorios de carbono terrestre y desempeña un papel clave en la regulación climática. Sutton et al. (2025), plantean que la cuantificación del carbono del suelo se basa en el muestreo sistemático de horizontes edáficos, seguido de análisis de laboratorio para determinar el contenido de carbono orgánico.

La estimación del carbono del suelo requiere considerar variables como la profundidad del muestreo, la densidad aparente y la concentración de carbono. Estos datos permiten calcular las reservas de car-

bono por unidad de superficie. Metodológicamente, es fundamental aplicar protocolos estandarizados para garantizar la comparabilidad de los resultados entre estudios y regiones (An et al., 2022).

Los cambios en el uso del suelo, las prácticas de manejo y los procesos de degradación o restauración influyen significativamente en las reservas de carbono del suelo, por lo que su medición resulta indispensable para evaluar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Figura 65. Proceso de Cuantificación del Carbono en Suelos



Fuente: elaboración propia

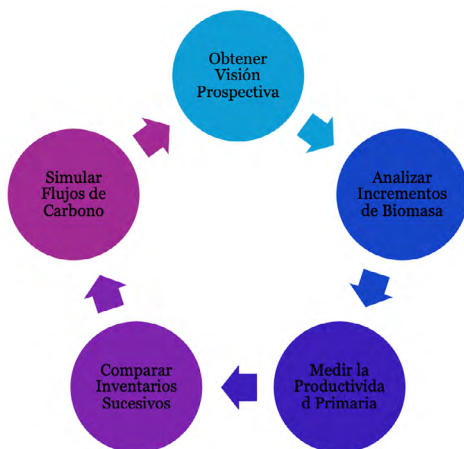
Nota. Etapas para estimar reservas de carbono edáfico: desde el muestreo hasta su cuantificación.

Estimación de la remoción y dinámica del carbono

La remoción de carbono se refiere a la capacidad de los ecosistemas para absorber dióxido de carbono de la atmósfera y almacenarlo en biomasa y suelos. Su estimación se realiza mediante el análisis de incrementos de biomasa en el tiempo, mediciones de productividad primaria y modelos de crecimiento y balance de carbono (Baltensweiler et al., 2021).

En estudios longitudinales, la comparación de inventarios sucesivos permite estimar tasas de captura de carbono. Asimismo, Young et al. (2021), consideran que los modelos dinámicos facilitan la simulación de flujos de carbono bajo distintos escenarios de manejo y cambio climático, aportando una visión prospectiva de la capacidad de mitigación de los ecosistemas.

Figura 66. Ciclo de Evaluación de Carbono y Biomasa



Fuente: elaboración propia

Nota. Proceso continuo para modelar, medir y proyectar flujos de carbono y productividad ecosistémica.

Uso de Sistemas de Información Geográfica y herramientas geoespaciales

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas geoespaciales ha transformado el análisis de servicios ecosistémicos.

cos y la cuantificación de carbono, al permitir integrar información espacial, temporal y temática de manera sistemática y precisa.

Fundamentos del análisis geoespacial

Los SIG permiten almacenar, procesar y analizar datos georreferenciados relacionados con el uso y cobertura del suelo, la topografía, el clima y la vegetación. En el análisis de servicios ecosistémicos, Kibret et al. (2022), consideran que estas herramientas facilitan la representación espacial de indicadores, la identificación de patrones y la evaluación de cambios a lo largo del tiempo.

La integración de datos provenientes de cartografía temática, imágenes satelitales y levantamientos de campo constituye la base del análisis geoespacial aplicado a la cuantificación de carbono (Mayamanikandan et al., 2024).

Figura 67. Secuencia de Gestión de Datos Ambientales



Fuente: elaboración propia

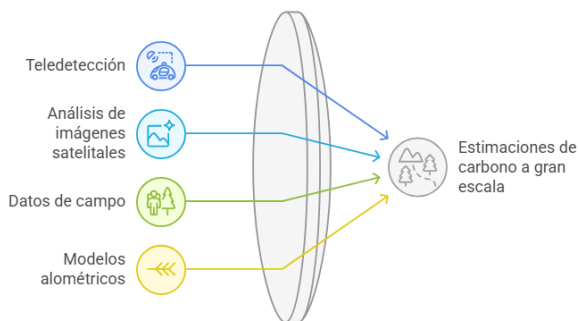
Nota. Flujo básico para almacenar, procesar y analizar información en estudios ecosistémicos.

Teledetección y estimación espacial del carbono

La teledetección proporciona información clave para estimar la biomasa y el carbono a grandes escalas mediante sensores remotos que capturan datos espectrales de la superficie terrestre. El análisis de imágenes satelitales permite identificar tipos de cobertura vegetal, estimar índices de vegetación y monitorear cambios en el uso del suelo (Gülçin & Konijnendijk, 2021).

Estas técnicas, combinadas con datos de campo y modelos alométricos, posibilitan la extrapolación de estimaciones de carbono a nivel regional o nacional, reduciendo costos y tiempos de evaluación.

Figura 68. Fuentes para Estimaciones de Carbono a Gran Escala



Fuente: elaboración propia

Nota. Integración de teledetección, imágenes satelitales, datos de campo y modelos alométricos para cuantificar carbono

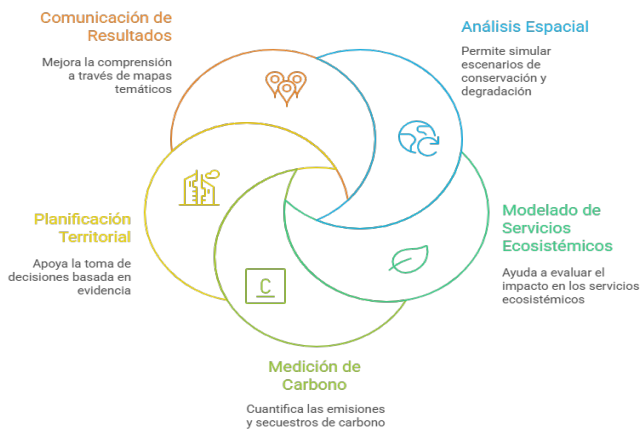
Integración de SIG con modelado y toma de decisiones

Los SIG no solo cumplen una función descriptiva, sino también analítica y prospectiva. Al integrarse con modelos de servicios ecosistémicos y carbono, permiten simular escenarios espaciales de conservación, degradación o restauración, evaluando sus impactos en la distribución y magnitud de los servicios ecosistémicos (Wang et al., 2024).

Desde una perspectiva metodológica, el uso de herramientas geoespaciales fortalece la robustez de los estudios científicos, mejora la comunicación de resultados mediante mapas temáticos y apoya la planificación territorial y ambiental basada en evidencia (Cortés et al., 2024).

Las metodologías para medir el carbono y la aplicación de sistemas de información geográfica son fundamentos esenciales para el estudio detallado de los servicios que ofrecen los ecosistemas y la medición del carbono, ya que combinan información empírica, análisis geoespacial y métodos proactivos enfocados en la sostenibilidad.

Figura 69. Aplicaciones del SIG en la Sostenibilidad



Fuente: elaboración propia

Nota. Funciones del SIG en análisis espacial, planificación territorial y evaluación de servicios ecosistémicos.

Capítulo

8

*GESTIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE DATOS
CIENTÍFICOS*



La adecuada gestión de los datos científicos es un componente esencial para asegurar la calidad, transparencia y replicabilidad de la investigación en servicios ecosistémicos y cuantificación de carbono. En un contexto donde los proyectos generan grandes volúmenes de información espacial, biofísica y socioambiental, se vuelve indispensable implementar estrategias que garanticen su organización, resguardo y disponibilidad a largo plazo. Este capítulo analiza los lineamientos y herramientas clave para la administración eficiente de datos, desde el cumplimiento de los principios FAIR hasta la documentación, trazabilidad y reutilización responsable de la información en nuevas investigaciones. Con ello, se busca fortalecer la integridad científica y fomentar la continuidad del conocimiento en el campo ambiental (Crous et al., 2019).

Figura 70. Gestión de datos científicos



Fuente: elaboración propia

Nota. Proceso de colaboración activa entre investigadores y actores locales.

Principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)

Los principios FAIR constituyen un estándar internacional que orienta la gestión adecuada de los datos científicos y garantizan que la información generada pueda ser comprendida, utilizada y compartida de manera eficiente. En el contexto de los servicios ecosistémicos y la cuantificación de carbono, su aplicación es especialmente relevante debido a la variedad de formatos, escalas y variables involucradas desde mediciones biofísicas hasta datos espaciales, socioeconómicos y de percepción comunitaria (Jesus et al., 2012). Adoptar estos principios permite maximizar el valor del esfuerzo de campo, mejorar la transparencia metodológica y facilitar que otros investigadores puedan replicar, contrastar o ampliar los análisis realizados.

La dimensión Findable se refiere a que los datos deben poder encontrarse fácilmente mediante motores de búsqueda académica o repositorios especializados. Esto implica la asignación de identificadores persistentes (como DOI), la inclusión de metadatos completos y la organización estructurada de los conjuntos de datos. La característica Accessible (accesible) implica que la información pueda consultarse sin barreras técnicas innecesarias, ofreciendo rutas de acceso claras y compatibles con diferentes plataformas, incluso cuando existan permisos o licencias específicas.

Tabla 7. Plataformas de almacenamiento y trazabilidad

Tipo de plataforma	Características principales
Repositorios institucionales	Gestionados por universidades o centros de investigación, con respaldo y normas internas.
Repositorios temáticos	Especializados en áreas científicas específicas.
Plataformas en la nube	Permiten acceso remoto, escalabilidad y copias de seguridad automáticas.
Sistemas de trazabilidad	Registran cambios, versiones y responsables de los datos.

Fuente: elaboración propia

Nota. Principio para la gestión de los datos científicos.

En conjunto, los principios FAIR no solo mejoran la eficiencia del trabajo científico, sino que fortalecen la credibilidad y el impacto de los estudios en servicios ecosistémicos y carbono, permitiendo que los resultados se integren a iniciativas globales de monitoreo, conservación y mitigación climática (Destouet et al., 2025).

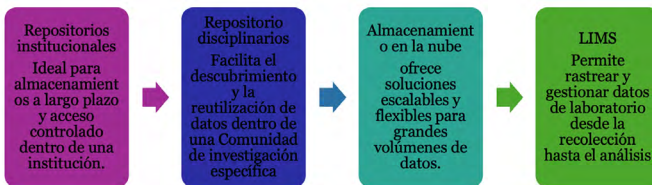
Plataformas de almacenamiento y trazabilidad

La elección de una plataforma de almacenamiento adecuada es crucial para garantizar la seguridad, la integridad y la accesibilidad de los datos científicos. Algunas opciones comunes incluyen:

- **Repositorios institucionales:** ofrecen almacenamiento a largo plazo y acceso controlado a los datos. Son ideales para datos generados dentro de una institución específica.

- **Repositorios disciplinarios:** están especializados en un área de investigación particular y facilitan el descubrimiento y la reutilización de datos dentro de esa comunidad. Ejemplos incluyen GenBank para datos genómicos y Protein Data Bank para estructuras de proteínas.
- **Almacenamiento en la nube:** plataformas como Amazon S3, Google Cloud Storage y Microsoft Azure ofrecen soluciones escalables y flexibles para el almacenamiento de grandes volúmenes de datos.
- **Sistemas de gestión de datos de laboratorio (LIMS):** permiten rastrear y gestionar datos generados en el laboratorio, desde la recolección de muestras hasta el análisis de resultados.

Figura 71. Plataformas de almacenamiento de datos científicos



Fuente: elaboración propia

Nota. La imagen ilustra sistemas que aseguran y seguimiento del historial de datos.

La trazabilidad de los datos es esencial para garantizar su integridad y reproducibilidad. Esto implica registrar la procedencia de los datos, incluyendo información sobre cómo fueron recolectados, procesados y analizados. Herramientas como sistemas de control de versiones

(por ejemplo, Git) y plataformas de gestión de flujos de trabajo (por ejemplo, Snakemake) pueden ayudar a automatizar y documentar el proceso de análisis de datos.

Un aspecto central de estas plataformas es la trazabilidad de los datos, entendida como la capacidad de reconstruir el historial completo de un conjunto de datos desde su generación hasta su uso final. La trazabilidad permite identificar el origen de los datos, los procesos a los que fueron sometidos, las transformaciones realizadas y las personas responsables de cada etapa. Esta característica es esencial para la reproducibilidad científica, ya que posibilita verificar los resultados y validar los métodos utilizados.

Otra ventaja relevante de las plataformas de almacenamiento científico es su capacidad para manejar distintos tipos de datos, como datos experimentales, observacionales, simulaciones, imágenes, secuencias, modelos y resultados estadísticos. La integración de estos diversos formatos dentro de un mismo entorno facilita el análisis interdisciplinario y mejora la eficiencia del trabajo investigador.

Muchas plataformas actuales permiten la asignación de identificadores persistentes a los conjuntos de datos, lo que favorece su citación formal en publicaciones científicas. Esta práctica contribuye al reconocimiento del trabajo de los investigadores y promueve la cultura de compartir datos como un producto científico valioso por sí mismo.

Las plataformas de almacenamiento también cumplen un rol fundamental en la colaboración científica. A través de entornos compartidos, diferentes equipos de investigación pueden trabajar sobre los mismos datos en tiempo real, manteniendo un control estricto de

versiones y evitando duplicaciones innecesarias. Esto resulta especialmente útil en proyectos internacionales o de gran escala, donde participen múltiples instituciones.

Protocolos de documentación y resguardo de la información

La documentación adecuada permite que los datos puedan ser comprendidos y reproducidos por otros investigadores, incluso varios años después de su recolección. Como expone Díaz et al. (2011), en estudios de carbono y servicios ecosistémicos, donde los métodos de medición pueden variar según el ecosistema, es crucial detallar procedimientos, instrumentos utilizados, rangos de error y criterios de clasificación.

El resguardo de la información implica mantener copias de seguridad, definir responsables de custodia y prevenir pérdidas causadas por fallos técnicos o errores humanos.

- Elaboración de metadatos completos y coherentes.
- Uso de manuales de procedimiento y cuadernos de campo digitalizados.
- Copias de seguridad periódicas en repositorios internos y externos.

Figura 72. Proceso para un resguardo de datos efectivo



Fuente: elaboración propia

Nota. Prácticas clave para garantizar la correcta conservación y descripción de los datos.

Recomendaciones para la reutilización de datos en nuevas investigaciones

La reutilización de datos científicos permite optimizar recursos, ampliar la cobertura espacial o temporal de los análisis y generar investigaciones más integrales. Para aprovechar correctamente la información existente, es necesario evaluar su calidad, comprender las condiciones bajo las cuales fue recopilada y verificar su compatibilidad con nuevos objetivos de investigación (Dragisic et al., 2011). Para facilitar la reutilización de datos, es importante seguir las siguientes recomendaciones:

- **Publicar datos en formatos abiertos:** utilizar formatos de datos estandarizados y ampliamente compatibles, como CSV, JSON o XML.

- **Proporcionar metadatos completos:** incluir información detallada sobre los datos, incluyendo su origen, propósito, metodología y cualquier limitación conocida.
- **Especificar la licencia de uso:** indicar claramente los términos y condiciones bajo los cuales los datos pueden ser utilizados.
- **Citar los datos correctamente:** al utilizar datos de otros investigadores, citarlos adecuadamente para dar crédito a su trabajo y facilitar el seguimiento de la procedencia de los datos.

Tabla 8. Beneficios de la reutilización de datos

Concepto	Descripción
Optimización de recursos	Permite aprovechar datos ya existentes, reduciendo costos, tiempo y esfuerzos asociados a nuevas recolecciones.
Mayor transparencia	Facilita la revisión, verificación y comparación de resultados por parte de otros investigadores.
Impulso a nuevos estudios	Los datos reutilizados pueden ser analizados desde enfoques distintos o combinados con nuevas fuentes.
Continuidad del conocimiento	Evita la pérdida de información valiosa y permite dar seguimiento a investigaciones previas.

Fuente: elaboración propia

Nota. El resultado de la reutilización de datos en investigaciones.

Siguiendo estas recomendaciones, los investigadores pueden maximizar el valor de sus datos y contribuir al avance del conocimiento científico (Ortíz et al., 2025). La gestión adecuada de los datos científicos no solo facilita su reutilización, sino que también promueve la

transparencia, la reproducibilidad y la colaboración en la investigación. La transparencia legal y ética también desempeña un papel fundamental en la reutilización de datos. Los investigadores deben asegurarse de que los datos cuenten con condiciones de uso claramente definidas, incluyendo restricciones relacionadas con la privacidad, la confidencialidad o la propiedad intelectual. Respetar estas condiciones no solo evita conflictos legales, sino que también fortalece la confianza dentro de la comunidad científica.

Además, la correcta atribución de los datos reutilizados es una práctica indispensable. Reconocer a los autores originales mediante citas adecuadas permite rastrear la procedencia de la información y valorar el esfuerzo invertido en su generación. Esta práctica fomenta una cultura de colaboración y reconocimiento mutuo, incentivando a más investigadores a compartir sus datos. Esta documentación asegura la transparencia del proceso investigativo y facilita que otros investigadores puedan comprender, evaluar y reutilizar nuevamente los datos en el futuro, fortaleciendo así la reproducibilidad científica.

Capítulo

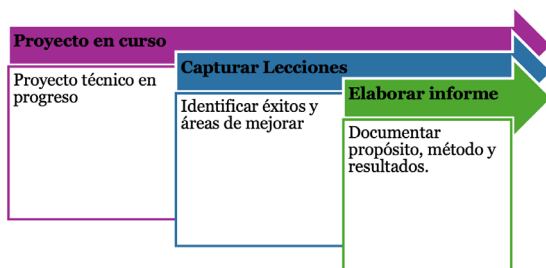
9

*ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO Y LECCIONES
APRENDIDAS*



La elaboración del informe técnico y lecciones aprendidas se orienta a la elaboración del informe técnico–científico como producto final del proceso investigativo, integrando de manera ordenada los resultados obtenidos y las experiencias metodológicas desarrolladas a lo largo del estudio. En este sentido, se analizan los criterios fundamentales para la correcta estructuración y redacción de un informe científico, destacando la importancia de la claridad, coherencia y rigor académico en la comunicación de los hallazgos (Akaliyski & Sng, 2025). Asimismo, se aborda la presentación de los resultados y la justificación de los métodos empleados, enfatizando la relación entre los objetivos planteados, las técnicas aplicadas y los resultados alcanzados. El capítulo también incorpora reflexiones metodológicas sobre los principales desafíos enfrentados durante la investigación, lo que permite identificar aprendizajes relevantes (Baleige & Denis, 2025). Finalmente, se proponen recomendaciones dirigidas a investigadores, docentes y estudiantes, orientadas a fortalecer las buenas prácticas en la elaboración de trabajos académicos y técnicos.

Figura 73. Modelo de Tres Fases para la Transformación de Proyectos en Conocimiento Organizacional



Fuente: elaboración propia

Nota. Este esquema representa el proceso de conversión de un proyecto en progreso.

La elaboración del informe técnico implica organizar y comunicar de manera clara el trabajo realizado, desde la redacción hasta la forma en que se presentan los resultados. Este proceso permite analizar la coherencia entre los métodos aplicados y los hallazgos obtenidos, así como reflexionar sobre las dificultades y aprendizajes surgidos durante la investigación (Ben et al., 2023). A partir de estas experiencias, se generan orientaciones que contribuyen a mejorar la práctica académica y el desarrollo de futuros estudios.

Estructura y redacción de un informe científico

Este documento proporciona una orientación completa acerca de cómo se debe organizar y escribir un informe científico. Se explican las partes fundamentales que debe incluir un informe, comenzando por la introducción y finalizando en las conclusiones, brindando recomendaciones útiles para garantizar que los resultados de la investigación se presenten de manera clara, exacta y con un enfoque riguroso. La meta es proporcionar un modelo que pueda utilizarse como referencia para la creación de informes científicos de gran calidad, sin importar el área de estudio (Colina et al., 2022).

Figura 74. Proceso de redacción de informe científico



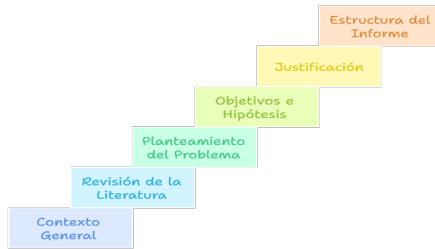
Fuente: elaboración propia

Nota. Este diagrama lineal describe las etapas clave: Identificar Componentes Esenciales, Asegurar Rigor Científico y Ofrecer Plantilla, complementado por Consejos Prácticos y la Presentación de Resultados de Investigación.

Introducción

La introducción de un informe científico tiene como objetivo contextualizar la investigación, presentar el problema que se aborda y establecer la relevancia del estudio (Dancot et al., 2024). Debe captar la atención del lector y proporcionar una base sólida para comprender el resto del informe.

Figura 75. Elementos claves de la introducción



Fuente: elaboración propia

Nota. Este diagrama ilustra el embudo de investigación utilizado para guiar al lector desde el área temática amplia hasta los componentes finales que serán desarrollados en el informe.

Metodología

Describe detalladamente cómo se llevó a cabo la investigación. Debe proporcionar suficiente información para que otros investigadores puedan replicar el estudio y evaluar la validez de los resultados (Ebert et al., 2022).

Resultados

La sección de resultados presenta los hallazgos de la investigación de manera objetiva y concisa. Debe incluir datos relevantes que respondan a las preguntas de investigación planteadas en la introducción (Glavind & Mogensen, 2022).

Discusión

Interpreta los resultados de la investigación en el contexto de la literatura existente. Debe explicar el significado de los hallazgos, dis-

cutir sus implicaciones y limitaciones, y sugerir direcciones para futuras investigaciones.

Conclusiones

Resume los hallazgos principales de la investigación y destaca su importancia. Debe ser concisa y clara, y debe responder a las preguntas de investigación planteadas en la introducción (Immel et al., 2022).

Referencias

Enumera todas las fuentes citadas en el informe. Debe seguir un formato de citación consistente (APA, MLA, Chicago, etc.).

Figura 76. Elementos de una Lista de Referencias

Lista alfabética	Formato de citación	Información completa
<ul style="list-style-type: none">Organiza las referencias en orden alfabético por el apellido del primer autor.	<ul style="list-style-type: none">Utiliza un formato de citación consistente para todas las referencias.	<ul style="list-style-type: none">Incluye toda la información necesaria para identificar y localizar las fuentes citadas.

Fuente: elaboración propia

Nota. Los tres criterios fundamentales para garantizar la calidad y consistencia en el registro de fuentes citadas, incluyendo la organización, la uniformidad estilística y la exhaustividad de los datos.

La redacción de un informe científico debe ser clara, objetiva y coherente en todas sus secciones. Es indispensable mantener una secuencia lógica de ideas, utilizar un lenguaje formal y evitar repeticiones o afirmaciones sin sustento (Jespersen et al., 2024). Asimismo, el

uso adecuado de tablas y figuras permite sintetizar información relevante y facilita la comprensión de los resultados. Finalmente, una correcta citación de las fuentes consultadas garantiza la integridad académica del informe y refuerza la validez del trabajo de investigación.

Presentación de resultados y justificación de métodos

La presentación de resultados constituye una etapa central del informe científico, ya que permite exponer de manera objetiva los hallazgos obtenidos a partir del análisis de los datos. Esta exposición debe estar estrechamente vinculada con los métodos empleados, de modo que el lector pueda comprender cómo se obtuvieron los resultados y evaluar su validez (Jung et al., 2024). Una presentación clara y bien estructurada contribuye a fortalecer la coherencia del estudio y la solidez de sus conclusiones.

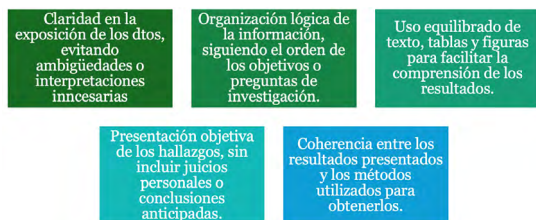
Tabla 9. Formas de presentación de resultados en un informe científico

Recursos	Finalidad
Tablas	Organizar y resumir datos numéricos de manera clara y comparativa.
Figuras	Representar visualmente tendencias, patrones o relaciones entre variables.
Gráficos	Facilitar la interpretación de resultados mediante representaciones visuales sencillas.
Texto descriptivo	Explicar e interpretar los resultados más relevantes sin repetir la información mostrada.

Fuente: elaboración propia

Nota. La tabla resume los principales recursos utilizados para presentar resultados de investigación de forma clara y comprensible.

Figura 77. Características de la presentación de resultados



Fuente: elaboración propia

Nota. Este esquema destaca los cinco principios esenciales que rigen la exposición de resultados.

La justificación de los métodos permite explicar por qué las técnicas seleccionadas son adecuadas para el análisis del problema de investigación. Esta justificación demuestra que los procedimientos aplicados responden a criterios de rigor y pertinencia, considerando el tipo de datos utilizados y el enfoque del estudio (Krebs et al., 2022). Asimismo, fortalece la credibilidad de los resultados, ya que evidencia que el proceso de análisis se desarrolló de manera sistemática y controlada.

Una adecuada justificación metodológica facilita la comprensión del estudio por parte del lector y permite que otros investigadores puedan replicar o contrastar los resultados en contextos similares. De esta forma, los métodos dejan de ser solo una descripción técnica y se convierten en un elemento clave para validar los hallazgos presentados (Lan et al., 2024).

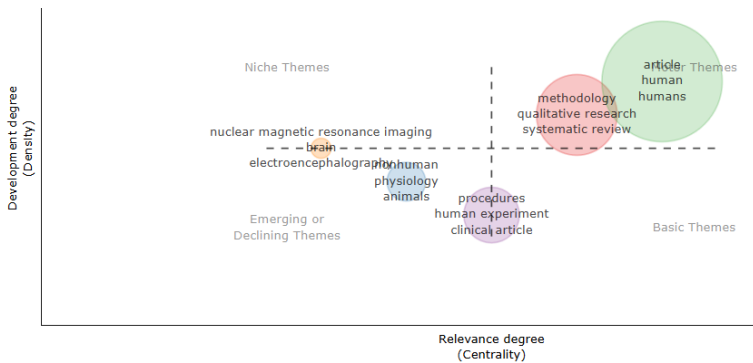
Reflexiones metodológicas y desafíos enfrentados

Las reflexiones metodológicas permiten analizar de manera crítica el proceso de investigación, evaluando las decisiones tomadas du-

rante la recolección, validación y análisis de los datos. Este ejercicio no solo fortalece la transparencia del estudio, sino que también contribuye a identificar los principales desafíos enfrentados, los cuales forman parte natural del desarrollo de toda investigación científica (Lawson et al., 2025).

Al reflexionar sobre estos aspectos, el investigador no solo mejora su práctica, sino que también contribuye al conocimiento colectivo sobre cómo abordar problemas similares en futuros estudios. Reconocer los desafíos metodológicos y las limitaciones inherentes a la investigación permite fortalecer la transparencia y la integridad científica.

Figura 78. Mapa temático de palabras clave sobre reflexiones metodológicas y desafíos en la investigación



Fuente: elaboración propia

Nota. La figura muestra la distribución de los temas de investigación según su grado de relevancia (centralidad) y nivel de desarrollo (densidad), identificando temas motores, básicos, emergentes y de nicho a partir del análisis bibliométrico realizado con Bibliometrix.

El análisis del proceso de investigación permitió identificar diversos desafíos metodológicos que influyen en la coherencia y solidez de los estudios científicos. Uno de los principales retos se relaciona con la diversidad de enfoques metodológicos utilizados, lo que dificulta la comparación directa de resultados y la construcción de conclusiones homogéneas (Licastro et al., 2025). Esta diversidad exige un mayor esfuerzo en la selección y justificación de los métodos aplicados.

Otro desafío importante está vinculado con la desigual distribución de la producción científica entre regiones, lo que puede limitar la incorporación de distintas perspectivas metodológicas. La concentración de investigaciones en determinados contextos académicos reduce la representatividad de los estudios y puede generar sesgos en el análisis de los resultados.

Figura 79. Red de colaboración científica internacional en estudios metodológicos



Fuente: elaboración propia

Nota. La figura representa la distribución geográfica y las conexiones de colaboración entre países en la producción científica relacionada con reflexiones metodológicas y desafíos en la investigación, evidenciando los flujos de cooperación académica a nivel internacional a partir del análisis bibliométrico.

La variabilidad en los criterios de calidad metodológica, especialmente en investigaciones de carácter cualitativo y revisiones de literatura, plantea dificultades para garantizar la consistencia y la confiabilidad de los hallazgos (López et al., 2024). La ausencia de estándares metodológicos uniformes incrementa la necesidad de procesos rigurosos de validación y revisión crítica.

Manejar grandes cantidades de información científica constituye un desafío técnico considerable. La limpieza de datos, la estandarización de formatos y la coherencia de los registros exigen métodos sistemáticos que requieren tiempo y exactitud. Abordar estas dificultades es crucial para mejorar la calidad del análisis y garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos (Mao, 2025).

Recomendaciones para investigadores, docentes y estudiantes

La experiencia obtenida a lo largo del proceso de investigación permite formular recomendaciones orientadas a fortalecer la calidad metodológica y la correcta elaboración de informes técnicos. Estas recomendaciones buscan contribuir al desarrollo de prácticas académicas más rigurosas, reflexivas y coherentes con los estándares científicos actuales.

Para los investigadores, se recomienda prestar especial atención a la planificación metodológica desde las etapas iniciales del estudio, asegurando coherencia entre los objetivos, los métodos y los resultados. Asimismo, resulta fundamental documentar de manera clara cada decisión metodológica, reconocer las limitaciones del estudio y

aplicar criterios de validación que refuercen la confiabilidad de los hallazgos (Marra, 2025) . Dentro de las recomendaciones encontramos

Planificación y gestión del tiempo

Figura 80. Estrategia de Gestión del tiempo para investigadores



Fuente: elaboración propia

Nota. El diagrama presenta cuatro metodologías fundamentales para mejorar la productividad en tareas de investigación: definición de metas claras, asignación de tiempo dedicado sin interrupciones, foco en lo esencial mediante la priorización, y uso de tecnología para la organización.

Comunicación efectiva

Es esencial para transmitir ideas, métodos y resultados de forma clara y coherente. Una correcta comunicación favorece el intercambio académico, fortalece el trabajo colaborativo y permite que los hallaz-

gos de la investigación sean comprendidos y evaluados por la comunidad científica (Matos et al., 2023).

Colaboración:

Enriquece el proceso investigativo al integrar distintas perspectivas, conocimientos y experiencias. El trabajo conjunto facilita la resolución de problemas metodológicos, fortalece el análisis de los resultados y contribuye a una mayor calidad y alcance de la investigación.

Aprendizaje continuo:

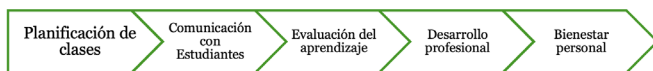
Impulsa la actualización permanente de conocimientos teóricos y metodológicos. La incorporación de nuevos enfoques, técnicas y herramientas permite mejorar la calidad del trabajo científico y adaptarse a los cambios y avances del entorno académico (Milloy et al., 2022).

Bienestar personal:

Es un componente fundamental para sostener un desempeño académico adecuado. Mantener un equilibrio entre la actividad investigativa y la vida personal ayuda a gestionar el estrés, preservar la salud mental y favorecer una participación y responsable en el proceso de investigación.

En el caso de los docentes, se sugiere fomentar el pensamiento crítico y la reflexión metodológica en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Promover el análisis de casos reales, el uso adecuado de fuentes académicas y la correcta interpretación de resultados contribuye a la formación de estudiantes con mayores competencias investigativas y una comprensión integral del proceso científico (Nasrawy, 2025).

Figura 81. Recomendaciones aplicadas para los docentes

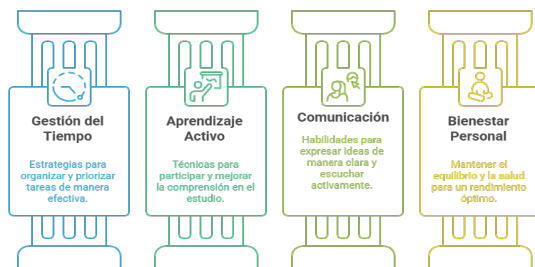


Fuente: elaboración propia

Nota. Diagrama de flujo que ordena los cinco dominios clave recomendados para mejorar la práctica educativa, abarcando desde las funciones pedagógicas básicas hasta el autocuidado.

Para los estudiantes, es importante desarrollar hábitos de organización, análisis y redacción académica desde las primeras etapas de su formación. La comprensión de la estructura de un informe científico, el uso responsable de la información y la aplicación rigurosa de métodos de análisis fortalecen no solo la calidad de sus trabajos académicos, sino también su formación profesional (Phenwan et al., 2023).

Figura 82. Pilares Fundamentales para Optimizar el Rendimiento y el Bienestar en el Ámbito Académico



Fuente: elaboración propia

Nota. El diagrama presenta las cuatro áreas de competencia críticas para el éxito de los estudiantes e investigadores: la organización de tareas, la metodología de estudio, las habilidades interpersonales y el mantenimiento del equilibrio personal.

Glosario de términos

- **Investigación científica:** proceso sistemático, riguroso y metódico orientado a la generación de conocimiento válido y confiable, mediante la aplicación de métodos y técnicas que permiten comprender, explicar o resolver problemas relacionados con una realidad específica.
- **Metodología científica:** conjunto de principios, métodos y procedimientos que guían el desarrollo de una investigación, garantizando la coherencia, validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.
- **Servicios ecosistémicos:** beneficios directos e indirectos que los ecosistemas proporcionan a la sociedad, incluyendo servicios de provisión, regulación, soporte y culturales, esenciales para el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental.
- **Cuantificación de carbono:** proceso técnico-científico mediante el cual se mide y estima la cantidad de carbono almacenado o capturado en ecosistemas naturales, considerando componentes como biomasa aérea, subterránea y carbono del suelo.
- **Enfoque cuantitativo:** enfoque metodológico estructurado y secuencial que se basa en la medición objetiva de variables y el análisis estadístico de datos, con el propósito de identificar patrones, relaciones causales y generalizar resultados.
- **Enfoque cualitativo:** enfoque de investigación orientado a la

comprensión profunda de fenómenos sociales y ambientales desde su contexto, explorando significados, percepciones y experiencias a través de técnicas no numéricas.

- **Enfoque mixto:** estrategia metodológica que integra de manera complementaria los enfoques cuantitativo y cualitativo, permitiendo un análisis más completo y holístico del objeto de estudio.
- **Revisión sistemática de la literatura:** procedimiento riguroso y ordenado para identificar, evaluar y sintetizar investigaciones previas relevantes, con el fin de construir el estado del arte y detectar brechas de conocimiento.
- **Sistemas de información geográfica (SIG):** herramientas tecnológicas que permiten capturar, almacenar, analizar y visualizar información espacial y georreferenciada, ampliamente utilizadas en estudios ambientales y de servicios ecosistémicos.
- **Principios FAIR:** conjunto de lineamientos internacionales que promueven que los datos científicos sean localizables, accesibles, interoperables y reutilizables, fortaleciendo la transparencia y la reproducibilidad de la investigación.

Referencias



- Abdeen, S., Mohd, M., Marsani, M., Zamri, N., Manoharam, G., Mansor, M. A., & Li, J. (2025). Dynamic-unit discrete hopfield neural network with supervised preprocessing phase: Optimizing the logic mining using S-type random 2 satisfiability for classification. *Neurocomputing*, 655. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2025.131373>
- Adewale, T. A., Aheto, D. W., Okyere, I. K., Soyinka, O. O., & Dekolo, S. (2024). Effects of anthropogenic activities on *Sardinella maderensis* (Lowe, 1838) fisheries in coastal communities of Ibeju-Lekki, Lagos, Nigeria. *Sustainability*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/su16072848>
- Agarwal, S., & Lambin, E. F. (2024). Interventions to control forest loss in a swidden cultivation landscape in Nan Province, Thailand. *Regional Environmental Change*, 24(3). <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02286-5>
- Ahmad, N., Lin, C., Lau, K. H. A., Kim, J., Zhang, T., Yu, F., Li, C., Li, Y., Fung, J., & Lao, X. (2024). Estimation of ground-level NO₂ and its spatiotemporal variations in China using GEMS measurements and a nested machine learning model. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24(16), 9645-9665. <https://doi.org/10.5194/acp-24-9645-2024>
- Akaliyski, P., & Sng, O. (2025). Non-independence of nations: Revisiting a centuries-old methodological challenge. *Cross-Cultural Research*, 60(1), 3-22. <https://doi.org/10.1177/10693971251375124>
- Alali, S., Vaglia, V., Bocchi, S., Schievano, A., Betti, M., & de Marinis, P. (2025). Using ecosystem services estimation to design sustainable agroforestry systems: Insights from Northern Italy. *Agroforestry Systems*, 99(8). <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01351-0>

- Almarines, N. R., Hashimoto, S., Pulhin, J. M., Predo, C. D., Pulhin, F. B., Magpantay, A. T., & Saito, O. (2024). Spatiotemporal dynamics of bioproduction systems and ecosystem services in the Baroro and Pagsanjan-Lumban watersheds, Philippines. *Paddy and Water Environment*, 23, 277–300. <https://doi.org/10.1007/s10333-024-01015-2>
- Amaya-Vías, S., Flecha, S., Roman, A., Haro, S., Oviedo, J. L., Navarro, G., Muñoz Arroyo, G. M., & Huertas, I. E. (2025). Air-water CO₂ exchange in transformed saltmarshes for different uses and under various management models. *Journal of Environmental Management*, 380. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125188>
- An, X., Jin, W., Long, X., Chen, S., Qi, S., & Zhang, M. (2022). Spatial and temporal evolution of carbon stocks in Dongting Lake wetlands based on remote sensing data. *Geocarto International*, 37(27), 14983-15009. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2093412>
- Aubry, P. (2024). On the implementation of stratified two-stage simple random sampling without replacement, with possible collapsed strata. *MethodsX*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102928>
- Bagdon, B. A., Huang, C.-H., Dewhurst, S., & Sánchez Meador, A. S. (2017). Climate change constrains the efficiency frontier when managing forests to reduce fire severity and maximize carbon storage. *Ecological Economics*, 140, 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.05.016>
- Bai, Y. (2012). Regulation strategies of regional land use management based on ecosystem services: A case study in Wanquan Town, Zhejiang Province of East China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 23(6), 1641-1648.
- Balakayeva, G., Zhanuzakov, M., Zhapbasbayev, U., & Nurlybayeva, K. K. (2025). An intelligent enterprise system with processing and verification of business documents using big data and AI. *Journal of Intelligent Systems*, 34(1). <https://doi.org/10.1515/jisys-2024-0446>

- Baleige, A., & Denis, F. (2025). A trans and queer discursive approach to gender diversity and misgendering in the transgender and gender diverse population: Queering a study for ICD-11. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph22020178>
- Baltensweiler, A., Walthert, L., Hanewinkel, M., Zimmermann, S., & Nussbaum, M. (2021). Machine learning based soil maps for a wide range of soil properties for the forested area of Switzerland. *Geoderma Regional*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00437>
- Baral, B. D., Basnet, A., & Dahal, S. (2024). Application of remote sensing and GIS to understand the spatio-temporal shifting of Bagmati River of Nepal. *Environmental Challenges*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101009>
- Barrera-Bello, Á. M., Rodríguez-Rodríguez, A. A., Palacios, A. M. V., Polanía, J., Riascos, J. M., Blanco-Libreros, J. F., Hugé, J., & Dahdouh-Guebas, F. (2025). Community-based mangrove management in Sucre, Colombia: Stakeholder perceptions, land cover trends, and challenges. *Economic Botany*. <https://doi.org/10.1007/s12231-025-09640-6>
- Bashinskiy, I. V., Andriushkevich, E. N., Kadetov, N. G., & Osipov, V. V. (2024). Ecosystem engineering at the regional scale—Beaver impact on floodplain pondscapes. *Limnologia*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2024.126214>
- Bateman, I. J. (2009). Economic analysis for ecosystem assessments: Application for the UK national ecosystem assessment (NEA). *Working Paper - Centre for Social and Economic Research on the Global Environment*, 1, 1-51.
- Beaumont, N. J., Jones, L., Garbutt, A., Hansom, J. D., & Toberman, M. (2014). The value of carbon sequestration and storage in coastal habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 137(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.11.022>

- Ben, Â., van Dongen, J., El Alili, M., Esser, J., Broulíková, H., & Bosmans, J. (2023). Conducting trial-based economic evaluations using R: A tutorial. *Pharmacoeconomics*, 41(11), 1403-1413. <https://doi.org/10.1007/s40273-023-01301-7>
- Bera, D., Das Chatterjee, N. D., Dinda, S., Ghosh, S., Dhiman, V., Bashir, B., Calka, B., & Zhran, M. (2024). Assessment of carbon stock and sequestration dynamics in response to land use and land cover changes in a tropical landscape. *Land*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/land13101689>
- Biagini, D., & Betta, M. (2024). An unconventional approach to evaluating the environmental role of a productive system: An environmental assessment of beef farms in North-West Italy. *Science of the Total Environment*, 953. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176100>
- Blanco-Velázquez, F. J., Pino-Mejías, R., & Anaya-Romero, M. (2020). Evaluating the provision of ecosystem services to support phytoremediation measures for countering soil contamination. A case-study of the Guadiamar Green Corridor (SW Spain). *Land Degradation and Development*, 31(18), 2914-2924. <https://doi.org/10.1002/ldr.3608>
- Bodor-Pesti, P., Taranyi, D. Á., Vértes, G., Fazekas, I., Sárdy, D. Á. N., Deák, T., Varga, Z. S., & Baranyai, L. (2024). Smartphone-based leaf colorimetric analysis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) genotypes. *Horticulturae*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111179>
- Bonventure, O., Wacker, E., Shauri, H., & de Vries, W. (2025). Impact of agricultural land use changes on food access in Mwatate Sub-County, Taita Taveta County, Kenya. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1546943>

- Borchardt, J., Harris, S. J., Hacker, J. M., Lunt, M. F., Krautwurst, S., Bai, M., Bösch, H., Bovensmann, H., Burrows, J. P., Chakravarty, S., Field, R. A., Gerilowski, K., Huhs, O., Junkermann, W., Kelly, B. F. J., Kumm, M. M., Lieff, W., McGrath, A. J., Murphy, A., ... Thobö-ll, J. (2025). Insights into elevated methane emissions from an Australian open-cut coal mine using two independent airborne techniques. *Environmental Science and Technology Letters*, 12(4), 397-404. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.4c01063>
- Bourgoin, C. (2020). A framework for assessing the ecological vulnerability of forests along tropical deforestation fronts based on an assessment of forest degradation following a landscape approach: Case studies in Brazil and Vietnam. *Bois et Forêts des Tropiques*, 346, 81-82. <https://doi.org/10.19182/bft2020.346.a36294>
- Brambilla, M., Bettega, C., Vitulano, S., Calvi, G., Roseo, F., Pedrini, P., Corlatti, L., Pedrotti, L., Strinella, E., Delgado, M. M., & Scridel, D. (2025). Contrasting elevation-dependent effect of snow cover on nest-box use in a cold-adapted alpine specialist, the white-winged snowfinch *Montifringilla nivalis*. *Wildlife Biology*, (1). <https://doi.org/10.1002/wlb3.01554>
- Brunori, E., Farina, R., & Biasi, R. (2016). Sustainable viticulture: The carbon-sink function of the vineyard agro-ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 10-21. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.012>
- Calderón, M., Hadjikakou, M., & Bryan, B. A. (2021). High-resolution wall-to-wall land-cover mapping and land change assessment for Australia from 1985 to 2015. *Remote Sensing of Environment*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112148>
- Campos, P., Mesa, B., & Álvarez, A. (2021). Uncovering the hidden numbers of nature in the standard accounts of society: Application to a case study of oak woodland dehesa and conifer forest farms in Andalusia-Spain. *Forests*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/f12050638>

- Cao, J., Liang, M., Hu, X., Zhang, J., Li, J., Bai, B., Chen, Y., Hu, Y., & Wu, S. (2024). Evaluation and prediction of ecological benefits in Song-Liao River Basin. *Remote Sensing*, 16(21). <https://doi.org/10.3390/rs16213993>
- Cao, Y., Wang, F., Tseng, T. H., Carver, S., Chen, X., Zhao, J., Yu, L., Li, F., Zhao, Z., & Yang, R. (2022). Identifying ecosystem service value and potential loss of wilderness areas in China to support post-2020 global biodiversity conservation. *Science of the Total Environment*, 846. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157348>
- Carlesso, A., Pizzol, L., Marcomini, A., & Semenzin, E. (2024). Data quality assessment of aggregated LCI datasets: A case study on fossil-based and bio-based plastic food packaging. *Journal of Industrial Ecology*, 28(6), 1900-1911. <https://doi.org/10.1111/jiec.13572>
- Caspell, M., & Vasseur, L. (2021). Evaluating and visualizing drivers of coastline change: A Lake Ontario case study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi10060375>
- Castellanos, E., Wittmershaus, B., & Chandwani, S. (2024). Raising the bar for real-world data in oncology: Approaches to quality across multiple dimensions. *JCO Clinical Cancer Informatics*, 8. <https://doi.org/10.1200/CCI.23.00046>
- Cayen, S.-C., Outha, K.-A., & Audate, P. P. (2025). Ecosystem services of urban food forests and their contributions to health and sustainability of North American cities: A narrative review. *International Journal of Environmental Health Research*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/09603123.2025.2546646>
- Chang, D. Y., Jeong, S., & Shin, J. (2024). Assessing the impact of urbanization on forest carbon stocks and social costs using a machine learning approach. *Science of the Total Environment*, 954. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176521>

- Chang, L., Zhao, Z., Jiang, L., & Li, Y. (2022). Quantifying the ecosystem services of soda saline-alkali grasslands in western Jilin Province, NE China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph19084760>
- Chen, F., Letellier, N., Benmarhnia, T., & Delpla, I. (2025). Environmental justice issues in drinking water contaminant exposure in a European context. *Science of the Total Environment*, 959. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178094>
- Chen, N., Li, W., Fan, Y., Zhou, Y., Aoki, T., Tanikawa, T., Niwano, M., Hori, M., Shimada, R., Matoba, S., & Stamnes, K. H. (2025). Snow parameter retrieval (SPR) algorithm for the GCOM-C/SGLI sensor: Validation over the Greenland ice sheet. *Frontiers in Environmental Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1541041>
- Cheng, T., Li, M., Quan, L., Song, Y., Lou, Z., Li, H., & Du, X. (2024). A multimodal and temporal network-based yield assessment method for different heat-tolerant genotypes of wheat. *Agronomy*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy14081694>
- Cheng, Z., Chen, Z., Ji, C., Huang, W., & She, Y. (2024). Research on the impact of mine ecological restoration on ecosystem services in Xingguo County, Jiangxi Province. *China Mining Magazine*, 33(6), 120-128. <https://doi.org/10.12075/j.issn.1004-4051.20230455>
- Chisholm, R. A., & Wintle, B. A. (2012). Choosing ecosystem service investments that are robust to uncertainty across multiple parameters. *Ecological Applications*, 22(2), 697-704. <https://doi.org/10.1890/11-0092.1>
- Colina, S., Rodríguez, M., Marrone, N., Ingram, M., Navarro, K., Arizmendi, G., & Coco, L. (2022). Research documents for populations with limited English proficiency: Translation approaches matter. *Ethics and Human Research*, 44(1), 29-39. <https://doi.org/10.1002/eahr.500115>

- Cortés, I. M., Lorenzo-Trueba, J., Rovai, A. S., Twilley, R. R., Chopping, M. J., & Fatoyinbo, T. E. (2024). Net evaporation-induced mangrove area loss across low-lying Caribbean islands. *Environmental Research: Climate*, 3(4). <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad6473>
- Crous-Duran, J., Graves, A. R., García de Jalón, S. G., Paulo, J. A., Tomé, M., & Palma, J. H. N. (2019). Assessing food sustainable intensification potential of agroforestry using a carbon balance method. *IForest*, 12(1), 85-91. <https://doi.org/10.3832/ifor2578-011>
- Curatola Fernández, G. F., Makowski Giannoni, S., Delgado Florián, E., Rengifo, P., Rascón, J., Chichipe Vela, E., Butrich, C., Salas López, R., Oliva-Cruz, M., & Scheske, C. (2023). Mapping high-altitude peatlands to inform a landscape conservation strategy in the Andes of northern Peru. *Environmental Conservation*, 50(4), 212-219. <https://doi.org/10.1017/S0376892923000267>
- Dancot, J., Dardenne, N., Donneau, A. F., Detroz, P., Guillaume, M., & Pétré, B. (2024). Exploring nursing student self-esteem change and its predictors: Cohort study and its methodological challenges. *Enfermeria Clínica*, 34(4), 240-249. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2024.02.006>
- de Araújo, C. S. P., Inácio Silva, J. R., & Almeida, C. D. G. C. D. (2025). Total precipitation and air temperature data obtained from ERA5-Land reanalysis: Validation and accuracy [Dados de precipitação total e temperatura do ar obtidos da reanálise ERA5-Land: Validação e exatidão]. *Revista Caatinga*, 38. <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v38i2578rc>
- de Lima, R. S., & Sepp, K. (2025). A novel spectral index designed for drone-based mapping of fire-damage levels: Demonstration and relationship with biophysical variables in a peatland. *Frontiers in Environmental Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1685279>

- del Jesus, M., Foti, R., Rinaldo, A., & Rodríguez-Iturbe, I. (2012). Maximum entropy production, carbon assimilation, and the spatial organization of vegetation in river basins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(51), 20837-20841. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218636109>
- Destouet, G., Besic, N., Joetzjer, E., & Cuntz, M. (2025). Turbulent transport extraction in time and frequency and the estimation of eddy fluxes at high resolution. *Atmospheric Measurement Techniques*, 18(13), 3193-3215. <https://doi.org/10.5194/amt-18-3193-2025>
- Díaz, S., Quétier, F., Cáceres, D. M., Trainor, S. F., Perez-Harguindeguy, N., Bret-Harte, M. S., Finegan, B., Pena-Claros, M., & Poorter, L. (2011). Linking functional diversity and social actor strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's benefits to society. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(3), 895-902. <https://doi.org/10.1073/pnas.1017993108>
- Dragisic, C., Ashkenazi, E., Bedê, L., Honzák, M., Killeen, T., Paglia, A., Semroc, B., & Savy, C. (2011). Tools and methodologies to support more sustainable biofuel feedstock production. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38(2), 371-374. <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0858-7>
- Drenning, P., Volchko, Y., Enell, A., Berggren Kleja, D. B., Larsson, M., & Norrman, J. (2024). A method for evaluating the effects of gentle remediation options (GRO) on soil health: Demonstration at a DDX-contaminated tree nursery in Sweden. *Science of the Total Environment*, 948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174869>
- Ebert, T., Gebauer, J., Brenner, T., Bleidorn, W., Gosling, S., Potter, J., & Rentfrow, P. (2022). Are regional differences in psychological characteristics and their correlates robust? Applying spatial-analysis techniques to examine regional variation in personality. *Perspectives on Psychological Science*, 17(2), 407-441. <https://doi.org/10.1177/1745691621998326>

- Edwards, A., Zajonz, S., Koziol, N., Leabo, A., & Ramsey, L. (2025). Leveraging hindsight: A retrospective chart review how-to for genetic counselors. *Journal of Genetic Counseling*, 34(3). <https://doi.org/10.1002/jgc4.70043>
- Elkina, H., Sahib, M. R., & Zaki, T. (2023). Generic model of metadata management system for data lakes. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 16(4), 315-328. <https://doi.org/10.1504/IJMSO.2023.140696>
- Feng, J., Hao, P., Hao, J., Huang, Y., Yu, M., Ding, K., & Zhou, Y. (2025). Impacts of landscape mosaic patterns on habitat quality using OLS and GWR models in Taihang Mountains of Hebei Province, China. *Sustainability*, 17(12). <https://doi.org/10.3390/su17125503>
- Ferreira, R., Parreira, M. R., de Arruda, F. V., Falcão, M., de Freitas Mansano, V., & Carlos, J. (2022). Combining ecological niche models with experimental seed germination to estimate the effect of climate change on the distribution of endangered plant species in the Brazilian Cerrado. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09897-7>
- Fischer, D. A., Goel, K., Andrews, R., van Dun, C., Wynn, M. T., & Röglinger, M. (2022). Towards interactive event log forensics: Detecting and quantifying timestamp imperfections. *Information Systems*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.is.2022.102039>
- Flores-Ortíz, C. M., Davila-Aranda, P., Rodríguez-Arévalo, I., Manson, R. H., Toledo-Garibaldi, M., Cabrera-Santos, D., Salguero, M. A., Vázquez, F. G., Cobos-Silva, J., Gianella, M., Bell, E., Way, M., Mattana, E., & Ulian, T. (2025). Prioritisation of native trees for enhancing carbon sequestration in shade-grown coffee plantations in the State of Veracruz (México): Linking conservation and ecological traits to community needs. *Agroforestry Systems*, 99(3). <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01155-2>

- Forouhar, N., Forouhar, A., & Hassankhani, M. (2022). Commercial gentrification and neighbourhood change: A dynamic view on local residents' quality of life in Tehran. *Land Use Policy*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105858>
- Fu, Y., Zhang, W., Gao, F., Bi, X., Wang, P., & Wang, X. (2024). Ecological security pattern construction in Loess Plateau areas—A case study of Shanxi Province, China. *Land*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/land13050709>
- Furusawa, T., Koera, T., Siburian, R. A. F., Wicaksono, A., Matsudaira, K., & Ishioka, Y. (2023). Time-series analysis of satellite imagery for detecting vegetation cover changes in Indonesia. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35330-1>
- Galán, D. (2021). A methodological framework for improving air quality monitoring network layout. Applications to environment management. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 102, 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.009>
- Gao, J., Tan, F., Hou, Z., Li, X., Feng, A., Li, J., & Bi, F. (2025). UAV-based automatic detection of missing rice seedlings using the PCERT-DE-TR model. *Plants*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/plants14142156>
- García-Ontiyuelo, M., Acuña-Alonso, C., Valero-Gutiérrez del Olmo, E., & Álvarez, X. (2024). Geospatial mapping of carbon estimates for forested areas using the InVEST model and Sentinel-2: A case study in Galicia (NW Spain). *Science of the Total Environment*, 922. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171297>
- Gasparrini, A. (2021). The case time series design. *Epidemiology*, 32(6), 829-837. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001410>
- George, W., Marie, M., & Yakoub, A. (2024). An intelligent model for integrating enterprise data warehouse layers to manage schema evolution. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 102(22), 8165-8181.

- Glavind, I., & Mogensen, H. (2022). Fragile storytelling: Methodological considerations when conducting ethnographic fieldwork among people with Alzheimer's disease. *SSM - Qualitative Research in Health*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.ssmqr.2022.100103>
- Govedar, Z. V., & Anikić, N. D. (2024). Vegetation indices monitoring by using Copernicus data in the old-growth forests of the Republic of Srpska/Bosnia and Herzegovina. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1354769>
- Gradinaru, S., Paraschiv, M., Iojă, I. C., & Van Vliet, J. (2023). Conflicting interests between local governments and the European target of no net land take. *Environmental Science and Policy*, 142, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.01.012>
- Griffiths, E., Jurga, E., Wajnberg, G., Shay, J. A., Cameron, R., Barclay, C., Sehar, A., Dooley, D. M., John, N. S., Scott, A., Johnson, L. A., Robertson, J. A., Schonfeld, J., Bastedo, D. P., Tang, J., Yin, X., Rehman, A., Wallace, R. L., Thomas, K. D., ... Hsiao, W. W. L. (2025). Crossing the streams: Improving data quality and integration across the One Health genomics continuum with data standards and implementation strategies. *Canadian Journal of Microbiology*, 71. <https://doi.org/10.1139/cjm-2024-0203>
- Gülçin, D., & Konijnendijk, C. C. (2021). Assessment of above-ground carbon storage by urban trees using lidar data: The case of a university campus. *Forests*, 12(1), 1-20. <https://doi.org/10.3390/f12010062>
- Hellwig, N., Sommerlandt, F., Grabener, S., Lindermann, L., Sickel, W., Krüger, L., & Dieker, P. (2024). Six steps towards a spatial design for large-scale pollinator surveillance monitoring. *Insects*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/insects15040229>

- Hinton, R., Kalin, R., Banda, L., Kanjaye, M., MacLeod, C., Troldborg, M., Phiri, P., & Kamtukule, S. (2024). Mixed method analysis of anthropogenic groundwater contamination of drinking water sources in Malawi. *Science of the Total Environment*, 957. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177418>
- Hoang, C. T., Thi Hoai Giang, N., Thuy Tien, L. T., Trang, L. T. M., & Binh, N. H. (2025). Transforming green borders: A study of mangrove dynamics in Thach Han riverside, central Vietnam. *Regional Studies in Marine Science*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104371>
- Immel, A. S., Altgassen, M., Meyer, M., Endedijk, H., & Hunnius, S. (2022). Self-projection in early childhood: No evidence for a common underpinning of episodic memory, episodic future thinking, theory of mind, and spatial navigation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105481>
- Islas-Gutiérrez, F., Guerra-De-La-Cruz, V. G., Ramírez-Maldonado, H., Buendía-Rodríguez, E., Pineda-Ojeda, T., & Flores-Ayala, E. (2025). Comparison of models to estimate DBH of *Pinus hartwegii* Lindl. With LiDAR data [Comparación de modelos para estimar el diámetro normal de *Pinus hartwegii* Lindl. Con datos LiDAR]. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 16(92), 54-80. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i92.1579>
- Jackett, C., Barnard, K., Althaus, F., Mortimer, N., Webb, D., Untiedt, C. B., Tyndall, A., Jameson, I. D., Gorton, B., Devine, C., Strzelecki, J., Thrall, P. H., & Scoulding, B. (2025). Marimba: A Python framework for structuring and processing FAIR scientific image datasets. *SoftwareX*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102251>
- Jespersen, A., Obel, Z., Lumbye, A., Vedel Kessing, L., & Miskowiak, K. (2024). Bipolar-ADHD comorbidity: Screening for differences in neurocognition and virtual reality-based cognitive performance. *Nordic Journal of Psychiatry*, 78(3), 238-246. <https://doi.org/10.1080/08039488.2024.2309496>

- Jia, M., Liu, A., & Narahara, T. (2024). The integration of dual evaluation and minimum spanning tree clustering to support decision-making in territorial spatial planning. *Sustainability*, 16(10). <https://doi.org/10.3390/su16103928>
- Jiao, K., Liu, Z., Wang, W. J., Yu, K., McGrath, M. J., & Xu, W. (2024). Carbon cycle responses to climate change across China's terrestrial ecosystem: Sensitivity and driving process. *Science of the Total Environment*, 915. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170053>
- Jing, X., Zhuo, Y., Xu, Z., Chen, Y., Li, G., & Wang, X. (2023). Coastal wetland restoration strategies based on ecosystem service changes: A case study of the south bank of Hangzhou Bay. *Land*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/land12051110>
- Johnston, L., Mohr, A., Herndon, J., Taylor, S., Carlson, J., Ge, L., Moore, J., Petters, J. L., Kozlowski, W. A., & Vitale, C. H. (2024). Seek and you may (not) find: A multi-institutional analysis of where research data are shared. *PLOS ONE*, 19(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302426>
- Jones, B. M., Kanevskiy, M. Z., Connor, B. G., Peirce, J. L., Tracey, B., Curtis, K., Urban, F. E., Wesen, S., Shur, Y. L., & Maio, C. V. (2025). Climate change and infrastructure development drive ice-rich permafrost thaw in Point Lay (Kali), Alaska. *Environmental Research: Ecology*, 4(3). <https://doi.org/10.1088/2752-664X/adf1ac>
- Jung, S., Prelip, M., Roper, H., Kuo, T., Simon, P., Whaley, S., & Wang, M. (2024). Examination of community-level interventions addressing early childhood obesity in Los Angeles County. *Preventive Medicine Reports*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2024.102708>
- Kamenova, S., Albon, S. D., Loe, L. E., Irvine, R. J., Langvatn, R. L., Gusarova, G., de Muinck, E. J., & Trosvik, P. (2025). Arctic greening drives changes in the diet and gut microbiome of a large herbivore with consequences for body mass. *Ecology and Evolution*, 15(7). <https://doi.org/10.1002/ece3.71731>

- Kasperek, D., & Podpora, M. (2024). Optimizing geospatial data for ML/CV applications: A Python-based approach to streamlining map processing by removing irrelevant areas. *Applied Sciences*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/app142411978>
- Khan, M. Z., & Chiti, T. (2022). Soil carbon stocks and dynamics of different land uses in Italy using the LUCAS soil database. *Journal of Environmental Management*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114452>
- Kibret, K. S., Hailelassie, A., Mekuria Bori, W., & Schmitter, P. M. V. (2022). Multicriteria decision-support system to assess the potential of enclosure-based conservation in Ethiopia. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 37, S88-S102. <https://doi.org/10.1017/S1742170520000034>
- Krebs, J., Malaia, E., Wilbur, R., & Roehm, D. (2022). EEG analysis based on dynamic visual stimuli: Best practices in the analysis of sign language data. *Hrvatska Revija Za Rehabilitacijska Istrazivanja*, 58, 245-266. <https://doi.org/10.31299/hrri.58.si.13>
- Lan, W., Hong, J., & Huayun, T. (2024). Advances in ovarian cancer radiomics: A bibliometric analysis from 2010 to 2024. *Frontiers in Oncology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1456932>
- Lawson, E., Khan, A., Wessels, Q., & Taylor, A. (2025). Congenital colour vision deficiency in healthcare professionals: A scoping review protocol of the impact on clinical practice and patient safety. *BMJ Open*, 15(1). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-088563>
- Leorna, S., & Brinkman, T. J. (2024). Camera trap sampling protocols for open landscapes: The value of time-lapse imagery. *Conservation Science and Practice*, 6(3). <https://doi.org/10.1111/csp2.13094>
- Li, F., Sun, Q., Wang, S., Zhao, Y., Ma, H., & Ji, W. (2020). Valuation of ecosystem services in Three-River Headwaters Region from 2000 to 2015. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 10(5), 786-797. <https://doi.org/10.12153/j.issn.1674-991X.20200059>

- Li, X., Ramos Aguila, L. C., Luo, J., Liu, Y., Wu, T., Lie, Z., Liu, X., Cheng, Y., Jiang, F., & Liu, J. (2023). Carbon storage capacity of *Castanopsis hystrix* plantations at different stand-ages in South China. *Science of the Total Environment*, 894. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164974>
- Licastro, A., Salomone, R., Mondello, G., & Calabrò, G. (2025). Soil-less is more? A comparative life cycle assessment case study of agricultural growing methods. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 30(8), 1705-1723. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02467-2>
- Lin, Y., Xiao, X., & Lin, H. (2025). YOLOv8-FDA: Lightweight wheat ear detection and counting in drone images based on improved YOLOv8. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1682243>
- Liu, Z., Bi, H., Zhao, D., Guan, N., Wang, N., & Song, Y. (2025). Determination of fractional vegetation cover threshold based on the integrated synergy-supply capacity of ecosystem services. *Forests*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/f16040587>
- Londe, D. W., Mueller, J. M., Lehnen, S. E., Sesnie, S. E., Rowin, S. M., & McDonald, D. T. (2025). Shrub cover and height determine the density of *Vireo atricapilla* (Black-capped Vireo) at two national wildlife refuges. *Ornithological Applications*, 127(3). <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duafo25>
- López, J., Wieland, L., Yan, Y., Barth, J., Khami, M., Shivalli, S., Lokker, C., Rai, H., MacHaria, P., Yun, S., Lang, E., Naggirinya, A., Campos, C., Ahmadian, L., & Witt, C. M. (2024). Methodological challenges in randomized controlled trials of mHealth interventions: Cross-sectional survey study and consensus-based recommendations. *Journal of Medical Internet Research*, 26. <https://doi.org/10.2196/53187>

- Ma, Y., Liu, Y., Wang, J., Zhen, Z., Li, F., Feng, F., & Zhao, Y. (2024). Understanding ecosystem services of detailed forest and wetland types using remote sensing and deep learning techniques in Northern China. *Journal of Environmental Management*, 372. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123410>
- Maldonado, M. L., Mahmood, T. H., Coulter, D. P., Coulter, A. A., Chipps, S. R., Siller, M. K., Neal, M. L., Saha, A., & Kaemingk, M. A. (2024). Water-level changes impact angler effort in a large lake: Implications for climate change. *Fisheries Research*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107156>
- Mao, L. (2025). Modeling time-varying spatial accessibility to health-care: A system dynamic approach. *Health and Place*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2025.103416>
- Marra, M. (2025). Bridging the gaps in sustainability assessment: A systematic literature review, 2014–2023. *Evaluation and Program Planning*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2025.102557>
- Martín, L., Sánchez, L., Lanza, J., & Sotres, P. (2023). Development and evaluation of artificial intelligence techniques for IoT data quality assessment and curation. *Internet of Things*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100779>
- Matos, L., Indart, M., Park, C., & Leal, I. (2023). “I’m going to tell you something I never told anyone”: Ethics- and trauma-informed challenges of implementing a research protocol with Syrian refugees. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph20021261>
- Mayamanikandan, T., Arun, G., Nimalan, S. K., Dash, S. K., & Usha, T. (2024). Mapping coastal green infrastructure along the Pondicherry coast using remote sensing data and machine learning algorithm. *Journal of Earth System Science*, 133(4). <https://doi.org/10.1007/s12040-024-02432-x>

- Milloy, K., White, M., Chicilo, J., Cummings, K., Pfoh, J., & Day, T. (2022). Assessing central and peripheral respiratory chemoreceptor interaction in humans. *Experimental Physiology*, 107(9), 1081-1093. <https://doi.org/10.1113/EPO89983>
- Mirasol, F. (2022). Increased data output is a double-edged sword in drug discovery and manufacturing. *Pharmaceutical Technology Europe*, 34(2), 25-28.
- Montero-Hidalgo, M., Tuya, F. C., Otero Ferrer, F. J., Haroun, R. J., & Santos-Martín, F. (2023). Mapping and assessing seagrass meadows changes and blue carbon under past, current, and future scenarios. *Science of the Total Environment*, 872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162244>
- Nasrawy, M. (2025). Ethical and methodological dilemmas in research with children experiencing adversity and conflict: Voice, silence and listening. *Health Education Journal*, 84(4), 420-431. <https://doi.org/10.1177/00178969251333321>
- Nayak, A., Lalnunthari, & Rawat, A. (2025). Surveillance of coastal erosion and marine habitat degradation using remote sensing and GIS. *International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies*, 5(1), 162-169. <https://doi.org/10.70102/IJARES/V5I1/5-1-16>
- Niu, Z., He, H., Zhang, M., Liu, T., Li, P., Zhou, T., Feng, L., & Lv, Y. (2025). Carbon sequestration patterns in the Yellow River Basin of China are governed by the vegetation structural dynamics. *Journal of Environmental Management*, 395. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127835>
- Nyarko, I., Nwaogu, C., Diagi, B. E., & Hájek, M. (2024). The dynamics and potential of carbon stocks as an indicator of sustainable development for forest bioeconomy in Ghana. *Forests*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/f15020256>

- Pereira, J., Fonseca, M., Lopes, A., & Galhardas, H. (2024). Cleenex: Support for user involvement during an iterative data cleaning process. *Journal of Data and Information Quality*, 16(1). <https://doi.org/10.1145/3648476>
- Phenwan, T., Sixsmith, J., & McSwiggan, L. (2023). Methodological reflections on conducting online research with people with dementia: The good, the bad and the ugly. *SSM - Qualitative Research in Health*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.ssmqr.2023.100371>
- Pompoes, R., Pot, W., & Dewulf, A. R. P. J. (2025). Governing sinking worlds: Sensemakings of subsidence in Rotterdam, The Netherlands. *Ecology and Society*, 30(1). <https://doi.org/10.5751/ES-16041-300139>
- Price, B., Waser, L. T., Wang, Z., Marty, M., Ginzler, C., & Zellweger, F. (2020). Predicting biomass dynamics at the national extent from digital aerial photogrammetry. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102116>
- Prokopuk, M. S., Tomchenko, O. V., Andreiev, A. A., Netsvetov, M. V., & Zub, L. N. (2025). Visualization of recreation pressure on aquatic macrophytes of vulnerable freshwater habitats. *Hydrobiologia*, 853, 1357–1372. <https://doi.org/10.1007/s10750-025-06004-y>
- Rabot, É., Guiresse, M., Pittatore, Y., Angelini, M. E., Keller, C., & Lagacherie, P. (2022). Development and spatialization of a soil potential multifunctionality index for agriculture (Agri-SPMI) at the regional scale. Case study in the Occitanie region (France). *Soil Security*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100034>
- Renninger, H. J., Frey, B. R., Anderson, M. P., & Evans, D. L. (2023). Using LiDAR data to estimate biomass in afforested bottomland oak sites in the southern United States. *Forest Science*, 69(5), 551-562. <https://doi.org/10.1093/forsci/xfado28>

- Roma, E., Catania, P., Vallone, M., & Orlando, S. (2024). Assessing the effectiveness of pruning in an olive orchard using a drone and a multispectral camera: A three-year study. *Agronomy*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy14051023>
- Romero, L., Du Mond, J., Carneiro, P., Uy, R., Osika, J., Gemkow, J. W., Yang, T., Whitt, M., Overholser, A. M., Karasu, S., Curtis, K., & Skapik, J. L. (2024). Building capacity of community health centers to improve the provision of postpartum care services through data-driven health information technology and innovation. *Journal of Women's Health*, 33(9), 1140-1150. <https://doi.org/10.1089/jwh.2024.0364>
- Sáez, D., Spina, F., Margalida, A., Serra, L., Volponi, S., & Nadal, J. (2023). Reconstructing migratory network nodes to improve environmental management and conservation decisions: A case study of the common quail *Coturnix coturnix* as a biosensor. *Science of the Total Environment*, 893. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164913>
- Samui, S., Mallick, B., & Bailey, A. (2024). Impact of shifting from rice to shrimp farming on migration aspirations in Bangladesh. *Regional Environmental Change*, 24(4). <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02312-6>
- Sharma, R., Bakshi, B. R., Ramteke, M., & Kodamana, H. (2024). Quantifying ecosystem services from trees by using i-tree with low-resolution satellite images. *Ecosystem Services*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101611>
- Singh, R., Biradar, C. M., Behera, M. D., Prakash, A. J., Das, P., Mohanta, M. R., Krishna, G., Dogra, A., Dhyani, S. K., & Rizvi, J. (2024). Optimising carbon fixation through agroforestry: Estimation of aboveground biomass using multi-sensor data synergy and machine learning. *Ecological Informatics*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102408>

- Sutton, A., Fisher, A. G., Eldridge, D. J., & Metternicht, G. I. (2025). Multi-temporal remote sensing of ground cover reveals beneficial effects of soil carbon farming in a semi-arid landscape. *Computers and Electronics in Agriculture*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110278>
- Tilmon, S., Nyenhuis, S., Solomonides, A., Barbarioli, B., Bhargava, A., Birz, S., Bouzein, K., Cardenas, C., Carlson, B., Cohen, E., Dillon, E. F., Furner, B. T., Huang, Z., Johnson, J., Krishnan, N., Lazenby, K. A., Li, K., Makhni, S., Miler, D., ... Volchenboum, S. L. (2023). Sociome Data Commons: A scalable and sustainable platform for investigating the full social context and determinants of health. *Journal of Clinical and Translational Science*, 7(1). <https://doi.org/10.1017/cts.2023.670>
- Trégarot, E., Caillaud, A., Cornet, C. C., Taureau, F., Catry, T., Cragg, S. M., & Failler, P. (2021). Mangrove ecological services at the forefront of coastal change in the French overseas territories. *Science of the Total Environment*, 763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143004>
- Ungaro, F., Tarocco, P., & Calzolari, M. C. (2025). Leveraging soil geography for land use planning: Assessing and mapping soil ecosystem services indicators in Emilia-Romagna, NE Italy. *Geographies*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/geographies5030039>
- van Erp, J. A., van Loon, E. E., de Groeve, J. E., Bradarić, M., & Shammoun-Baranes, J. Z. (2024). A framework for post-processing bird tracks from automated tracking radar systems. *Methods in Ecology and Evolution*, 15(1), 130-143. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14249>
- Villanueva, A. J., Granado-Díaz, R., & Colombo, S. (2024). Comparing practice- and results-based agri-environmental schemes controlled by remote sensing: An application to olive groves in Spain. *Journal of Agricultural Economics*, 75(2), 524-545. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12573>

- Wang, J., Xing, Y., Chang, X., Yang, H., Yang, C., Xue, G., & Li, C. (2024). Identification of priority conservation areas for Natural Forest Protection Project in Northeastern China based on OWA-GIS. *Ecological Indicators*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111718>
- Wang, X., Mu, Q., Luo, M., Zhao, Y., Yang, S., Zhang, L., & Qu, Z. (2022). Spatial and temporal variations of ecosystem service synergy and trade-off in Qinling Mountains, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 33(8), 2057-2067. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202208.019>
- Wang, X., Wang, D., Wu, S., Yan, Z., & Han, J. (2023). Cultivated land multifunctionality in undeveloped peri-urban agriculture areas in China: Implications for sustainable land management. *Journal of Environmental Management*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116500>
- Wang, Z., Chen, S., Xu, J., Ren, C., Yu, Y., Wang, Z., Wang, L., & Xu, Y. (2024). Integrating ecosystem service assessment, human activity impacts, and priority conservation area delineation into ecological management frameworks. *Sustainability*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/su162411210>
- Weibo, Y. (2022). Digital transformation in biotech: The competitive advantage in biotech companies. *Journal of Commercial Biotechnology*, 27(4), 51-59. <https://doi.org/10.5912/jcb1329>
- Xiao, K., Zhao, X., Ding, Y., Huang, C., Lin, J., Mai, Y., Sun, Y., & Xin, Q. (2025). Ultra-high spatial resolution mapping of urban forest canopy height with multimodal remote sensing data and deep learning method. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 18, 9865-9882. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2025.3545482>

- Xu, L., Xu, R., & Peng, W. (2025). Vegetation phenological responses to multi-factor climate forcing on the Tibetan Plateau: Nonlinear and spatially heterogeneous mechanisms. *Land*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/land14112238>
- Young, M. A., Serrano, O., Macreadie, P. I., Lovelock, C. E., Carnell, P. E., & Ierodiaconou, D. A. (2021). National scale predictions of contemporary and future blue carbon storage. *Science of the Total Environment*, 800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149573>
- Yuan, N., Fang, F., Tang, X., Lv, S., Wang, T., Chen, X., Sun, T., Xia, Y., Zhou, Y., Zhou, G., Shi, Y., & Xu, L. (2024). Degradation-driven vegetation-soil-microbe interactions alter microbial carbon use efficiency in Moso bamboo forests. *Science of the Total Environment*, 951. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175435>
- Yue, W., Hou, L., Xia, H., Wei, J., & Lu, Y. (2022). Territorially ecological restoration zoning and optimization strategy in Guyuan City of Ningxia, China: Based on the balance of ecosystem service supply and demand. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 33(1), 149-158. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202112.024>
- Zabaleta, B., Achkar, M., & Aubriot, L. (2025). Geographic variation in the potential transport of cyanobacterial blooms to the main water utility of Uruguay. *Inland Waters*, 15(1). <https://doi.org/10.1080/20442041.2025.2472518>
- Zhang, X., Wang, J., Zhao, M., Gao, Y., & Liu, Y. (2023). Variations of ecosystem services supply and demand on the southeast hilly area of China: Implications for ecosystem protection and restoration management. *Land*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/land12040750>
- Zhang, Y., Su, K., Jiang, X., You, Y., Zhou, X., Yu, Z., Chen, Z., Wang, L., Wei, C., & Liao, Z. (2023). Response of ecosystem services to impervious surface changes and their scaling effects in Loess Plateau ecological Screen, China. *Ecological Indicators*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109997>

- Zhang, Z., Liu, Y., Wang, Y., Liu, Y., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2020). What factors affect the synergy and tradeoff between ecosystem services, and how, from a geospatial perspective? *Journal of Cleaner Production*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120454>
- Zhao, N., Lu, S., Li, S., Li, B., Yu, X., & Xu, X. (2025). Enhancing the water use efficiency model predictions for *Platycladus orientalis* and *Quercus variabilis*: Integrating the dynamics of carbon dioxide concentration and soil water availability. *Science of the Total Environment*, 959. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178179>
- Zhao, Y., Ning, S., Yan, A., Jiang, P., Ren, H., Li, N., Huo, T., & Sheng, J. (2025). Analysis of carbon emissions and ecosystem service value caused by land use change, and its coupling characteristics in the Wensu Oasis, Northwest China. *Agronomy*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy15102307>
- Zheng, Y., Zhang, X., Wang, Y., Shi, W., Dong, L., Cui, W., Wu, L., Chen, Q., & Sun, Z. (2025). Factors influencing mangrove biomass carbon and their relative contributions on Hainan Island. *Journal of Environmental Management*, 394. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127520>



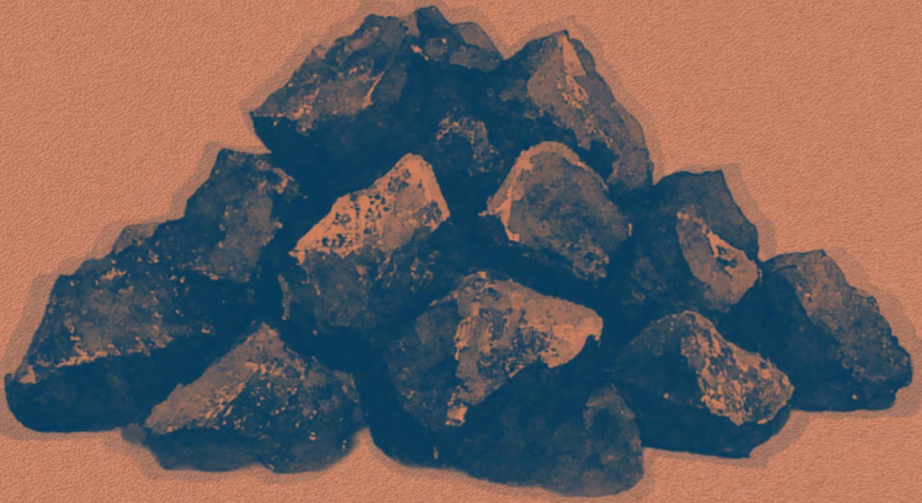
Religación

Press

Ideas desde el Sur Global



Religación
Press



ISBN: 978-9942-594-40-2



9 789942 594402