



# Interfaz

## DOCUMENTO CON LOS RESULTADOS DEL META-ANÁLISIS EN UN MARCO CONCEPTUAL QUE PERMITA SOPORTAR CON EVIDENCIA CIENTÍFICA LAS SINERGIAS DE LA BIODIVERSIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO (Informe No: 4)

**Noviembre 3 de 2025**

**Contrato No: 83485860**

**Creado por: Elvert Danny Vélez Velandia**

# TABLA CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>Resumen ejecutivo .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Contexto y alcance del documento.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>7</b>
3.1.	Objetivo general .....	7
3.2.	Objetivos específicos .....	7
<b>4.</b>	<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>8</b>
4.1.	Construcción de las preguntas base del meta-análisis.....	8
4.2.	Área de estudio .....	8
4.3.	Selección de términos para la búsqueda de literatura en la Web of Science .....	8
4.3.1.	Términos de búsqueda inicial.....	8
4.3.2.	Términos definitivos de búsqueda .....	10
4.4.	Selección de literatura para el responder a las preguntas del meta-análisis .....	14
4.4.1.	Búsqueda de trabajos para el responder a las preguntas del meta-análisis .....	14
4.4.2.	Selección de trabajos relevantes para el responder a las preguntas del meta-análisis .....	16
4.5.	Extracción de datos .....	17
4.5.1.	Formulario pregunta 1.....	17
4.5.2.	Formulario pregunta 2.....	23
4.5.3.	Formulario pregunta 3.....	29
<b>5.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>33</b>
5.1.	Resultados pregunta 1.....	33
5.1.1.	Patrones generales.....	33
5.1.2.	Vínculo entre el cambio climático y la biodiversidad por patrones geográficos .....	40
5.1.3.	Vínculo entre el cambio climático y la biodiversidad por patrones ecosistémicos .....	44
5.1.4.	Vínculo entre el cambio climático y la biodiversidad por grupos biológicos y categorías de impacto sobre la biodiversidad.....	50
5.2.	Resultados pregunta 2.....	54
5.2.1.	Patrones generales.....	54
5.2.2.	Respuestas de mitigación y adaptación frente al cambio climático que impactan a la biodiversidad identificados en la literatura a diferentes escalas .....	59
5.2.3.	Vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura .....	61

5.2.4.	Tendencias emergentes de las vulnerabilidades a diferentes escalas.....	63
5.2.5.	Tendencias emergentes de las respuestas de adaptación a diferentes escalas .....	65
5.2.6.	Tendencias emergentes de las respuestas de mitigación a diferentes escalas .....	67
5.3.	Resultados pregunta 3.....	68
5.3.1.	Patrones generales.....	68
5.3.2.	Enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas .....	72
5.3.3.	Ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas para conservar la biodiversidad en frente al cambio climático en temáticas relacionadas con conservación de especies o hábitats o ecosistemas vulnerables .....	73
6.	<b>Síntesis de los hallazgos del meta-análisis en un marco conceptual</b> .....	75
6.1.	El vínculo entre la biodiversidad y el cambio climático y sus patrones geográficos, ecosistémicos y taxonómicos reportados para Suramérica .....	75
6.2.	Mecanismos de mitigación, adaptación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura y sus tendencias emergentes a escalas locales y globales.....	79
6.3.	Ventajas en la dimensión ecológica reportadas en la literatura de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas .....	81
7.	<b>Conclusiones generales</b> .....	84
8.	<b>Referencias</b> .....	88

## Índice de tablas

Tabla 1. Términos iniciales de búsqueda para la pregunta 1.....	9
Tabla 2. Términos iniciales de búsqueda para la pregunta 2.....	9
Tabla 3. Términos iniciales de búsqueda para la pregunta 3.....	10
Tabla 4. Términos definitivos de búsqueda para la pregunta 1.....	12
Tabla 5. Términos definitivos de búsqueda para la pregunta 2.....	12
Tabla 6. Términos definitivos de búsqueda para la pregunta 3.....	13
Tabla 7. Otros motores de cambio reportados en Suramérica por presentar efectos conjuntos con el cambio climático sobre la biodiversidad y su dirección del efecto.....	34
Tabla 8. Otros motores de cambio reportados por presentar efectos conjuntos con el cambio climático sobre la biodiversidad y su dirección de efecto en el contexto de la pregunta 2. ....	55
Tabla 9. Número de reportes de vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura analizada por escala geográfica. ....	64
Tabla 10. Número de reportes de respuestas de adaptación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura analizada por escala geográfica. ....	66
Tabla 11. Número de reportes de respuestas de mitigación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura analizada por escala geográfica. ....	67
Tabla 12. Número de especies reportadas con alguna categoría de amenaza en trabajos referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas. ....	72

## Índice de figuras

Figura 1. Trabajos encontrados por método de investigación. Cada trabajo podía mencionar uno o más métodos. ....	35
Figura 2. Trabajos encontrados por país de Suramérica que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad. Cada trabajo podía mencionar uno o más países. ....	35
Figura 3. Trabajos encontrados por escala geográfica que abordan temas relacionados con la relación entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. ....	36
Figura 4. Trabajos encontrados por ambiente que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más ambientes. ....	36
Figura 5. Trabajos encontrados por región biogeográfica o bioma que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar una o más regiones biogeográficas o biomas. ....	37
Figura 6. Trabajos encontrados por ecosistema o similar que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más ecosistemas o similares. ....	38
Figura 7. Trabajos encontrados por grupo biológico agregado que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más grupos biológicos. ....	39

Figura 8. Trabajos encontrados por grupo biológico desagregado que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más grupos biológicos.....	39
Figura 9. Trabajos encontrados por categoría de impacto sobre la biodiversidad que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar una o varias categorías de impacto.....	40
Figura 10. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por país de Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	41
Figura 11. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por país de Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	42
Figura 12. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por escala geográfica en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	43
Figura 13. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por escala geográfica en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	44
Figura 14. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ambiente en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	45
Figura 15. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ambiente en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	46
Figura 16. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por Región biogeográfica de Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	47
Figura 17. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por región biogeográfica o similar de Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	48
Figura 18. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ecosistemas o similares en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	49
Figura 19. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ecosistemas o similares en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	50
Figura 20. Mapa de calor mostrando el porcentaje de trabajos por grupo biológico en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	51
Figura 21. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por grupo biológico en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	52
Figura 22. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por categorías de impacto en Suramérica del cambio climático en la biodiversidad que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.....	53
Figura 23. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por categorías de impacto en Suramérica del cambio climático en la biodiversidad que muestran alguna magnitud del impacto cuando el clima es el factor influyente sobre la biodiversidad. ....	54
Figura 24. Trabajos encontrados por país y continente que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. ....	56
Figura 25. Trabajos encontrados por escala geográfica que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. ....	57
Figura 26. Trabajos encontrados por ambiente que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. ....	57

Figura 27. Trabajos encontrados por grupo biológico agregado que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. .... 58

Figura 28. Trabajos encontrados por grupo biológico desagregado que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático..... 58

Figura 29. Trabajos encontrados por categoría de impacto sobre la biodiversidad que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. .... 59

Figura 30. Respuestas encontradas en trabajos que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. .... 60

Figura 31. Categorías de respuesta de adaptación que favorecen a la biodiversidad en la literatura analizada..... 60

Figura 32. Categorías de respuesta de mitigación que favorecen a la biodiversidad en la literatura analizada..... 61

Figura 33. Tipos de vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático reportados en la literatura analizada. Se presentan las 16 vulnerabilidades más frecuentes. .... 63

Figura 34. Frecuencia del tipo de vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura por escala geográfica. .... 65

Figura 35. Frecuencia del tipo de respuestas de adaptación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura por escala geográfica..... 66

Figura 36. Frecuencia del tipo de respuestas de mitigación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura por escala geográfica..... 68

Figura 37. Trabajos encontrados por país y continente referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas. .... 69

Figura 38. Trabajos encontrados por escala geográfica referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas. .... 70

Figura 39. Trabajos encontrados por ambiente referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas. .... 70

Figura 40. Trabajos encontrados por hábitat o ecosistema vulnerables referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas. .... 71

Figura 41. Número de reportes por enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas para conservar la biodiversidad frente al cambio climático en temáticas relacionadas con conservación de especies, hábitats o ecosistemas vulnerables..... 73

Figura 42. Número de reportes por ventaja en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas para conservar la biodiversidad frente al cambio climático..... 74

# Índice de anexos

Anexo 1. Conjuntos de datos con los términos definitivos completos.

Anexo 2. Conjuntos de datos con la información de la literatura científica recopilada.

Anexo 3. Trabajos más relevantes por cada una de las tres preguntas.

Anexo 4. Datos extraídos para cada una de las tres preguntas.

# PRIMERA VERSIÓN DEL DOCUMENTO CON LOS RESULTADOS DEL META-ANÁLISIS EN UN MARCO CONCEPTUAL QUE PERMITA SOPORTAR CON EVIDENCIA CIENTÍFICA LAS SINERGIAS DE LA BIODIVERSIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

## 1. Resumen ejecutivo

La vida sobre la tierra depende del clima y sus variaciones. Existe abundante evidencia científica que demuestra que las variaciones climáticas a nivel global y regional impactan la biota y sus relaciones ecológicas. Dichos impactos se pueden ver reflejados en múltiples aspectos, como lo son el aumento en las tasas de extinción, cambios en los patrones de distribución y abundancia dentro de las poblaciones y cambios en la diversidad dentro de las comunidades biológicas.

Por lo expuesto anteriormente, resulta crucial analizar en profundidad cómo se relacionan la biodiversidad y el cambio climático. El entendimiento de ambos frentes y sus interacciones representan desafíos urgentes y estrechamente interconectados. La pérdida de la diversidad biológica y el cambio climático antropogénico (CCA) no solo comparten factores desencadenantes, como la deforestación o el manejo inadecuado de los recursos naturales, sino que sus efectos se intensifican mutuamente, afectando a los socioecosistemas.

El objetivo general de este estudio fue realizar un meta-análisis exhaustivo que identifique, analice y sintetice los vínculos entre la biodiversidad y el cambio climático, evaluando las interacciones, impactos y tendencias emergentes. El meta-análisis deberá integrar estudios científicos relevantes para proporcionar una visión comprensiva de cómo los cambios climáticos afectan a la biodiversidad y viceversa, con el fin de generar recomendaciones informadas para el Gobierno de Colombia como Presidencia de la COP16 del Convenio de Diversidad Biológica.

Para atender al objetivo de trabajo, se construyeron tres preguntas de investigación que guiaron el meta-análisis. La construcción se realizó a partir de cinco iteraciones con personal de Minambiente, Instituto Humboldt y la GIZ. Las preguntas trabajadas son:

- Pregunta 1. ¿Cuál es el vínculo entre biodiversidad y cambio climático y cuáles son los patrones geográficos, ecosistémicos y taxonómicos reportados de esta relación en Suramérica?
- Pregunta 2. ¿Cuáles son los mecanismos de mitigación, adaptación y vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura, y qué tendencias emergentes pueden identificarse a escalas locales y globales?
- Pregunta 3. ¿Qué ventajas en la dimensión ecológica se reportan en la literatura de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la



acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas?

La pregunta 1 se trabajó a nivel de Suramérica y las preguntas 2 y 3 a nivel mundial. A partir de la Web of Science se seleccionaron términos de búsqueda que permitieron encontrar trabajos científicos para responder las preguntas seleccionadas. Para la pregunta 1, se seleccionaron 122 trabajos. Para la pregunta 2, se seleccionaron 207 trabajos. Para la pregunta 3, fueron seleccionados 68 trabajos. Una vez seleccionados los artículos, se descargaron las bibliotecas para cada una de las preguntas y se extrajo la información correspondiente. Para extraer los datos necesarios por pregunta se construyeron tres formularios, uno por pregunta. Cada uno de los artículos fue leído por completo para diligenciar cada formulario. Los principales hallazgos fueron:

Según la literatura científica publicada en los últimos 10 años en relación con el vínculo del Cambio Climático Antropogénico (CCA) y la biodiversidad para Suramérica, la evidencia indica el CCA influencia la biodiversidad de forma negativa principalmente. En Suramérica también se reporta el efecto negativo conjunto del CCA y otros motores de cambio sobre la biodiversidad.

Otro patrón evidente en el presente estudio para Suramérica es la concentración de estudios de los efectos del CCA sobre la biodiversidad en Brasil. La mayoría de los países que reportan efectos negativos del CCA con magnitud del impacto sustancial sobre la biodiversidad en Suramérica se concentran en la región andina, Brasil y Paraguay.

El ambiente costero de Suramérica concentra efectos negativos del CCA sobre la biodiversidad. Desde el punto de vista de los ecosistemas, los efectos negativos fueron más frecuentes en ecosistemas altoandinos y áridos como el superpáramo, páramo, puna, matorrales xéricos y la estepa patagónica. La magnitud del impacto del CCA en varios ecosistemas como los humedales continentales, puna, estepa patagónica, desierto subtropical reportan una frecuencia alta de las magnitudes de impacto sustancial en Suramérica.

Los efectos negativos del CCA en Suramérica se concentran en grupos como los anfibios, mamíferos y reptiles. En otros grupos como hongos y bacterias, plantas, aves, invertebrados, fitoplancton y peces los efectos son del tipo mixto principalmente. Los impactos del CCA sobre la biodiversidad en Suramérica, medidos por categoría de impacto, son principalmente negativos en procesos y funciones ecosistémicas, ecosistemas y poblaciones en el continente. Las magnitudes de impacto más elevadas se ven en los niveles individuo–genético, de poblaciones y en procesos y funciones ecosistémicas y ecosistemas. En categorías como biomas/biosfera y comunidades son más frecuentes los impactos de tipo moderado.

Al estudiar los mecanismos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA se mostró que existen otros motores de cambio que están en sinergia con el cambio climático y que afectan a la biodiversidad en el contexto mundial. Se destacan por su impacto negativo motores como el uso del suelo, la contaminación, la explotación directa de recursos naturales, las políticas, instituciones y gobernanza. Y a diferencia de en Suramérica, las especies exóticas e invasoras.

La mayor concentración de estudios sobre los mecanismos propuestos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA se concentraron en Asia, pero seguido de cerca América del Norte, África y Europa. La mayoría de los trabajos encontrados reporta mecanismos y respuestas de adaptación sobre los de mitigación para enfrentar los efectos del CCA sobre la biodiversidad a nivel mundial.

En el grupo de las medidas de adaptación de la biodiversidad a los efectos del CCA se observó una concentración de las respuestas enfocadas a las soluciones basadas en la naturaleza (SBN). Por el lado de las respuestas de mitigación se evidenció un patrón de predominancia de los mecanismos relacionados al secuestro o almacenamiento de carbono. En lo referente a las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA, estas se centraron en categorías de exposición a peligros climáticos en general, vulnerabilidades referentes al recurso hídrico y conectividad ecológica

Al estudiar las ventajas de incorporar enfoques diferenciales e inclusivos en la protección de la biodiversidad frente al CCA se encontró que existe una concentración de trabajos en Asia. En los trabajos analizados sobre las ventajas de la inclusión de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA se encontró que los ecosistemas y hábitats vulnerables en donde se centraron estos trabajos tiene que ver principalmente con formaciones boscosas.

Al respecto de los enfoques de tipo inclusivo o diferenciales en protección de la biodiversidad frente al CCA se encontró que priman aquellos en donde se estimula la participación comunitaria y el voluntariado. Las ventajas de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA que se presentan con mayor frecuencia en los trabajos publicados tienen que ver con temáticas como recuperación, restauración, provisión de hábitats, conservación de especies, el fortalecimiento de la gobernanza, planificación y monitoreo del territorio.

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que, en la literatura referente a la relación entre el CCA y la biodiversidad en Suramérica, los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA en de los últimos 10 años, prima la información y los métodos de tipo indirecto.

Se evidenció la prominencia de estudios en los niveles nacional, subnacional y local que documentan los efectos del CCA y la biodiversidad en Suramérica, los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial en los últimos 10 años.

En términos de la magnitud, los impactos del CCA y la biodiversidad en Suramérica y los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial en los últimos 10 años son frecuentemente moderados en escalas muy finas como la local y empiezan a ser reportados como más severos,

oscilando entre moderado y sustancial sin un patrón fijo, a medida que la escala se vuelve más gruesa hasta llegar a la escala intercontinental.

La tendencia por estudios en ambientes terrestres fue muy marcada en toda la literatura, tanto la que analiza los efectos del CCA en Suramérica, como la que analiza los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial.

## 2. Contexto y alcance del documento

La vida sobre la tierra depende del clima y sus variaciones (Pörtner *et al.*, 2021). Existe abundante evidencia científica que demuestra que las variaciones climáticas a nivel global y regional impactan la biota y sus relaciones ecológicas (e.g. Pires *et al.*, 2018; Habibullah *et al.*, 2021; Trew & Maclean, 2021; Harrison *et al.*, 2024; Sekar *et al.*, 2025). Dichos impactos se pueden ver reflejados en múltiples aspectos, como lo son el aumento en las tasas de extinción, cambios en los patrones de distribución y abundancia dentro de las poblaciones y cambios en la diversidad dentro de las comunidades biológicas (Blois *et al.*, 2013).

Los efectos del cambio climático pueden verse reflejados en grupos específicos de gran importancia como el de los polinizadores y los servicios ecosistémicos que ellos prestan (Vélez *et al.*, 2021). Estos efectos incluyen cambios en la distribución espacial de las poblaciones, desajustes fenológicos entre plantas y polinizadores y alteraciones en la composición del polen y el néctar que las plantas ofrecen como recompensa a los polinizadores, afectando las interacciones entre plantas y polinizadores (Rafferty, 2017).

Por lo expuesto anteriormente, resulta crucial analizar en profundidad cómo se relacionan la biodiversidad y el cambio climático. El entendimiento de ambos frentes y sus interacciones representan desafíos urgentes y estrechamente interconectados. La pérdida de la diversidad biológica y el cambio climático antropogénico no solo comparten factores desencadenantes, como la deforestación o el manejo inadecuado de los recursos naturales, sino que sus efectos se intensifican mutuamente, afectando a los socioecosistemas (Lovejoy & Hannah, 2019), por ejemplo, en temas tan cruciales como el de la seguridad alimentaria (FAO, 2021).

Entender estas interacciones es clave para diseñar estrategias que refuercen las capacidades de adaptación y mitigación de los socioecosistemas en el territorio colombiano, al mismo tiempo que se puede avanzar en el cumplimiento de compromisos globales como el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este panorama, Colombia, reconocida por ser un país megadiverso, asumió un rol estratégico al encabezar la COP16 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), promoviendo un enfoque articulado entre las agendas de biodiversidad y cambio climático en el ámbito internacional (GIZ, 2025).

El meta-análisis es un enfoque de investigación que tiene por objetivo sintetizar y combinar sistemática y estructuradamente el conocimiento que se ha generado sobre una temática en particular, como por ejemplo los retos del cambio global en nuestro planeta (Noble *et al.*, 2022; Paul & Barari, 2022; Nakagawa *et al.*, 2023). Las ventajas de este tipo de métodos para la síntesis de información, con respecto a otros métodos como las revisiones tradicionales de literatura incluyen la capacidad para combinar los resultados de varios estudios sobre una temática en particular, su potencial para resolver puntos divergentes entre estudios al integrar fuentes diferentes, pueden sintetizar grandes cantidades de datos e información y ayudan a aclarar sesgos de información producto de la subjetividad que surge al conocer los resultados de pocos estudios (Khan *et al.*, 2019; Surtiningtyas *et al.*, 2022; Pappalardo *et al.*, 2023).

No obstante, como sucede con cualquier otra metodología utilizada en la investigación científica, los meta-análisis poseen una serie de limitaciones. En primer lugar, al ser una técnica de compilación de varios trabajos de diferentes orígenes, el meta-análisis recoge los problemas de las fuentes primarias, por ejemplo, integra datos altamente curados con datos que no han tenido una validación tan rigurosa. En segundo lugar, integra datos que han sido tomados en condiciones, contextos y metodologías diferentes para realizar una síntesis. Y por último al combinar múltiples trabajos, puede que las tendencias minoritarias se vean opacadas u ocultas por las tendencias o patrones generales (Lortie *et al.*, 2013; Allen, 2020).

Teniendo en cuenta sus ventajas y limitaciones, los meta-análisis son utilizados en aspectos vitales como lo son la generación de políticas públicas y la toma de decisiones en diferentes aspectos de la vida humana (Hunter & Schmidt, 1996; Cordray & Morphy, 2009). Como ya se mencionó este tipo de estudios ayuda a sintetizar información científica de muchas fuentes y a encontrar patrones a partir de dicha información, lo cual es muy importante para que los tomadores de decisiones puedan entenderlo que se sabe sobre temas específicos de manera sintética y así poder tomar decisiones informadas.

Los ejemplos del uso de los meta-análisis en la administración pública y en la generación de políticas públicas abundan en internet. Una búsqueda simple por las palabras claves: “meta-análisis”, “administración pública” y “toma de decisiones” desde el año 2015 hasta noviembre de 2025 en Google Scholar, arrojó 11.800 resultados en donde se presentan trabajos que exponen el uso de meta-análisis en diferentes aspectos relacionados con la administración pública y la toma de decisiones en innumerables aspectos de la vida humana (Google Scholar, 2025, 1 de diciembre).

### 3. Objetivos

#### 3.1. Objetivo general

“Realizar un meta-análisis exhaustivo que identifique, analice y sintetice los vínculos entre la biodiversidad y el cambio climático, evaluando las interacciones, impactos y tendencias emergentes. El meta-análisis deberá integrar estudios científicos relevantes para proporcionar una visión comprensiva de cómo los cambios climáticos afectan a la biodiversidad y viceversa, con el fin de generar recomendaciones informadas para el Gobierno de Colombia como Presidencia de la COP16 del Convenio de Diversidad Biológica.” (GIZ, 2025).

#### 3.2. Objetivos específicos

“1. Realizar un meta-análisis de la literatura científica disponible tanto para el país como a nivel global, sobre los efectos del cambio climático en la biodiversidad, identificando estudios clave que aborden las interacciones entre ambos fenómenos en diversas regiones geográficas y ecosistemas del mundo.

2. Obtener la tipificación de vínculos entre biodiversidad y cambio climático a partir de la revisión de los estudios identificados, destacando los impactos directos, indirectos, positivos y negativos en especies y ecosistemas.

3. Sintetizar los hallazgos del meta-análisis en un marco conceptual que permita comprender las tendencias globales y locales, así como los mecanismos de mitigación, adaptación y vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático.

4. Elaborar insumos técnicos estratégicos basadas en los resultados del meta-análisis para fortalecer la posición de la Presidencia de la COP16 del Convenio de Diversidad Biológica, considerando los impactos y las proyecciones del cambio climático en diferentes contextos ecológicos y socioeconómicos.” (GIZ, 2025).

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Construcción de las preguntas base del meta-análisis

A partir de cinco iteraciones con personal de Minambiente, Instituto Humboldt y la GIZ se definieron tres preguntas de investigación para el presente meta-análisis. Las preguntas por trabajar son:

1. ¿Cuál es el vínculo entre biodiversidad y cambio climático y cuáles son los patrones geográficos, ecosistémicos y taxonómicos reportados de esta relación en Suramérica?
2. ¿Cuáles son los mecanismos de mitigación, adaptación y vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura, y qué tendencias emergentes pueden identificarse a escalas locales y globales?
3. ¿Qué ventajas en la dimensión ecológica se reportan en la literatura de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas?

### 4.2. Área de estudio

El área de estudio para la pregunta 1 será Suramérica. Esto se debe a que preguntas similares ya han sido trabajadas para otras regiones del mundo (Habibullah *et al.*, 2022; Kim *et al.*, 2024). Los países incluidos para Suramérica son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela.

Para las preguntas 2 y 3 el foco no se restringió a ninguna región o país en particular y se incluyeron estudios a nivel mundial.

### 4.3. Selección de términos para la búsqueda de literatura en la Web of Science

#### 4.3.1. Términos de búsqueda inicial

Los términos de búsqueda inicial posibilitan el inicio de un proceso robusto de búsqueda de términos complejos que permitirán encontrar la literatura más relevante en la Web of Science.

En el caso de la pregunta 1, para facilitar el proceso y hacer comparaciones con estudios similares, se usaron los mismos términos iniciales de búsqueda propuestos por Kim *et al.* (2024), para responder preguntas similares para el continente europeo. Dichos términos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Términos iniciales de búsqueda para la pregunta 1.

Categoría temática	Términos clave definitivos
Nexus	Nexus, Interlink*, Interact*, Trade\$off*, Synerg*, Cross-sect*, Inter\$dependen*, Coupled
Clima (cambio climático)	Climate change, Climate regulation, Climate mitigation, Climate adaptation, Carbon sequestration, GHG, Greenhouse gas emission.
Biodiversity	Biodiversity, Habitat, Species, Nature, Ecosystem, Ecosystem services, genetic diversity, functional diversity

En el caso de los términos iniciales para las preguntas 2 y 3. La selección de los términos iniciales de búsqueda estuvo basada en la experiencia del consultor y búsquedas sencillas de trabajos y sus términos claves en Google Académico. En este proceso, se siguió la metodología propuesta por Grames *et al.* (2019). Según dicha propuesta, se hizo la definición de categorías temáticas por pregunta.

Posteriormente se realizó la obtención de los términos iniciales según el conocimiento propio del consultor. Para esto se usó el protocolo PECO (Población, Exposición, Comparación, Resultado) para la búsqueda por cada categoría temática. Los términos iniciales para las preguntas 2 y 3 se muestran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Términos iniciales de búsqueda para la pregunta 2.

Elemento PECO	Categoría temática	Términos claves exploratorios
Población	Biodiversidad: especies, ecosistemas, comunidades biológicas, servicios ecosistémicos, diversidad genética	biodiversity, habitat, species, nature, ecosystem, ecosystem services, genetic diversity, functional diversity.
Exposición	Clima (cambio climático): aumento de temperatura, cambios en precipitación y otras variables climáticas, eventos extremos	climate change, climate regulation, climate mitigation, climate adaptation, carbon sequestration, ghg, greenhouse gas emission, global warming.
Comparación	Condiciones actuales y futuras, ecosistemas intervenidos y no intervenidos, regiones con y sin medidas de adaptación	baseline vs. projected scenarios, managed vs. unmanaged areas, with vs. without adaptation.
Resultado	Mecanismos de adaptación, mitigación, vulnerabilidad y tendencias emergentes	adaptation mechanisms, mitigation strategies, vulnerability, resilience, emerging trends.

A partir de los términos iniciales de búsqueda se realizó una búsqueda de trabajos científicos para identificar términos definitivos de búsqueda por pregunta. Para esto, se construyó una búsqueda avanzada de literatura usando los términos iniciales en una consulta a la base de datos Web of Science. Dicha búsqueda se realizó por tópico y se incluyeron los campos “Título”, “Resumen” y “Palabras” de los metadatos de los trabajos en la base de datos. Además,



se filtraron los trabajos con fecha de publicación desde 2015. Este filtro se realizó para tener un marco actual sobre la relación entre cambio climático y biodiversidad a la luz de las preguntas construidas.

Tabla 3. Términos iniciales de búsqueda para la pregunta 3.

Elemento PECO	Categoría temática	Términos clave exploratorios
Población	Biodiversidad, clima y contexto Socioecológico	Biodiversity, conservation, ecosystem vulnerability, "threatened species", "endangered species", "at-risk ecosystems", "ecosystem degradation", "species decline", "vulnerable biodiversity"
Exposición	Enfoques inclusivos y diferenciales	inclusive approaches, "differentiated approaches", "gender*", "indigenous participation", "community-based", "local knowledge", "traditional knowledge", "social equity", "environmental justice", "intercultural approaches", "transformative adaptation", "participatory"
Comparación	Enfoques no inclusivos y no diferenciales	conventional conservation, "top-down approaches", "non-inclusive*", "standard management", "traditional governance", "technical solutions", "conventional conservation"
Resultados	Resultados positivos asociados a los enfoques inclusivos y diferenciales	ecological benefits, "resilience", "ecosystem services", "biodiversity outcomes", "habitat recovery", "adaptive capacity", "species conservation", "connectivity", "ecosystem stability", "climate adaptation success", "ecosystem health"

#### 4.3.2. Términos definitivos de búsqueda

Las consultas usadas por pregunta en la base de datos de Web of Science, para encontrar los términos definitivos de búsqueda, fueron construidas de la siguiente manera:

- Consulta con términos iniciales pregunta 1

(TS=(Nexus OR Interlink\* OR Interact\* OR "Trade-off\*" OR Synerg\* OR "Cross-sect\*" OR "Inter-dependen\*" OR Coupled)) AND (TS=(Biodiversity OR Habitat OR Species OR Nature OR Ecosystem OR "Ecosystem service\*" OR "genetic diversity" OR "functional diversity")) AND (TS=("Climate change" OR "Climate regulation" OR "Climate mitigation" OR "Climate adaptation" OR "Carbon sequestration" OR GHG OR "Greenhouse gas emission\*")) AND

(CU=("Argentina" OR "Bolivia" OR "Brazil" OR "Chile" OR "Colombia" OR "Ecuador" OR "Guyana" OR "Paraguay" OR "Peru" OR "Suriname" OR "Uruguay" OR "Venezuela") OR TS=("South America" OR "South American"))

- Consulta con términos iniciales pregunta 2

TS=( ("climate change" OR "global warming" OR "greenhouse gas" OR "carbon emission" OR "climate variability" OR "precipitation" OR "temperature" OR "drought" OR "extreme events" OR "climate scenario" OR "sea level rise" OR "climate stressor" OR "warming trend" OR "climatic shift" OR "CO2 concentration") AND (biodiversity OR "species richness" OR "species distribution" OR "genetic diversity" OR "functional diversity" OR "endemic species" OR "threatened species" OR "habitat connectivity" OR "habitat fragmentation" OR "ecosystem resilience" OR "ecological community" OR "species migration" OR "phenological shift" OR "biotic interaction" OR "conservation priority") AND ("adaptation strategy" OR "mitigation measure" OR "vulnerability assessment" OR resilience OR "adaptive capacity" OR "ecosystem-based adaptation" OR "assisted migration" OR "conservation planning" OR "climate refugia" OR "policy intervention" OR "socio-ecological system" OR "land-use change" OR "nature-based solutions" OR "transformational adaptation" OR "governance mechanism") AND ("current conditions" OR "future scenarios" OR "baseline scenario" OR "land-use change" OR "land cover" OR "intervention area" OR non-intervention OR "reference site" OR "protected area" OR "degraded ecosystem" OR "ecosystem restoration" OR "ecosystem management" OR "adaptive management" OR "conservation intervention" OR "ecological gradient"))

- Consulta con términos iniciales pregunta 3

TS(("biodiversity" OR "conservation" OR "ecosystem vulnerability" OR "threatened species" OR "endangered species" OR "at-risk ecosystems" OR "ecosystem degradation" OR "species decline" OR "vulnerable biodiversity") AND ("inclusive approaches" OR "differentiated approaches" OR "gender\*" OR "indigenous participation" OR "community-based" OR "local knowledge" OR "traditional knowledge" OR "social equity" OR "environmental justice" OR "intercultural approaches" OR "transformative adaptation" OR "participatory") AND ("ecological benefits" OR "resilience" OR "ecosystem services" OR "biodiversity outcomes" OR "habitat recovery" OR "adaptive capacity" OR "species conservation" OR "connectivity" OR "ecosystem stability" OR "climate adaptation success" OR "ecosystem health")) NOT TS=("conventional conservation" OR "top-down approaches" OR "non-inclusive\*" OR "standard management" OR "traditional governance" OR "technical solutions")

A partir de la consulta realizada por pregunta en la base de datos de la Web of Science, se obtuvo un conjunto de datos por pregunta. Dicho conjunto de datos contiene información de 2.363 trabajos científicos para la pregunta 1, 5.252 trabajos científicos para la pregunta 2 y 2.919 para la pregunta 3. Los conjuntos de datos corresponden a la información de la literatura que contiene la combinación de términos iniciales en alguno de los campos mencionados anteriormente para cada pregunta. Usando dichos conjuntos de datos, se realizó un análisis para obtener los términos definitivos usando el paquete de R litsearchr diseñado para automatizar y mejorar la objetividad de procesos de búsqueda de literatura en meta-análisis (Grames *et al.*, 2019).

Siguiendo el análisis mencionado anteriormente se obtuvieron 511 términos definitivos de búsqueda para la pregunta 1, 762 para la pregunta 2 y 498 para la pregunta 3 (Anexo 1). La selección manual arrojó los términos definitivos de búsqueda que se muestran en las tablas 4-6. Posteriormente, se realizaron procesos de eliminación de duplicados semánticos y términos conceptualmente similares usando los paquetes de R textstem, text2vec y stringdist. Y para optimizar y facilitar la búsqueda en la Web of Science y siguiendo a Grames *et al.* (2019), el conjunto de términos resultantes del proceso anterior, por pregunta, se redujo a 25 o menos términos por inspección manual, dichos términos constituyen el conjunto de términos definitivos por pregunta. Dichos términos fueron revisados y complementados por el Comité Técnico del apoyo en Sinergias para definir el envío oficial bajo la UNFCCC SBSTA – UNFCCC. Tablas 4-6.

Tabla 4. Términos definitivos de búsqueda para la pregunta 1.

Categoría	Términos clave definitivos
Biodiversidad	Abundant species, Alpha diversity, Beta diversity, Biodiversity conservation, Biodiversity hotspot, Biotic homogenization, Community abundance distribution, Community assembly, Community composition, Community structure, Ecological community, Ecological niche, Ecosystem function, Ecosystem resilience, Endanger species, Endemic species, Functional diversity, Genetic diversity, Habitat fragmentation, Habitat heterogeneity, Habitat loss, Landscape connectivity, Metacommunity dynamics, Species abundance distribution, Trophic interactions.
Clima (cambio climático)	Annual precipitation, atmospheric carbon, carbon content, carbon dioxide, carbon dynamic, carbon exchange, carbon footprint, carbon sequestration, climate change adaptation, climate change scenario, climate projection, climate regulation, climate warm, climatic change, climatic niche, climatic suitability, climatic variability, climate system, elevate CO2, emission reduction, extreme climatic event, global carbon cycle, greenhouse gas, ocean acidification, temperature increase.
Nexus	Anthropogenic impact, Trophic interaction, Climate effect, Adverse effect, Impact assessment, Interactive effect, Plant - animal interaction, Plant - pollinator interaction, Positive interaction, Predator - prey interaction, Species interaction, Atmosphere interaction, Cascade effect, Combine effect, Competitive interaction, Complex interaction, Deleterious effect, Detrimental effect, Effective conservation, Herbivore interaction, Human impact, Indirect impact, Negative impact, Negative relationship, Synergistic effect.

Tabla 5. Términos definitivos de búsqueda para la pregunta 2.

Categoría	Términos clave definitivos
Biodiversidad	Aquatic ecosystem, Biotic interaction, Biotic stress, Biodiversity, Community composition, Community structure, Conservation priority, Ecological community, Ecosystem change, Ecosystem health, Ecosystem resilience, Endemic species, Fish community, Fragile ecosystem, Functional diversity, Genetic diversity, Habitat connectivity, Habitat fragmentation, Marine ecosystem, Phenological shift, Relative

	abundance, Species distribution, Species migration, Species richness, Threatened species.
Clima (cambio climático)	Carbon emission, Carbon sequestration, Climate change, Climate impact, Climate scenario, Climate-smart agriculture, Climate stressor, Climate variability, Climatic shift, CO <sub>2</sub> concentration, Drought, Dry climate, Extreme events, Extreme heat event, GHG emission, Global warming, Greenhouse gas, Heavy rainfall, High temperature, Precipitation, Precipitation pattern, Sea level rise, Temperature, Urban climate, Warming trend.
Condiciones actuales y futuras	Adaptive management, Baseline scenario, Conservation intervention, Current conditions, Degraded ecosystem, Ecological function, Ecological gradient, Ecosystem management, Ecosystem restoration, Environmental degradation, Fire management, Flood management, Future scenarios, Intervention area, Land cover, Land-use change, Management approach, Natural resource management, Non-intervention, Protected area, Reference site, Soil fertility, Study site, Vulnerable area, Water management.
Mecanismos de adaptación y mitigación	Adaptation strategy, Adaptive capacity, Adaptive governance, Assisted migration, Climate refugia, Coastal adaptation, Conservation planning, Ecological adaptation, Ecosystem-based adaptation, Governance mechanism, Institutional arrangement, Land-use change, Local adaptation, Mitigation measure, Nature-based solutions, Participatory approach, Policy intervention, Proactive adaptation, Resilience, Social-ecological resilience, Socio-ecological system, Sustainable adaptation, Transformational adaptation, Vulnerability assessment, Vulnerability indicator.

Tabla 6. Términos definitivos de búsqueda para la pregunta 3.

Categoría	Términos clave definitivos
Biodiversidad, clima y contexto Socioecológico	Agricultural heritage, Agricultural sustainability, Agroforestry system, Biodiversity conservation, Biodiversity hotspot, Biosphere reserve, Blue carbon, Carbon sequestration, Carbon storage, Climate change adaptation, Climate regulation, Climate resilience, Climate-smart agriculture, Conservation management, Conservation outcome, Ecological restoration, Ecosystem function, Environmental stewardship, Forest ecosystem, Forestry practice, Habitat quality, Mitigate climate, Natural resource management, Payment for ecosystem service, Sustainable conservation.
Enfoques inclusivos y diferenciales	Biocultural diversity, Citizen science, Collective action, Community development, Community engagement, Community participation, Community perception, Cultural context, Cultural identity, Dependent community, Ethnobotanical knowledge, Farmers' knowledge, Focus group discussion, Gender equality, Indigenous community, Knowledge co-production, Knowledge holder, Local community, Local resident, Local stakeholder, Marginalize group, Social group, Socio - cultural value, Traditional management, Vulnerable community.

Enfoques no inclusivos y no diferenciales	Conceptual framework, disciplinary approach, economic valuation, global scale, instrumental value, international policy, legal framework, policy formulation, policy implication, policy implementation, policy instrument, policy maker, y policy recommendation.
Resultados positivos asociados a los enfoques inclusivos y diferenciales	Adaptation option, adaptation plan, adaptation strategy, adaptive capacity, adaptive co management, adaptive response, benefit share, build resilience, collaborative management, conflict resolution, direct benefit, ecological benefit, effective adaptation, equitable distribution, long term sustainability, nature base solution, nature's contribution to people, non material benefit, positive attitude, positively correlate, poverty alleviation, social justice, social learn, societal benefit, y socio ecological resilience.

#### 4.4. Selección de literatura para el responder a las preguntas del meta-análisis

##### 4.4.1. Búsqueda de trabajos para el responder a las preguntas del meta-análisis

Se construyó una búsqueda avanzada de literatura usando los términos definitivos (Tablas 4-6) en una nueva consulta a la base de datos de la Web of Science. Dicha búsqueda se realizó por tópicos incluyendo todos los campos de la base de datos y filtrando solo los resultados obtenidos desde 2015, como en secciones anteriores, este filtro se realizó para tener un marco actual sobre la relación entre cambio climático y biodiversidad a la luz de las preguntas objeto.

- Consulta con términos definitivos pregunta 1

TS=(("alpha diversity" OR "abundant species" OR "genetic divers\*" OR "beta diversity" OR "biodiversity conserv\*" OR "biodiversity hotspot\*" OR "biotic homogenization" OR "community abundance distribution" OR "community assembl\*" OR "community compos\*" OR "community structur\*" OR "ecological communit\*" OR "ecological niche" OR "ecosystem function\*" OR "ecosystem resili\*" OR "endanger\* species" OR "endemic species" OR "functional divers\*" OR "habitat fragment\*" OR "habitat heterogeneity" OR "habitat loss" OR "landscape connectivity" OR "metacommunity dynamics" OR "metacommunity dynamics" OR "species abundance distribution" OR "trophic interactions") AND ("annual precipitation" OR "atmospheric carbon" OR "carbon sequestrat\*" OR "carbon exchang\*" OR "carbon content\*" OR "carbon dioxide" OR "carbon dynamic\*" OR "carbon footprint\*" OR "climate system" OR "climat\* chang\*" OR "climat\* variabil\*" OR "climate adapt\*" OR "climate scenario\*" OR "climate projection\*" OR "climate regulat\*" OR "climate warm\*" OR "climat\* niche\*" OR "climat\* suitab\*" OR "elevate co2" OR "emission reduction" OR "extreme climatic event" OR "global carbon cycle" OR "greenhouse gas" OR "ocean acidification" OR "temperature increase") AND ("animal interaction" OR "anthropogenic impact\*" OR "trophic interact\*" OR "climat\* effect\*" OR "adverse effect\*" OR "impact assess\*" OR "indirect impact" OR "interactive effect\*" OR "herbivore interaction" OR "human impact" OR "effective conservation" OR "negative impact" OR "negative relationship" OR "plant pollinator interaction" OR "positive interact\*" OR "predator prey interaction" OR "species interact\*" OR "atmospher\* interact\*" OR "cascade effect\*" OR "combin\* effect\*" OR "competitive interact\*" OR "complex interact\*" OR "deleterious effect\*" OR "detrimental effect\*" OR "synergistic effect") AND ("south america" OR

"amazon\*" OR "andes" OR "atlantic forest" OR "cerrado" OR "pampa\*" OR "patagonia" OR "neotrop\*" OR "brazil\*" OR "colombi\*" OR "peru\*" OR "ecuador\*" OR "bolivi\*" OR "venezuela" OR "chile" OR "argentin\*" OR "uruguay" OR "paraguay" OR "guyana" OR "suriname"))

- Consulta con términos definitivos pregunta 2

TS(("aquatic ecosystem" OR "biotic stress" OR "community composition" OR "community structure" OR "ecosystem change" OR "ecosystem health" OR "fish community" OR "fragile ecosystem" OR "marine ecosystem" OR "relative abundance" OR "biodiversity" OR "ecosystem resilience" OR "ecological community" OR "species migration" OR "phenological shift" OR "biotic interaction" OR "conservation priority" OR "species richness" OR "species distribution" OR "genetic diversity" OR "functional diversity" OR "endemic species" OR "threatened species" OR "habitat connectivity" OR "habitat fragmentation") AND ("carbon sequestration" OR "climate impact" OR "climate smart agriculture" OR "dry climate" OR "extreme heat event" OR "ghg emission" OR "heavy rainfall" OR "high temperature" OR "precipitation pattern" OR "urban climate" OR "climate change" OR "climate scenario" OR "sea level rise" OR "climate stressor" OR "warming trend" OR "climatic shift" OR "co2 concentration" OR "global warming" OR "greenhouse gas" OR "carbon emission" OR "climate variability" OR "precipitation" OR "temperature" OR "drought" OR "extreme events") AND ("ecological function" OR "environmental degradation" OR "fire management" OR "flood management" OR "management approach" OR "natural resource management" OR "soil fertility" OR "study site" OR "vulnerable area" OR "water management" OR "current condition" OR "degraded ecosystem" OR "ecosystem restoration" OR "ecosystem management" OR "adaptive management" OR "conservation intervention" OR "ecological gradient" OR "future scenario" OR "baseline scenario" OR "land-use change" OR "land cover" OR "intervention area" OR "non-intervention" OR "reference site" OR "protected area") AND ("adaptive governance" OR "coastal adaptation" OR "ecological adaptation" OR "institutional arrangement" OR "local adaptation" OR "participatory approach" OR "proactive adaptation" OR "social-ecological resilience" OR "sustainable adaptation" OR "vulnerability indicator" OR "adaptation strategy" OR "policy intervention" OR "socio-ecological system" OR "nature-based solution" OR "transformational adaptation" OR "governance mechanism" OR "mitigation measure" OR "vulnerability assessment" OR "resilience" OR "adaptive capacity" OR "ecosystem-based adaptation" OR "assisted migration" OR "conservation planning" OR "climate refugia"))

- Consulta con términos definitivos pregunta 3

TS(("agroforestry system" OR "carbon sequestration" OR "ecological restoration" OR "ecosystem function" OR "environmental stewardship" OR "forest ecosystem" OR "natural resource management" OR "payment for ecosystem service" OR "sustainable conservation" OR "agricultural heritage" OR "climate change adaptat\*" OR "climate resilien\*" OR "agricultural sustainab\*" OR "climate regulat\*" OR "habitat qualit\*" OR "forestry practic\*" OR "biodiversity conservat\*" OR "biodiversity hotspot" OR "biosphere reserve" OR "blue carbon" OR "mitigat\* climate" OR "carbon storag\*" OR "conservat\* outcom\*" OR "conservat\* manag\*") AND ("cultural context" OR "dependent community" OR "ethnobotanical knowledge" OR "knowledge holder" OR "local community" OR "local resident" OR "local stakeholder" OR "marginalize group" OR "traditional management" OR "vulnerable community" OR "biocultur\* diversit\*" OR "citizen science" OR "collective action" OR "commun\* develop\*" OR "commun\* engag\*"))



OR "commun\* participat\*" OR "commun\* percept\*" OR "cultural identit\*" OR "socio - cultural value" OR "farmers' knowledg\*" OR "social group" OR "focus group discussion" OR "gender equalit\*" OR "indigen\* communit\*" OR "knowledg\* co - production") OR ("conceptual framework" OR "global scale" OR "instrumental value" OR "legal framework" OR "international policy" OR "policy implementation" OR "policy instrument" OR "policy formulation" OR "policy implication" OR "policy maker" OR "policy recommendation" OR "disciplinary approach" OR "economic valuation") AND ("direct benefit" OR "effective adaptation" OR "equitable distribution" OR "long term sustainability" OR "nature-base solution" OR "nature's contribution to people" OR "non material benefit" OR "positive attitude" OR "positively correlate" OR "societal benefit" OR "adaptat\* plan" OR "adaptat\* strateg\*" OR "adaptiv\* capacit\*" OR "adaptiv\* co manag\*" OR "benefit share" OR "collaborat\* manag\*" OR "socio-ecological resilien\*" OR "ecolog\* benefit" OR "poverty alleviat\*" OR "social justic\*" OR "social learn\*" OR "adaptat\* option" OR "adaptiv\* response" OR "build resilien\*" OR "conflict resolut\*"))

Con dichas consultas se construyeron tres conjuntos de datos, uno por pregunta. Para responder la pregunta 1 se obtuvieron 272 trabajos potenciales, 1.680 para la pregunta 2 y 5.449 para la pregunta 3. Los conjuntos de datos con la información de la literatura científica recopilada pueden ser encontrada en el Anexo 2.

#### 4.4.2. Selección de trabajos relevantes para el responder a las preguntas del meta-análisis

Para seleccionar la literatura más relevante para contestar las preguntas acordadas, se construyó un conjunto de criterios por pregunta que fueron aplicados para filtrar los trabajos. La selección se llevó a cabo por revisión manual de los siguientes campos de cada artículo para cada pregunta: "Article Title", "Author Keywords", "Keywords Plus" y "Abstract". Los criterios por pregunta son:

- Criterios para la selección de trabajos de la pregunta 1.

1. El trabajo tiene un vínculo claro con la biodiversidad.
2. El trabajo tiene un vínculo claro con clima o cambio climático.
3. El trabajo identifica un vínculo claro entre la biodiversidad y clima o cambio climático.
4. El trabajo tiene información sobre la dirección y magnitud de la interrelación. Sea esta cuantitativa o cualitativa y proporciona información clara sobre la dirección o la intensidad del vínculo.
5. El trabajo fue realizado en el territorio de Suramérica.

- Criterios para la selección de trabajos de la pregunta 2.

1. El trabajo identifica un vínculo claro entre la biodiversidad y clima o cambio climático.
2. El trabajo identifica mecanismos de mitigación, adaptación o vulnerabilidades relacionados con la biodiversidad frente al cambio climático.
3. El trabajo identifica tendencias emergentes, patrones recurrentes o nuevos enfoques en los mecanismos de mitigación, adaptación o vulnerabilidad relacionados con la biodiversidad frente al cambio climático.
4. El trabajo reporta explícita o implícitamente la escala geográfica en la que se realizó.

- Criterios para la selección de trabajos de la pregunta 3.

1. El trabajo identifica iniciativas, proyectos, programas, políticas o similares que presentan de manera integral o conjunta la conservación de la biodiversidad y las acciones frente al cambio climático.
2. El trabajo identifica ventajas, beneficios, aspectos o impactos positivos en la dimensión ecológica o ambiental, resultantes de la aplicación de enfoques inclusivos o diferenciales.
3. El trabajo identifica la aplicación o consideración de enfoques inclusivos, participativos o diferenciales dentro de las iniciativas, proyectos, programas, políticas o similares que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático.
4. El trabajo se enfoca en temáticas relacionadas con la vulnerabilidad o riesgo de los ecosistemas, ambiente o especies amenazadas o con algún estatus de preocupación.

Después de aplicar los criterios para filtrar los trabajos más relevantes por pregunta se seleccionó un subgrupo de artículos. Para la pregunta 1 se seleccionaron 122 trabajos más relevantes, para la pregunta 2 se seleccionaron 207 y para la pregunta 3 fueron seleccionados 68 trabajos (Anexo 3). Una vez seleccionados los artículos, se descargaron las bibliotecas para cada una de las preguntas. Dicha descarga se realizó en dos partes. En primer lugar, se descargaron los artículos de acceso libre con ayuda del software Zotero. Por otro lado, los artículos de acceso restringido fueron obtenidos mediante suscripción del consultor a las bases de datos privadas.

#### 4.5. Extracción de datos

Para extraer los datos necesarios para responder las preguntas objeto del presente meta-análisis se construyeron tres formularios, uno por pregunta. Cada uno de los artículos más relevantes seleccionados por pregunta fue leído por completo para diligenciar cada formulario. A continuación, se presentan los formularios usados por pregunta:

##### 4.5.1. Formulario pregunta 1

###### A. Identificador del registro (ID)

Tipo: numérico.

###### B. ¿Cuál es la referencia del artículo?

Tipo: texto literal.

###### C. ¿Cuál(es) es/son lo(s) país(es) incluidos del estudio?

Tipo: lista controlada.

- Argentina.
- Bolivia.



- Brasil.
- Chile.
- Colombia.
- Ecuador.
- Guyana.
- Guayana Francesa.
- Paraguay.
- Perú.
- Surinam.
- Uruguay.
- Venezuela.

**D. ¿Cuál es la región biogeográfica, bioma o similar donde se realizó el trabajo?**

Tipo: texto.

**E. ¿Cuál es la escala geográfica del estudio?**

Tipo: lista única de uno o varios.

- Local (parcela, finca, microcuenca, ciudad, etc. Hasta el tercer nivel político administrativo de cada país. Por ejemplo: municipio).
- Subnacional (entre el tercer y segundo nivel político administrativo de cada país). También si se refiere a regiones naturales de un solo país.
- Nacional (país).
- Subcontinental (entre lo nacional y lo continental. Por ejemplo: cuenca amazónica, Cono Sur, región andina. Si incluye varios países)
- Continental (todo el continente).
- Intercontinental (incluye países de Suramérica y de otros continentes).

**F. ¿Cuál(es) ecosistema(s) o similar(es) se estudian en el trabajo?**

Tipo: texto.

**G. ¿Cuál(es) ambiente(s) se estudian y mencionan en el artículo?**

Tipo: lista controlada.

- Terrestre.
- Dulceacuícola.
- Marino.
- Costero.

**H. ¿Qué grupos biológicos se estudian?**

Tipo: lista controlada.

- Anfibios.
- Aves.
- Peces.
- Hongos.
- Invertebrados.
- Mamíferos.
- Plantas.
- Reptiles.
- Bacterias.
- Fitoplancton.
- Otros microorganismos.

### **I. Categorías de impacto del cambio climático en la biodiversidad**

Tipo: Lista controlada.

- Individuo–genético. Fisiología, fenología y rasgos; tolerancias térmicas/hídricas; variación genética y adaptación rápida.
- Poblaciones. Abundancia, tasas vitales (supervivencia, fecundidad), estructura por edades/sexos, dinámica de metapoblaciones y extinciones locales, Desplazamientos latitudinales/altitudinales, contracciones/expansiones de rango, cambios de nicho y riesgo de extinción.
- Comunidades. Reensamblajes, cambios en dominancia, invasiones biológicas favorecidas por el clima; diversidad alfa/beta/funcional/filogenética.
- Ecosistemas, procesos e interacciones. Estructura del hábitat y flujo de energía; productividad primaria, descomposición, ciclos C–N–P; suelo y microbioma (almacenamiento de C, funciones enzimáticas), Depredación, competencia, parasitismo, mutualismos (p. ej., planta–polinizador), desfases fenológicos y cascadas tróficas.
- Biomas y biosfera. Retroalimentaciones. Cambios de biomas (savanización, desertificación, tropicalización marina), regímenes de incendios, albedo y balance global de carbono.
- Funciones y servicios ecosistémicos. Polinización, regulación hídrica y climática, pesca, protección costera y valores culturales.

### **J. Evidencia de la categoría de impacto del cambio climático en la biodiversidad**

Tipo: Texto.

### **K. Seleccionar la interconexión que se está analizando**

Tipo: lista controlada.

- Biodiversidad - Cambio Climático.
- Cambio Climático - Biodiversidad.

### **L. ¿Cuál es el componente del vínculo que ejerce influencia?**

Tipo: lista controlada.

- Biodiversidad (influyente).
- Clima (influyente).

**M. ¿Cuál es el componente del vínculo que es influenciado?**

Tipo: lista controlada.

- Biodiversidad (influenciado).
- Clima (influenciado).

**N. ¿Cuál es la dirección del efecto en la biodiversidad mencionado en el trabajo?**

Tipo: lista controlada.

- Positivo. El estudio reporta solo efectos positivos.
- Negativo. El estudio reporta solo efectos negativos.
- Mixto. El estudio reporta tanto efectos positivos como negativos.
- Nulo. No se reportan efectos.
- No evaluado. No se evaluó si hay o no efectos.

**O. Si la dirección del efecto es mixta o positiva, describir las tendencias del impacto positivo**

Tipo: texto 1-5 frases.

**P. Categoría de las tendencias positivas**

Tipo: lista controlada.

- Abundancia / biomasa.
- Biogeografía / estructura espacial.
- Desempeño individual.
- Eventos extremos / disturbios.
- Funciones / procesos ecosistémicos.
- Idoneidad / rango.
- Rasgos funcionales / filtros.
- Redes / interacciones.
- Riqueza / diversidad / equidad.
- Sin información.

**Q. Si la dirección del efecto es mixta o negativa, describir las tendencias del impacto negativo**

Tipo: texto 1-5 frases.

**R. Categoría de las tendencias negativas**

Tipo: lista controlada.

- Abundancia / biomasa.
- Riqueza / diversidad / equidad.
- Idoneidad / rango.
- Funciones / procesos ecosistémicos.
- Desempeño individual.
- Eventos extremos / disturbios.
- Amortiguamiento / mitigación local.
- Redes / interacciones.
- Biogeografía / estructura espacial.
- Sin información.

#### **S. ¿Cuál es el diseño de estudio?**

Tipo: lista controlada.

- Experimento de laboratorio o campo.
- Observación y recolecta de datos en campo.
- Grupo focal o taller participativo.
- Análisis de indicadores o datos.
- Entrevista.
- Modelado o simulación.
- Encuesta.
- Síntesis.

#### **T. ¿Cuál es el tipo de los datos e información usada para analizar La interconexión?**

Tipo: lista controlada.

- Cuantitativa.
- Cualitativa.
- Mixta.

#### **U. Base de la información sobre la interconexión**

Tipo: lista controlada.

- Directa.
- Indirecta.
- Mixta.

#### **V. Si la base de la información es directa o mixta, nombrar los indicadores o variables directos utilizados**

Tipo: texto

#### **W. Si la base es indirecta o mixta, proporcionar más información sobre los elementos indirectos utilizados para describir la interacción**

Tipo: texto

**X. Calificar la solidez de la evidencia en una escala del 1 (débil) al 5 (fuerte)**

Tipo: lista controlada.

1. Evidencia muy débil. Opiniones de experto o actor clave sin datos o estudios de respaldo.
2. Evidencia débil. Existe una sola observación, experimento, modelado, participación limitada de actores clave, análisis de indicadores o revisión de literatura. No hay otros estudios de respaldo.
3. Evidencia razonable. Existen observaciones, experimentos, modelado, análisis de indicadores o revisión de literatura y éstas son respaldadas por el conocimiento de actores clave y otros estudios de respaldo.
4. Evidencia fuerte. Existen múltiples observaciones, experimentos bien diseñados, modelado, análisis de indicadores o revisión sistemática de literatura; con hipótesis y conclusiones bien respaldadas por el conocimiento de actores clave y otros estudios.
5. Evidencia muy fuerte. Existe investigación empírica bien diseñada y en síntesis de conocimiento (revisión sistemática, meta-análisis). Esto es respaldado por el conocimiento de actores clave o otros estudios.

**Y. ¿Cuál es la magnitud del impacto sobre la biodiversidad o los ecosistemas o los ambientes trabajados?**

Tipo: lista controlada.

1. Nulo/Insignificante: La evidencia demuestra que el cambio climático no produce un efecto estadísticamente significativo o detectable en la biodiversidad o los ecosistemas o el ambiente estudiado.
2. Leve. Hay evidencia de que el cambio climático afecta levemente a la biodiversidad o los ecosistemas o el ambiente estudiado. No existen motivos de preocupación inmediata o una prioridad de acción.
3. Entre leve y moderado.
4. Moderado. Hay evidencia de que el cambio climático afecta moderadamente a la biodiversidad o los ecosistemas o el ambiente estudiado. Existe una preocupación, aunque esta no es de suma importancia o necesidad de acción inmediata. La situación ha quedado en observación.
5. Entre moderado y sustancial.
6. Sustancial. Hay evidencia de que el cambio climático afecta sustancialmente a la biodiversidad o los ecosistemas o el ambiente estudiado. Existe una preocupación sustancial y existe una necesidad de acción prioritaria.
7. No es claro: No hay evidencia o esta no es claro el nivel de afectación. Se desconoce la prioridad de acción.

**Z. Describir, en términos generales, el impacto o el resultado del vínculo, incluyendo sinergias y compensaciones (relación costo beneficio), así como componentes indirectos y adicionales del vínculo**

Tipo: texto literal.

**AA. Seleccionar otros motores de cambio trabajados en el documento y la direccionalidad del impacto sobre la biodiversidad de la siguiente manera: positivo, negativo, mixto, Otro (especificar)**

Tipo: lista controlada con formato.

- Uso del suelo (Por ejemplo: deforestación, expansión frontera agrícola, etc.).

- Uso del mar (Por ejemplo: pesca, acuicultura, etc.).
- Cambio climático (Por ejemplo: aumento de temperatura, eventos extremos, etc.).
- Explotación directa (Por ejemplo: caza, tala ilegal, etc.).
- Especies exóticas invasoras.
- Contaminación (Por ejemplo: del agua, del aire, del suelo, etc.).
- Demográfico (Por ejemplo: crecimiento poblacional, migración, etc.).
- Económico (Por ejemplo: mercados, modelos de producción, etc.).
- Políticas, instituciones y gobernanza (Por ejemplo: leyes, marcos regulatorios, etc.).
- Sociocultural (Por ejemplo: prácticas culturales, etc.).
- Tecnológico (Por ejemplo: nuevas tecnologías, innovaciones, etc.).
- Conflicto (Por ejemplo: sociales, armados, etc.).
- Salud.

**AB. Detallar todos los motores de cambio trabajados en el artículo**

Tipo: texto de 1–5 frases. Traducido al español.

**4.5.2. Formulario pregunta 2**

**A. Identificador del registro (ID)**

Tipo: numérico.

**B. ¿Cuál es la referencia del artículo?**

Tipo: texto literal.

**C. ¿Cuál(es) es/son lo(s) país(es) incluidos del estudio?**

Tipo: texto literal (permitidos múltiples).

**D. ¿Cuál es la escala geográfica del estudio?**

Tipo: lista única de uno o varios

- Local (parcela, finca, microcuenca, ciudad, etc. Hasta el tercer nivel político administrativo de cada país. Por ejemplo: municipio).
- Subnacional (entre el tercer y segundo nivel político administrativo de cada país). También si se refiere a regiones naturales de un solo país.
- Nacional (país).
- Subcontinental (entre lo nacional y lo continental. Por ejemplo: cuenca amazónica, Cono Sur, región andina. Si incluye varios países)
- Continental (todo el continente).
- Intercontinental (incluye países de varios continentes).
- Global (el estudio es a nivel global).

**E. ¿Cuál(es) ambiente(s) se estudian y mencionan en el artículo?**

Tipo: lista controlada.

- Terrestre.
- Dulceacuícola.
- Marino.
- Costero.

**F. ¿Qué grupos biológicos son trabajados?**

Tipo: lista controlada.

- Anfibios.
- Aves.
- Peces.
- Hongos.
- Invertebrados.
- Mamíferos.
- Plantas.
- Reptiles.
- Bacterias.
- Fitoplancton.
- Otros microorganismos.
- No especificado.

**G. Categorías de impacto del cambio climático en la biodiversidad**

Tipo: Lista controlada.

- Individuo—genético. Fisiología, fenología y rasgos; tolerancias térmicas/hídricas; variación genética y adaptación rápida.
- Poblaciones. Abundancia, tasas vitales (supervivencia, fecundidad), estructura por edades/sexos, dinámica de metapoblaciones y extinciones locales, Desplazamientos latitudinales/altitudinales, contracciones/expansiones de rango, cambios de nicho y riesgo de extinción.
- Comunidades. Reensamblajes, cambios en dominancia, invasiones biológicas favorecidas por el clima; diversidad alfa/beta/funcional/filogenética.
- Ecosistemas, procesos e interacciones. Estructura del hábitat y flujo de energía; productividad primaria, descomposición, ciclos C–N–P; suelo y microbioma (almacenamiento de C, funciones enzimáticas), Depredación, competencia, parasitismo, mutualismos (p. ej., planta–polinizador), desfases fenológicos y cascadas tróficas.

- Biomas y biosfera. Retroalimentaciones. Cambios de biomas (savanización, desertificación, tropicalización marina), regímenes de incendios, albedo y balance global de carbono.
- Funciones y servicios ecosistémicos. Polinización, regulación hídrica y climática, pesca, protección costera y valores culturales.

#### **H. ¿Cuál es el diseño de estudio?**

Tipo: lista controlada.

- Experimento de laboratorio o campo.
- Observación y recolecta de datos en campo.
- Grupo focal o taller participativo.
- Análisis de indicadores o datos.
- Entrevista.
- Modelado o simulación.
- Encuesta.
- Síntesis.

#### **I. ¿Cuál es la base de la información?**

Tipo: lista controlada.

- Directa.
- Indirecta.
- Mixta.

#### **J. Si la base de la información es directa o mixta, nombrar los indicadores o variables utilizados.**

Tipo: texto

#### **K. Si la base es indirecta o mixta, proporcionar más información sobre los elementos indirectos utilizados para describir la interacción.**

Tipo: texto

#### **L. ¿Cuál es el tipo de los datos e información usados?**

Tipo: lista controlada.

- Cuantitativa.
- Cualitativa.
- Mixta.

#### **M. Calificar la solidez de la evidencia en una escala del 1 (débil) al 5 (fuerte).**



Tipo: lista controlada.

1. Evidencia muy débil. Opiniones de experto o actor clave sin datos o estudios de respaldo.
2. Evidencia débil. Existe una sola observación, experimento, modelado, participación limitada de actores clave, análisis de indicadores o revisión de literatura. No hay otros estudios de respaldo.
3. Evidencia razonable. Existen observaciones, experimentos, modelado, análisis de indicadores o revisión de literatura y éstas son respaldadas por el conocimiento de actores clave y otros estudios de respaldo.
4. Evidencia fuerte. Existen múltiples observaciones, experimentos bien diseñados, modelado, análisis de indicadores o revisión sistemática de literatura; con hipótesis y conclusiones bien respaldadas por el conocimiento de actores clave y otros estudios.
5. Evidencia muy fuerte. Existe investigación empírica bien diseñada y en síntesis de conocimiento (revisión sistemática, meta-análisis). Esto es respaldado por el conocimiento de actores clave u otros estudios.

**N. ¿Cuáles son las variables climáticas específicas trabajadas en el artículo?**

Tipo: texto literal.

**O. ¿Cuáles son las métricas medidas u obtenidas de biodiversidad o ecosistemas o ambientes mencionadas en el trabajo?**

Tipo: texto literal.

**P. ¿Cuál(es) tipo(s) de mecanismo de acción antrópica se identifican frente al cambio climático?**

Tipo: lista controlada.

- Mitigación.
- Adaptación.
- No especificado.

**Q. ¿Cuál es el submecanismo de acción antrópica se identifican frente al cambio climático?**

Tipo: Lista controlada.

- Mitigación:
  - Restauración ecológica.
  - Secuestro/almacenamiento de carbono.
  - Reducción de emisiones.
  - Gestión azul (manglares/pastos marinos).
  - Rehúmedación/restauración de turberas (sumidero de carbono).
  - Manejo forestal.
- Adaptación:

- Migración asistida de genotipos preadaptados.
  - Gestión eficiente del agua.
  - Diversificación de cultivos.
  - Protección costera.
  - Soluciones basadas en la naturaleza.
  - Sistemas de alerta temprana.
  - Cultivos resistentes al clima.
  - Manejo forestal.
  - Planificación de resiliencia urbana.
  - Infraestructura resiliente.
  - Diversificación de medios de vida.
  - Conservación de suelos.
  - Control de incendios.
  - Corredores ecológicos.
- No especificado.

**R. ¿Cuál es la descripción textual del mecanismo?**

Tipo: texto.

**S. ¿Se reportan vulnerabilidades de la biodiversidad o de los ecosistemas o el ambiente frente al cambio climático?**

Tipo: valor Sí, No.

**T. Tipo o componente de la vulnerabilidad de la biodiversidad o de los ecosistemas o ambientes reportados frente al cambio climático.**

Tipo: lista controlada.

- Aislamiento poblacional.
- Alto conflicto humano-fauna.
- Baja capacidad adaptativa.
- Baja diversidad genética.
- Baja redundancia funcional.
- Barreras al movimiento (infraestructura/uso del suelo).
- Blanqueamiento coralino (dependencia de zooxantelas).
- Capacidad de dispersión limitada.
- Conectividad ecológica baja.
- Cul-de-sac altitudinal (tope de montaña).
- Dependencia de manejo humano tradicional.

- Dependencia de mutualismos frágiles.
- Dependencia de nieve/hielo/permafrost.
- Dependencia de pulsos de inundación.
- Dependencia de régimen hídrico natural (caudales/hidroperiodo).
- Endemismo/insularidad alta.
- Endogamia/consanguinidad.
- Enfermedad/parasitosis.
- Especificidad de hábitat.
- Exposición.
- Fragmentación del hábitat.
- Generaciones largas / madurez tardía.
- Margen térmico estrecho / baja tolerancia térmica.
- Migración obligatoria.
- Nicho climático estrecho.
- Pérdida de refugios/microhábitats.
- Rango geográfico restringido.
- Rareza funcional/taxonómica.
- Sensibilidad.
- Sensibilidad a acidificación (pH).
- Sensibilidad a acidificación oceánica.
- Sensibilidad a cambios de surgencia (upwelling).
- Sensibilidad a cambios en régimen de incendios.
- Sensibilidad a erosión/deslizamientos.
- Sensibilidad a hipoxia/anoxia.
- Sensibilidad a inundaciones.
- Sensibilidad a olas de calor marinas.
- Sensibilidad a olas de calor/frío.
- Sensibilidad a salinidad.
- Sensibilidad a sedimentación/turbidez.
- Sensibilidad a sequía/estrés hídrico.
- Sensibilidad a tormentas/ciclones/oleaje extremo.
- Susceptibilidad a sobreexplotación.
- Trampas ecológicas.
- Vulnerabilidad a especies invasoras.
- Zonas costeras de baja elevación.

**U. ¿Qué medida o índice de vulnerabilidad se reporta en el trabajo?**

Tipo: texto literal.

**V. Describa el detalle de la(s) vulnerabilidad(es) reportadas**

Tipo: texto de 1–5 frases.

**W. ¿Qué tipo de Enfoque o estrategia de intervención humana frente al cambio climático se describe en el texto?**

Tipo: texto de 1–5 frases.

**X. Seleccionar los otros motores de cambio diferentes del cambio climático trabajados en el documento y la direccionalidad del impacto sobre la biodiversidad de la siguiente manera: positivo, negativo, mixto.**

Tipo: lista controlada con formato.

Los motores de cambio permitidos son:

- Uso del suelo (Por ejemplo: deforestación, expansión frontera agrícola, etc.).
- Uso del mar (Por ejemplo: pesca, acuicultura, etc.).
- Explotación directa (Por ejemplo: caza, tala ilegal, etc.).
- Especies exóticas invasoras.
- Contaminación (Por ejemplo: del agua, del aire, del suelo, etc.).
- Demográfico (Por ejemplo: crecimiento poblacional, migración, etc.).
- Económico (Por ejemplo: mercados, modelos de producción, etc.).
- Políticas, instituciones y gobernanza (Por ejemplo: leyes, marcos regulatorios, etc.).
- Sociocultural (Por ejemplo: prácticas culturales, etc.).
- Tecnológico (Por ejemplo: nuevas tecnologías, innovaciones, etc.).
- Conflicto (Por ejemplo: sociales, armados, etc.).
- Salud.

**4.5.3. Formulario pregunta 3****A. Identificador del registro (ID)**

Tipo: numérico.

**B. ¿Cuál es la referencia del artículo?**

Tipo: texto.

**C. ¿Cuál(es) es/son lo(s) país(es) incluidos del estudio?**

Tipo: texto literal (permitidos múltiples).

**D. ¿Cuál(es) es/son el(los) continente(s) incluidos del estudio?**

Tipo: texto.

**E. ¿Cuál es la escala geográfica del estudio?**

Tipo: lista controlada.

- Local (parcela, finca, microcuenca, ciudad, etc. Hasta el tercer nivel político administrativo de cada país. Por ejemplo: municipio).
- Subnacional (entre el tercer y segundo nivel político administrativo de cada país). También si se refiere a regiones naturales de un solo país.
- Nacional (país).
- Subcontinental (entre lo nacional y lo continental. Por ejemplo: cuenca amazónica, Cono Sur, región andina. Si incluye varios países).
- Continental (todo el continente).
- Intercontinental (incluye países de Suramérica y de otros continentes).
- Global (el estudio es a nivel global).

**F. ¿Cuál(es) ambiente(s) se estudian y mencionan en el artículo?**

Tipo: lista controlada.

- Terrestre
- Dulceacuícola
- Marino
- Costero

**G. ¿Qué ecosistemas o hábitats vulnerables son reportados en el trabajo?**

Tipo: texto.

**H. ¿Qué especies amenazadas son reportadas en el trabajo?**

Tipo: texto.

**I. Categoría UICN, CITES o similar reportada**

Tipo: Solo valores de la lista controlada tomadas del trabajo.

- EX – Extinta.
- EW – Extinta en Estado Silvestre.
- CR – En Peligro Crítico (amenazada).
- EN – En Peligro (amenazada).
- VU – Vulnerable (amenazada).
- NT – Casi Amenazada.
- LC – Preocupación Menor.
- DD – Datos Insuficientes.

- NE – No Evaluada.
- Apéndice cites. Especificar el apéndice CITES.
- Otros.

**J. ¿Cuál es el diseño de estudio?**

Tipo: lista controlada.

- Experimento de laboratorio o campo.
- Observación y recolecta de datos en campo.
- Grupo focal o taller participativo.
- Análisis de indicadores o datos.
- Entrevista.
- Modelado o simulación.
- Encuesta.
- Síntesis.

**K. ¿Cuál es la base de la información?**

Tipo: lista controlada.

- Directa.
- Indirecta.
- Mixta.

**L. Si la base de la información es directa o mixta, nombrar los indicadores o variables utilizados.**

Tipo: texto

**M. Si la base es indirecta o mixta, proporcionar más información sobre los elementos indirectos utilizados para describir la interacción.**

Tipo: texto.

**N. ¿Cuál es el tipo de los datos e información usada?**

Tipo: lista controlada.

- Cuantitativa.
- Cualitativa.
- Mixta.

**O. Calificar la solidez de la evidencia en una escala del 1 (débil) al 5 (fuerte).**

Tipo: lista controlada.

1. Evidencia muy débil. Opiniones de experto o actor clave sin datos o estudios de respaldo.
  2. Evidencia débil. Existe una sola observación, experimento, modelado, participación limitada de actores clave, análisis de indicadores o revisión de literatura. No hay otros estudios de respaldo.
  3. Evidencia razonable. Existen observaciones, experimentos, modelado, análisis de indicadores o revisión de literatura y éstas son respaldadas por el conocimiento de actores clave y otros estudios de respaldo.
  4. Evidencia fuerte. Existen múltiples observaciones, experimentos bien diseñados, modelado, análisis de indicadores o revisión sistemática de literatura; con hipótesis y conclusiones bien respaldadas por el conocimiento de actores clave y otros estudios.
  5. Evidencia muy fuerte. Existe investigación empírica bien diseñada y en síntesis de conocimiento (revisión sistemática, meta-análisis). Esto es respaldado por el conocimiento de actores clave u otros estudios.
- Ejemplo: "3. evidencia muy débil".

Candado: solo se pueden agregar valores de la lista controlada.

**P. Nombrar ventajas en la dimensión ecológica reportadas de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.**

Tipo: Texto tomado literal del trabajo analizado.

**Q. Detallar las ventajas enumeradas en el trabajo.**

Tipo: texto.

**R. Nombrar el tipo de enfoque inclusivo o diferencial expuesto en el trabajo.**

Tipo: texto.

**S. Detallar el tipo de enfoque inclusivo o diferencial expuesto en el trabajo nombrados.**

Tipo: texto.

## 5. Resultados

Los datos extraídos para cada una de las preguntas pueden encontrarse en el Anexo 4.

### 5.1. Resultados pregunta 1.

- Pregunta 1: ¿Cuál es el vínculo entre biodiversidad y cambio climático y cuáles son los patrones geográficos, ecosistémicos y taxonómicos reportados de esta relación en Suramérica?

#### 5.1.1. Patrones generales

El 97% de los trabajos encontrados (122) para la pregunta 1 reportan que el cambio climático es el factor que influencia a la biodiversidad en Suramérica directa o indirectamente. Cerca del 2% de los estudios reportan que la biodiversidad es el factor que influencia directa o indirectamente al cambio climático o sus efectos. El restante porcentaje (cerca del 1%), está representado por estudios que reportan que los dos factores o sus efectos se influyen mutuamente.

De los 118 trabajos que reportan que el cambio climático es el factor influenciador, 61 (52%) reportan que esta influencia es negativa, 48 (41%) tienen efectos mixtos, 3 (3%) reportan efecto positivo y 1 trabajo reporta efectos nulos (menos del 1%). El 5 (4%) de los trabajos no reportan o no evaluaron claramente la dirección del efecto. La dirección del efecto cuando la biodiversidad es el factor influenciador se divide entre mixto y positivo (menos del 1% sumados ambos). Cuando el factor influenciador es tanto la biodiversidad como el cambio climático el efecto resultó ser mixto (cerca del 2%).

El 34% de los 122 trabajos reportaron un impacto sustancial del factor influenciador, un 30% una magnitud de impacto moderado, un 20% entre moderado y sustancial y un 7% no pudo ser clasificado por no tener evidencia clara sobre la magnitud del impacto. El resto del porcentaje incluye valores de entre leve y nulo para la magnitud del impacto.

En cuanto al tipo de información más usada en los estudios, esta fue del tipo cuantitativa con 90% del total de los estudios, seguida por información de tipo mixta (7%) y información cualitativa (3%). En cuanto a la base de la información usada, la más común fue la del tipo indirecta (43%), después la información de tipo directa (41%) y los estudios que combinan información de tipo directa e indirecta (38%).

El 61% de los trabajos fueron clasificados como con evidencia fuerte por la solidez de su información, seguidos de estudios con evidencia razonable (26%) y estudios con evidencia muy fuerte (10%). El porcentaje restante se distribuye en trabajos con evidencia moderada y débil.



En 84 de los 122 trabajos encontrados se reportan otros motores de cambio que tienen efectos conjuntos con el cambio climático sobre la biodiversidad. En general, los motores de cambio encontrados en conjunción con el cambio climático y que afectan la biodiversidad lo hacen de manera negativa (95%), seguido por aquellos con efectos mixtos (3,6%) y aquellos con efectos positivos (1%). Entre dichos motores de cambio con efecto negativos se resalta el del uso del suelo (50%), seguido de lejos por la explotación directa de recursos naturales (12%), la contaminación (11%), el uso del mar (11%) y las especies exóticas e invasoras (9%). Los demás motores se encuentran en un porcentaje cercano al 1%. Efectos positivos o mixtos de dichos motores de cambio son escasos en la literatura encontrada con valores cercanos al 5% en suma (Tabla 7).

Tabla 7. Otros motores de cambio reportados en Suramérica por presentar efectos conjuntos con el cambio climático sobre la biodiversidad y su dirección del efecto.

<b>Motor de cambio</b>	<b>Dirección efecto</b>	<b>Número de trabajos</b>
Uso del suelo	Negativo	42
Explotación directa	Negativo	10
Contaminación	Negativo	9
Uso del mar	Negativo	9
Especies exóticas invasoras	Negativo	8
Uso del suelo	Mixto	2
Económico	Negativo	1
Políticas, instituciones y gobernanza	Negativo	1
Sociocultural	Mixto	1
Uso del suelo	Positivo	1
<b>Total</b>		<b>84</b>

La mayoría de los trabajos usaron 2 métodos para el diseño experimental (45%), seguido de 1 método (34%), 3 métodos (20%) y 4 más métodos (1%). El método más usado en las investigaciones como método único o en complemento con otros métodos fue el de análisis de indicadores o datos (77 trabajos), seguido por modelado o simulación (67) y por observación y recolecta de datos en campo (54). En un porcentaje mucho menor se encontraron metodologías que involucran los experimentos de laboratorio o campo (16), los estudios de síntesis (15) y por último estudios que usan las entrevistas (1) (Figura 1).

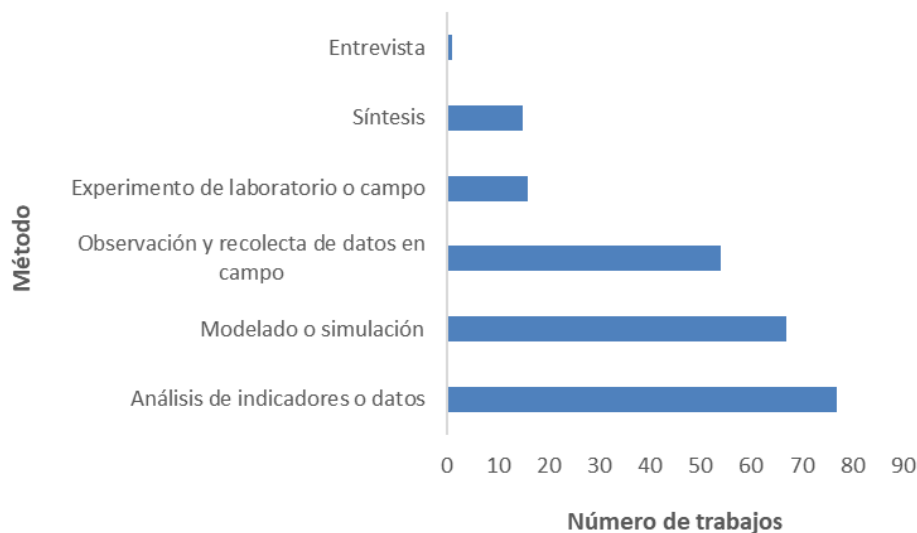


Figura 1. Trabajos encontrados por método de investigación. Cada trabajo podía mencionar uno o más métodos.

Los trabajos incluidos en el análisis de la pregunta 1 fueron realizados en su mayoría en 1 país (80%), seguido de estudios en 4 o más países (7%), 2 países (5%) y 3 países (2%). En un porcentaje menor de trabajos no fue posible determinar el o los países con exactitud (5%). Por otro lado, los resultados encontrados apuntan a que los artículos científicos que abordan temas relacionados con la relación entre cambio climático y biodiversidad están concentrados en Brasil (35%). En otro nivel se encontró a Argentina (11%), Chile (9%) y Perú con el 8 (%). Países como Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela están entre el 5% y el 6%. Los demás países de Suramérica están entre el 1% y el 3% (Figura 2).

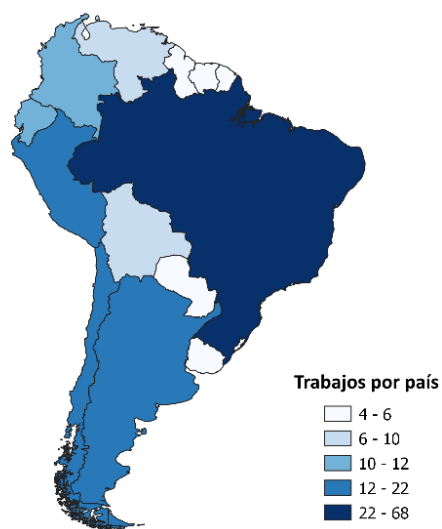


Figura 2. Trabajos encontrados por país de Suramérica que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad. Cada trabajo podía mencionar uno o más países.

Se observó una clara concentración de estudios en escalas dentro de las fronteras de un país. Los niveles subnacionales y local concentraron el mayor porcentaje con 69%. Al ampliar la cobertura geográfica, el número de trabajos encontrados son más escasos (Figura 3).

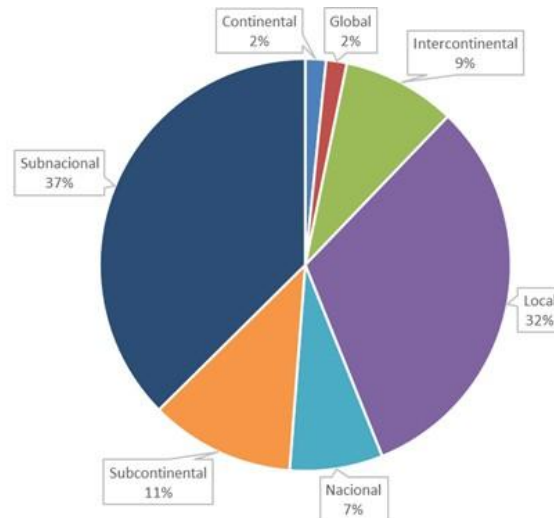


Figura 3. Trabajos encontrados por escala geográfica que abordan temas relacionados con la relación entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica.

El 93% de los artículos reportaron trabajos en 1 ambiente, mientras que el 6% 2 ambientes y tan solo el 1% en 3 ambientes. Los trabajos recuperados se concentraron en ambientes terrestres (60%). El resto de los ambientes se encontraron en un porcentaje menor entre 15% y 11% (Figura 4).

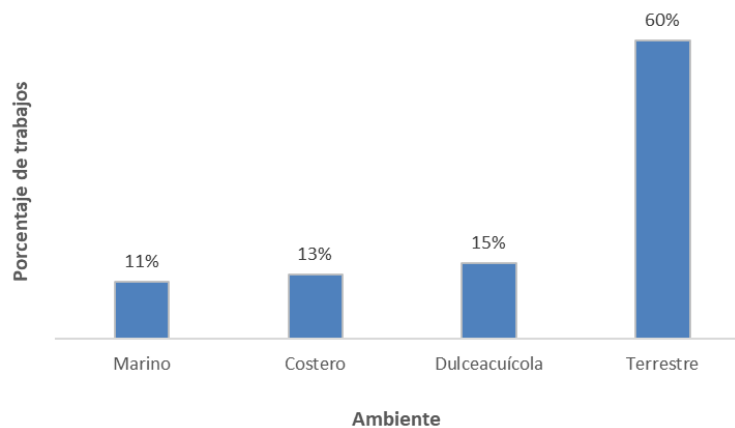


Figura 4. Trabajos encontrados por ambiente que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más ambientes.

La gran mayoría de trabajos limita sus análisis a 1 región biogeográfica o bioma (74%). En otro nivel se encuentran los trabajos que reportan 2 (13%), 3 (5%) y 4 o más regiones (4%). El restante 4% corresponde a trabajos que no mencionaron ninguna región biogeográfica directa o indirectamente.

El Bosque Atlántico fue la región biogeográfica o bioma con más trabajos encontrados (14%), seguido del Océano Atlántico de Suramérica (11%), los Andes Tropicales (10%), la Amazonía (10%) y la Caatinga (10%). En un nivel medio aparecen las regiones del Cerrado (8%) y la Pampa (6%), los Andes Australes, el Océano Pacífico de Suramérica y la Patagonia cada uno con el 5%. Otras regiones o biomas estuvieron representados entre el 3% y el 1%. Algunos artículos no reportaron regiones o específicos biomas (3%) o reportan regiones amplias incluidas total o parcialmente en Suramérica, la región Neotrópico o toda Suramérica ambos con el 1% (Figura 5).

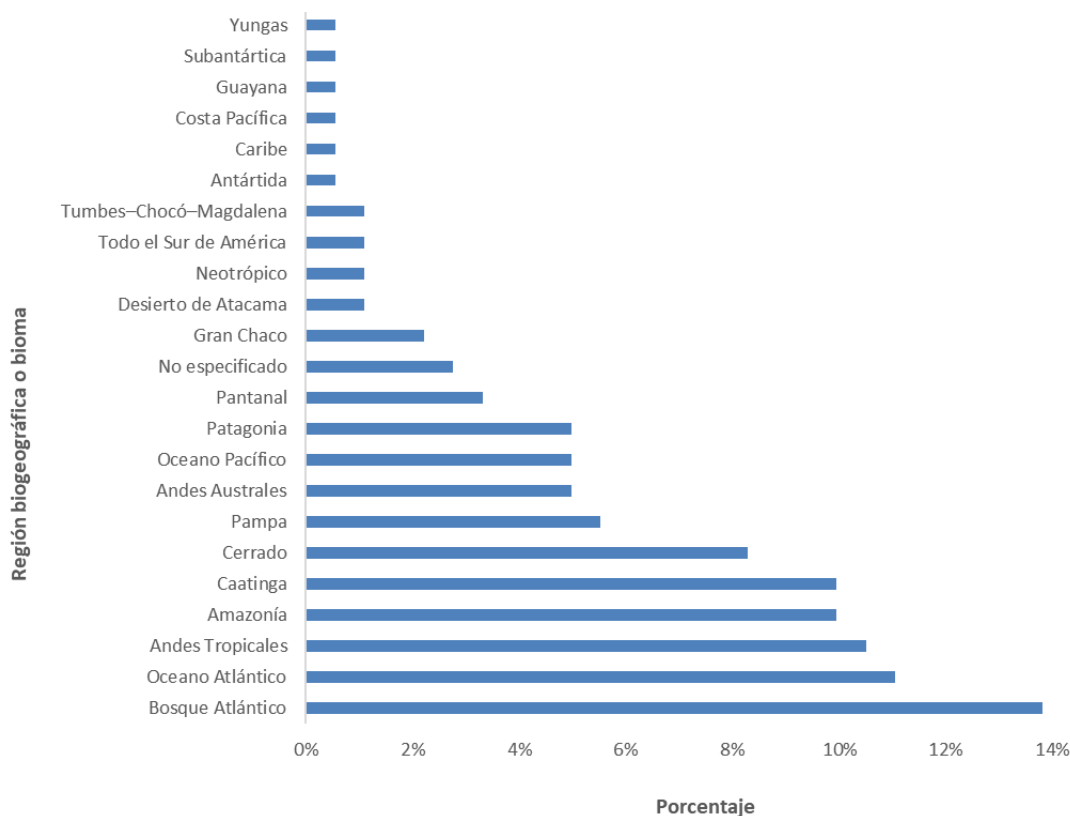


Figura 5. Trabajos encontrados por región biogeográfica o bioma que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar una o más regiones biogeográficas o biomas.

El 88% de los trabajos encontrados reportó 1 ecosistema o similar, el 9% 2 ecosistemas y el 2% 3 ecosistemas. Para el restante 3% de los trabajos no fue posible establecer el ecosistema. El bosque húmedo tropical fue el ecosistema o similar más reportado (18%), los sistemas de agua dulce (10%) y los matorrales xéricos tropicales (9%); en un segundo escalón aparecen sabanas tropicales (6%) y bosque montano andino (5%).

La representación costera y marina es mucho menor, con estuarios y deltas (4%), playas arenosas (4%) y la plataforma marina del este de Brasil (4%). Ecosistemas marinos de regiones como la Corriente de Humboldt (3%), plataformas del sur y norte de Brasil (2% cada una) no son tan comunes dentro de los estudios encontrados. Lo mismo sucede con ecosistemas de alta montaña o zonas áridas que se reportan de manera marginal, por ejemplo, en el páramo (1%), desierto subtropical (1%), estepa patagónica (1), superpáramo (1%), puna (1%) y ecosistemas netamente urbanos (1%) (Figura 6.).

Para algunos trabajos no fue posible determinar los ecosistemas concretos y se clasificaron como múltiples ecosistemas terrestres (11%), múltiples ecosistemas costeros y marinos (2%) entre otros. El 3% de los trabajos no reportaba claramente el tipo de ecosistema o similar (Figura 6.).

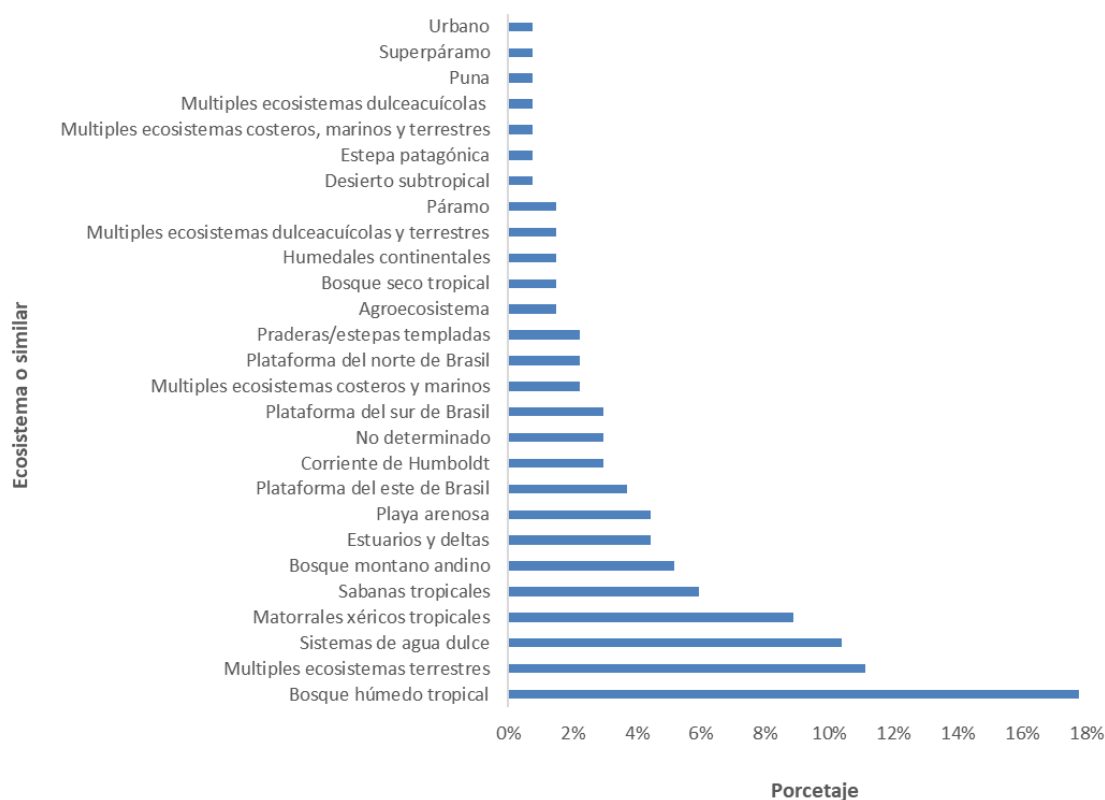


Figura 6. Trabajos encontrados por ecosistema o similar que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más ecosistemas o similares.

El 76% de los trabajos usaron como modelo biológico 1 solo grupo biológico, 14% 2 grupos, 5% 3 grupos y 2% 4 o más grupos. El restante 3% corresponde a trabajos que no reportan claramente el grupo biológico trabajado. Cuando los grupos biológicos son agregados en grandes grupos, el grupo dominante en los estudios para Suramérica es el de animales sobre las plantas y otros grupos (Figura 7).

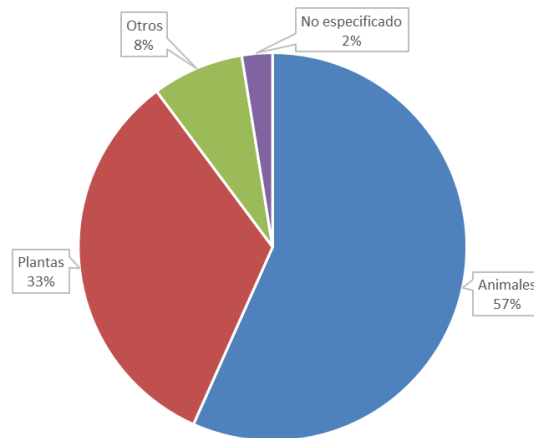


Figura 7. Trabajos encontrados por grupo biológico agregado que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más grupos biológicos.

Cuando los grupos de animales y otros grupos se desagregan, se ve una distribución equitativa entre los invertebrados (28%) y los vertebrados (29%). Dentro de los vertebrados los grupos de peces y mamíferos ambos con 8%, están mejor representado que las aves (6%), reptiles (5%) y anfibios (1%). Fuera del grupo de los animales, las plantas están representadas en un 33% de los trabajos y otros grupos de organismos están presentes en un rango que oscila entre un 6% y 1% de los trabajos (Figura 8).

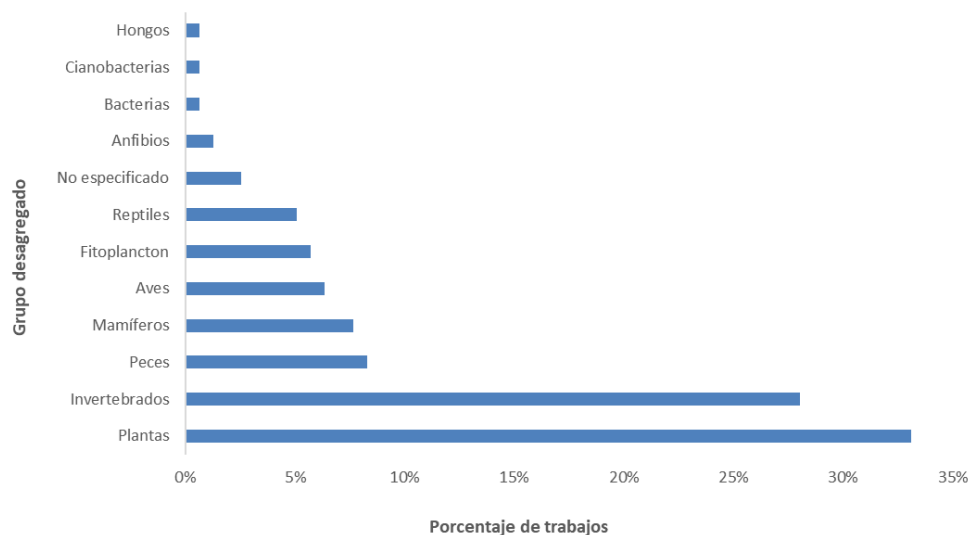


Figura 8. Trabajos encontrados por grupo biológico desagregado que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar uno o más grupos biológicos.

Para la categoría de impacto sobre la biodiversidad 23 trabajos reportan solo una categoría, 54 reportan 2 categorías y 45 tres categorías. La categoría de impacto sobre la biodiversidad más frecuentemente encontrada en el grupo de

trabajos recopilados es la de comunidades (67), seguida por procesos e interacciones (49), ecosistemas (49), poblaciones (43) e individuo-genético (30). Otros niveles con representación media bajo son biomas y biosfera (19) y funciones y servicios ecosistémicos (9) (Figura 9).

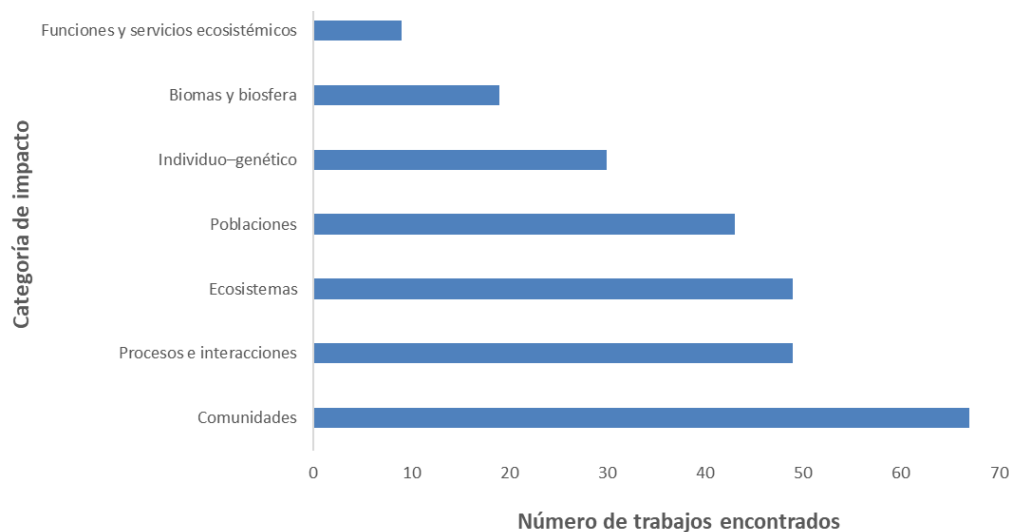


Figura 9. Trabajos encontrados por categoría de impacto sobre la biodiversidad que abordan temas relacionados con el vínculo entre cambio climático y biodiversidad en Suramérica. Cada trabajo podía mencionar una o varias categorías de impacto.

### 5.1.2. Vínculo entre el cambio climático y la biodiversidad por patrones geográficos

En general, al explorar la dirección de efecto del cambio climático sobre la biodiversidad por país en Suramérica, es evidente que los efectos de tipo negativo y mixto (negativos + positivos) son predominantes. Los estudios recuperados muestran que el porcentaje de efectos mixtos tiene un rango de entre el 75% a 25%, mientras que para los efectos negativos el rango porcentual está entre el 60% y el 25%. El rango porcentual de efectos positivos y nulos no supera 17% y el cero por ciento es muy frecuente (Figura 10).

Los países con mayor porcentaje de efectos negativos son Argentina (55%), Bolivia (56%), Brasil (52%), Colombia (50%), Venezuela (50%) y Perú (43%). El porcentaje de efectos mixtos es alto en Surinam (75%), Guyana (75%), Guayana Francesa (60%), Uruguay (50%) y Paraguay (50%).

Los efectos positivos se encuentran en porcentajes muy bajos, dichos efectos se pueden ver en países asociados a la cordillera de los Andes como Perú (14%), Venezuela (10%), Ecuador (8%), Colombia (8%), Chile (65%) y Argentina (5%) aunque como se puede ver con porcentajes muy bajos. La dirección del efecto nulo es escasa también, solo aparece en Uruguay (16%) y Brasil (2%). Algunos estudios no evaluaron directamente la dirección del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad para los países de Colombia (17%), Ecuador (8%), Venezuela (10%), Perú (7%),

Chile (6%) y Brasil (2%). Además, en varios estudios no fue especificado claramente el país del estudio (No especificado). En este tipo de trabajos, predominan los efectos negativos (60%) sobre los mixtos (40%) (Figura 10).

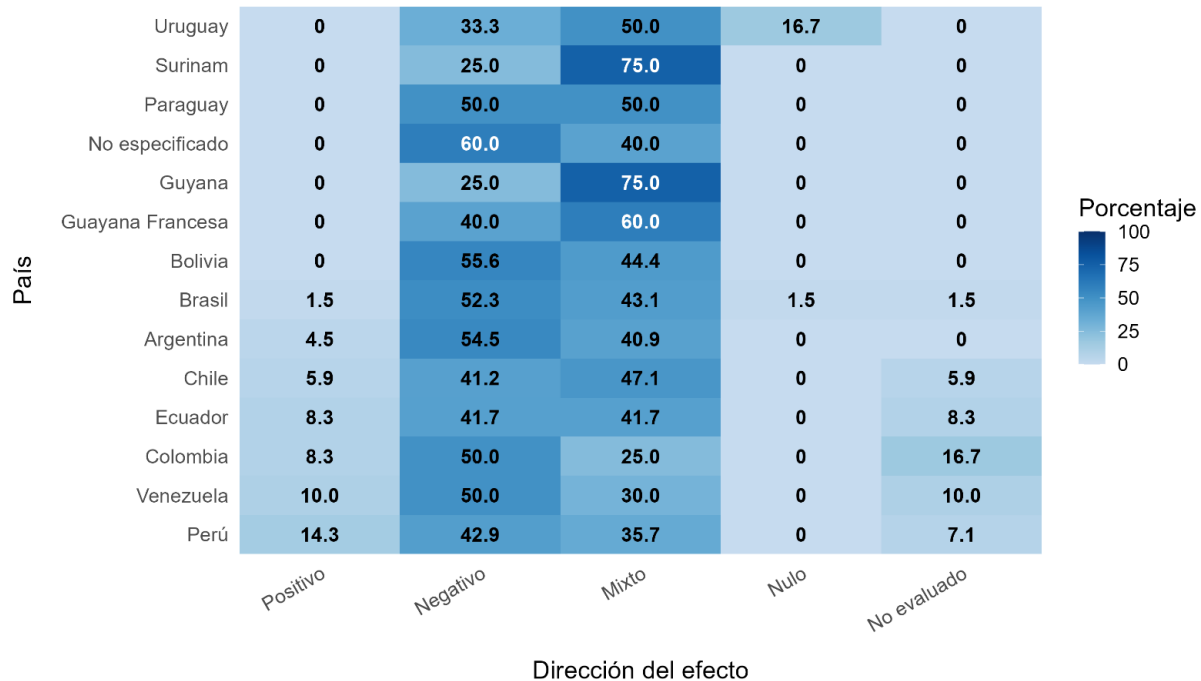


Figura 10. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por país de Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

En cuanto a la magnitud del impacto, cuando el clima actúa como factor influyente sobre la biodiversidad, esta magnitud se concentra entre nivel moderado, nivel sustancial y nivel entre moderado y sustancial. Los países con mayor porcentaje de estudios que reportan la magnitud del impacto como sustancial son: Paraguay (67%), Bolivia (56%), Argentina (41%), Brasil (39%), Chile (35%), Venezuela (40%), Perú (36%) y Colombia (33%). Los países que resaltan por tener magnitud del impacto moderado son Guyana (50%); Surinam (50%), Guayana Francesa (40%) y Venezuela (40%). En la categoría entre moderado y sustancial destacan Guyana Francesa (40%) y Uruguay con (33%) (Figura 11).

Estudios que presentan datos de países con magnitudes de impacto en las categorías nulo, leve y entre leve y moderado son raros. Varios estudios no especificaron o no dejaron claro la magnitud del impacto (no es claro), países involucrados en estos estudios incluyen Colombia (17%), Bolivia (11%), Venezuela (10%), Ecuador (8%), Perú (7%), Chile (6%) y Brasil (5%) (Figura 11).



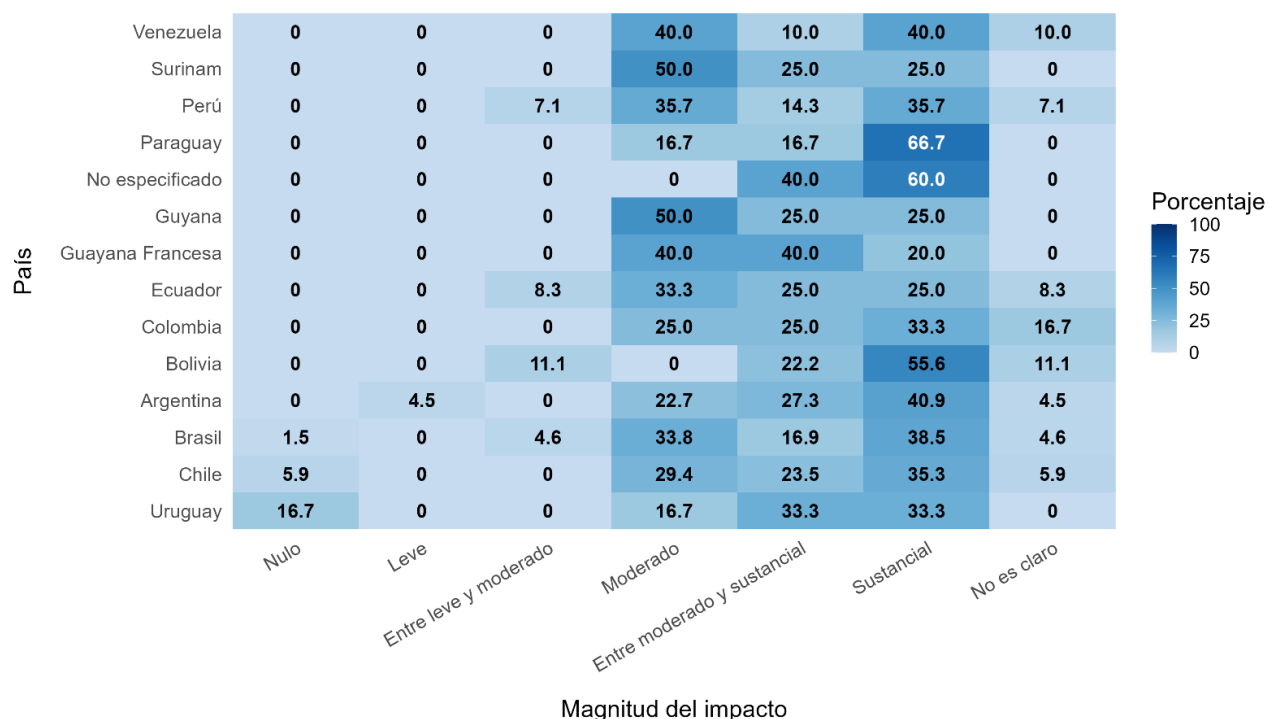


Figura 11. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por país de Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Cuando se relaciona la escala geográfica de los estudios encontrados con la dirección del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad se ve que los efectos mixtos predominan seguidos por los efectos de tipo negativos (Figura 12). Los efectos de tipo positivo y nulo son escasos y se presentan en bajos porcentajes. Dentro de los efectos mixtos, es evidente que en escalas amplias como la global y la continental los efectos son exclusivamente mixtos (100%), algo parecido, pero en menor proporción ocurre con el nivel nacional con un 91%. En el nivel intercontinental también predominan los efectos mixtos (55%), seguidos muy de cerca por los efectos negativos (42%).

En escalas más restringidas, como la subnacional y la local, los efectos negativos son más conspicuos (local 54%; subnacional 51%), lo mismo sucede con el nivel subcontinental (53%). Algunos efectos positivos residuales, menores que el 4%, se pueden ver en los niveles local, subnacional y subcontinental. Los efectos nulos solo se reportan para escala subcontinental (16%) y en los niveles subnacional (9%) y local (4%) hay algunos trabajos donde no fue evaluada la dirección del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad (Figura 12).

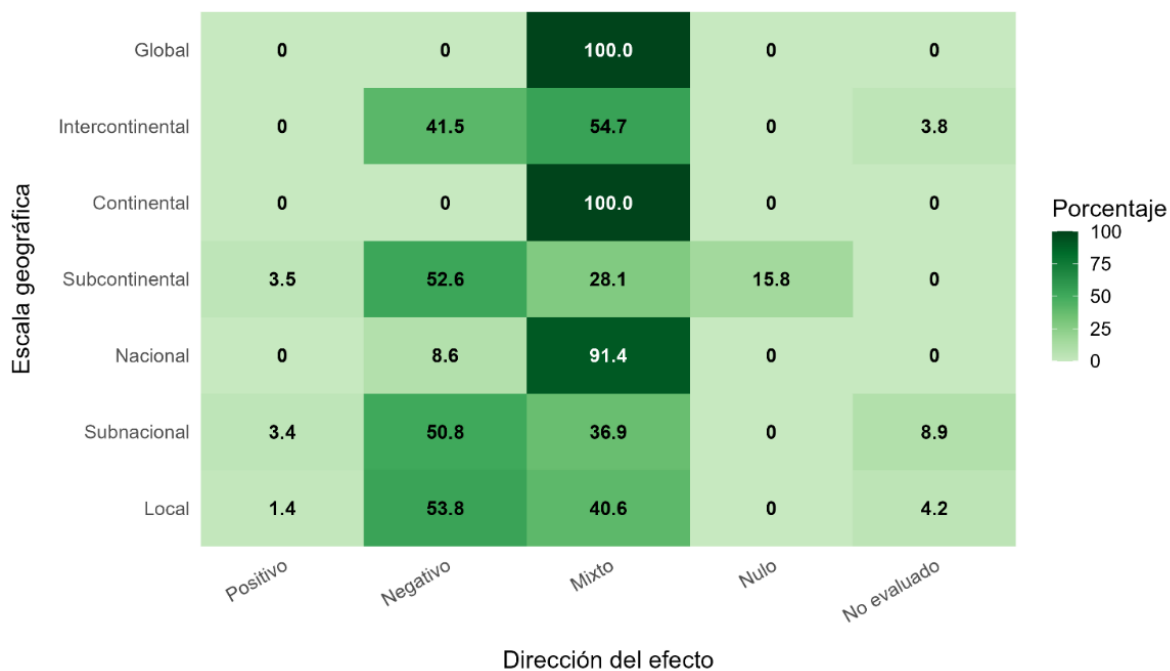


Figura 12. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por escala geográfica en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Al relacionar la escala reportada por los trabajos analizados con la magnitud del impacto, se ve que predominan los impactos de tipo moderado, entre moderado y sustancial y sustancial (Figura 13). Además, es evidente que a escala local predominan los impactos moderados (50%) seguido de los impactos entre moderado y sustancial (26%). Ya en los niveles nacional y subnacional son más abundantes los efectos de tipo sustanciales (43% y 37%, respectivamente).

Para los niveles subcontinental y continental se ve una predominancia de los impactos de tipo sustancial (41% y 88%, respectivamente). La escala intercontinental presenta valores que se concentran entre moderado y sustancial (45%) y moderado (26%). En la escala global casi todos los estudios reportan impactos entre leve y moderado (98%), con muy pocos en el nivel sustanciales (2%) (Figura 13).

Los impactos nulos o leves son poco frecuentes en las categorías. Estos efectos nulos se concentran en el nivel subcontinental (16%) y subnacional (3%). Algunos pocos estudios que no dejaron clara la magnitud del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad se pueden encontrar en las categorías subnacional (12%) e intercontinental (8%) (Figura 13).

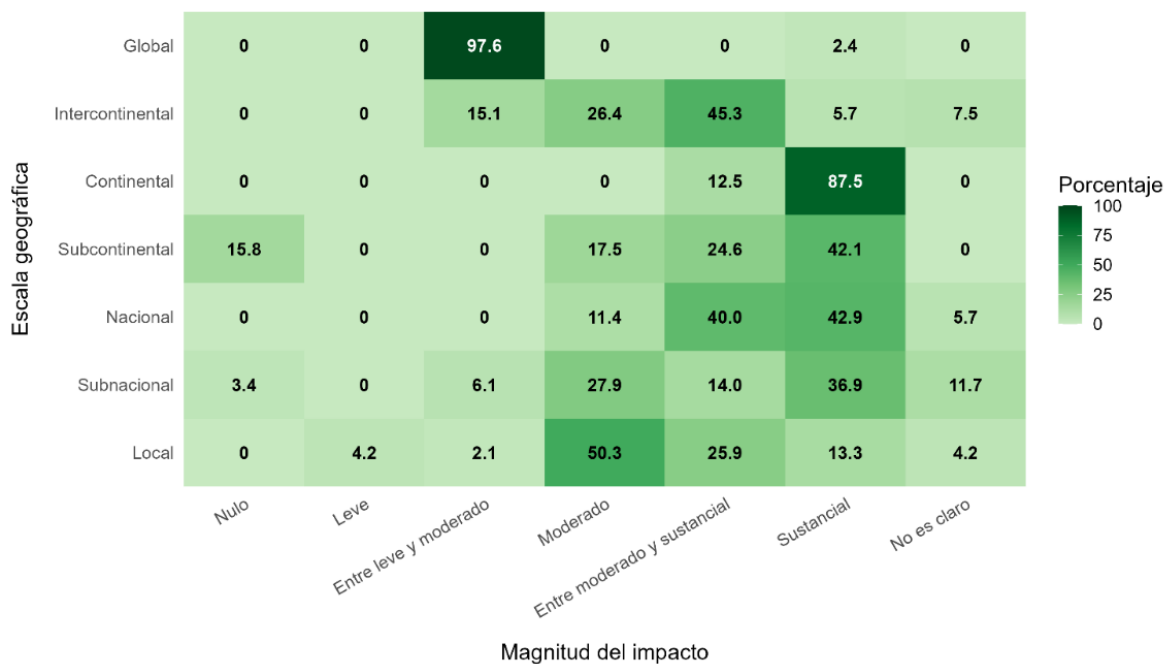


Figura 13. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por escala geográfica en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

### 5.1.3. Vínculo entre el cambio climático y la biodiversidad por patrones ecosistémicos

El análisis de la literatura disponible muestra que los efectos mixtos son dominantes en los ambientes marinos (67%), terrestres (57%) y dulceacuícolas (48%). El ambiente costero presenta la mayor proporción de efectos negativos (69%), seguido por el terrestre (39%) y el dulceacuícola (36%). Los efectos positivos son encontrados escasamente (entre 0% y 6%) y no son reportados en los ambientes marino y costero, los efectos de tipo nulos solo se reportan en ambientes dulceacuícola (10%). En algunos trabajos no se logró establecer una categoría para la dirección del efecto, por lo cual el valor no evaluado se puede encontrar en los ambientes marino (10%), costero (8%) y terrestre (4%) (Figura 14).

La magnitud del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad se concentra en los niveles entre moderado y sustancial (Figura 15). En el ambiente marino la categoría predominante de la magnitud del impacto es entre moderado y sustancial (47%) seguido por efectos del tipo moderado (24%). En el ambiente costero, los impactos moderados y entre moderado y sustancial son equivalentes (35% para cada uno) y los sustanciales alcanzan el 23%, sin casos nulos ni leves.

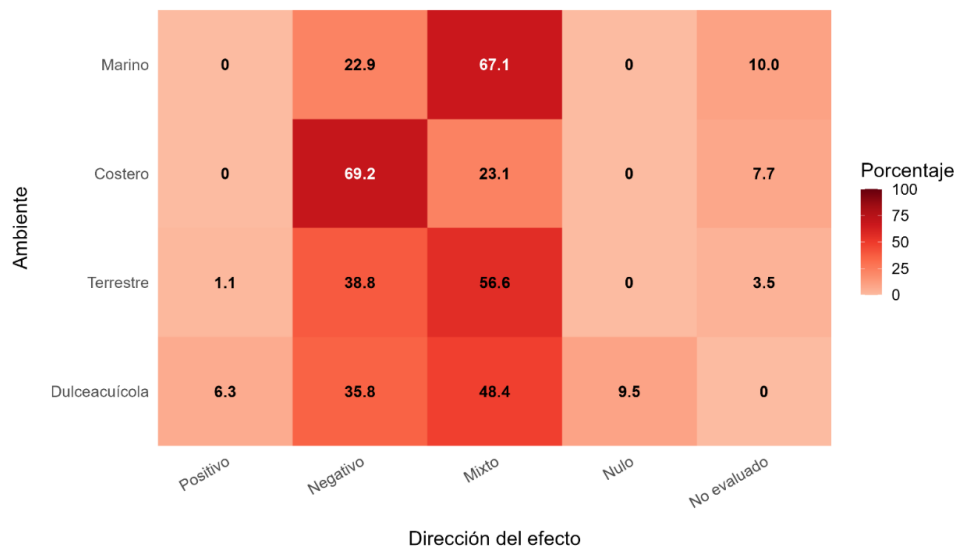


Figura 14. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ambiente en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

En el ambiente terrestre prevalecen los impactos sustanciales (37%), seguidos por los moderados (26%) y entre moderado y sustancial (20%). El ambiente dulceacuicola presenta los porcentajes más heterogéneos, con moderado como categoría más frecuente (28%) seguido de la categoría entre leve y moderado (21%), entre moderado y sustancial (19%) y leves (6%). Por último, los efectos de tipo sustancial son menores al 7% en todos los ambientes. Efectos de tipo nulo solo se presentaron en los ambientes terrestre (2%) y dulceacuicola (10%) (Figura 15).

El mapa de calor presentado en la Figura 16, muestra que predominan las respuestas mixtas en varias regiones. Regiones biogeográficas como Subantártica, Costa Pacífica, Guayana, Antártida muestran 100% de dirección del efecto mixto, que también están presentes en una alta proporción en regiones como la Pampa (94%), Gran Chaco (82%), Pantanal (71%), Cerrado (70%), Bosque Atlántico (62%) y Amazonía (56%). Por otro lado, los impactos de tipo negativo dominan en Yungas, Desierto de Atacama y Caribe (100% negativo para todos), y están en mayor proporción en el Océano Atlántico de Suramérica (65%), los Andes Tropicales (61%), la Caatinga (59%) y el Patagonia (63%).

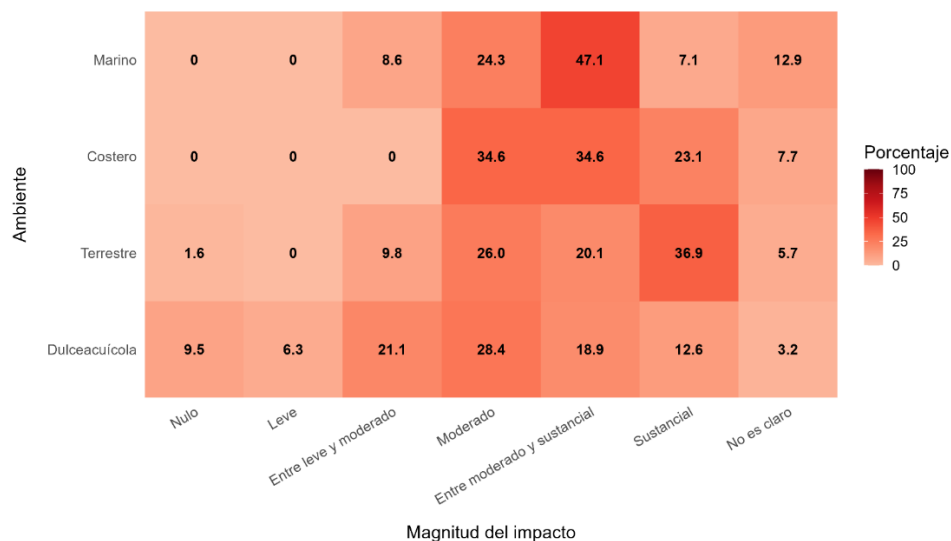


Figura 15. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ambiente en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Los efectos de tipo positivos del cambio climático sobre la biodiversidad no son tan comunes cuando se estudian los datos desde el punto de vista de región biogeográfica. Estos efectos están limitados a pocos estudios realizados en el Bosque Atlántico (4%), la Amazonía (4%) y la Caatinga (5%). Los efectos nulos se registran solo en Bosque Atlántico (11%) (Figura 16).

En las regiones Tumbes–Chocó–Magdalena (50%), Océano Pacífico de Suramérica (33%), Andes Australes (23%), Cerrado (10%) y Andes Tropicales (2%) varios trabajos no evaluaron claramente la dirección del efecto. Y varios trabajos no dejaron claro ni directa o indirectamente la región biogeográfica donde se realizaron los estudios. Además, En otros estudios se alude a métodos y resultados que incluyen parcial o totalmente regiones amplias como la región Neotropical o toda Suramérica.

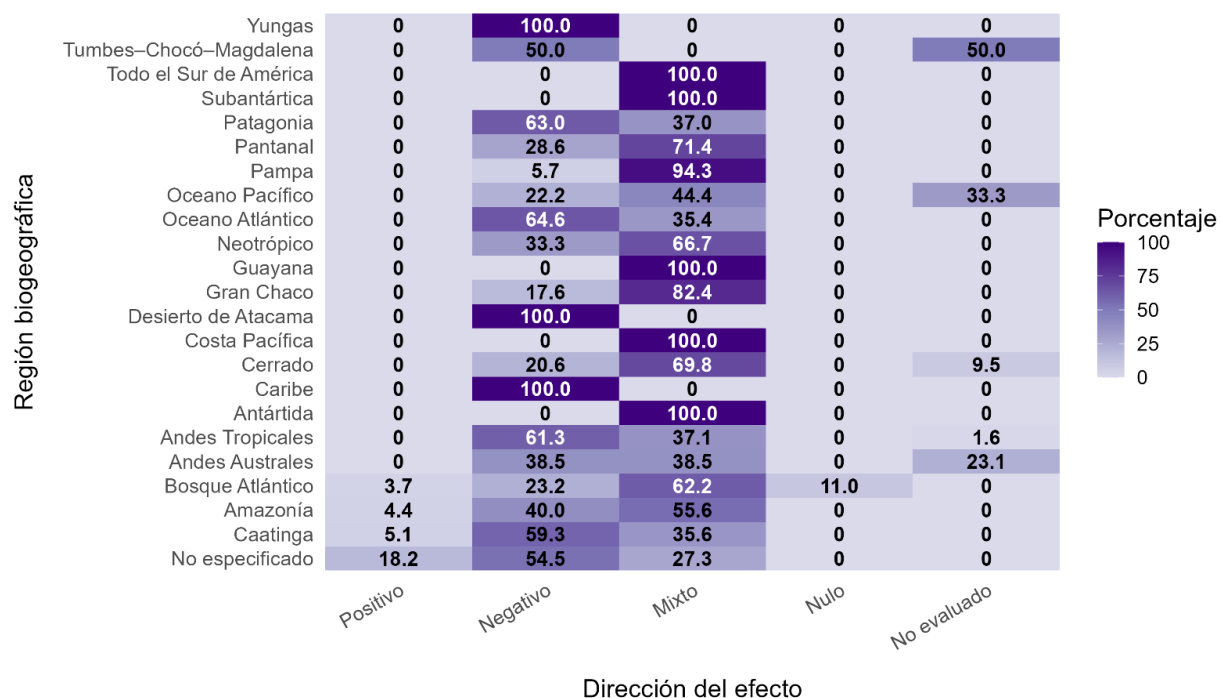


Figura 16. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por Región biogeográfica de Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático en el factor influyente sobre la biodiversidad.

En cuanto a la magnitud del impacto del cambio climático como factor influyente en la biodiversidad se evidencia que la magnitud de dicho impacto se concentra en las categorías moderado y sustancial en muchas de las regiones biogeográficas o similares (Figura 17). Dichos efectos con magnitud sustancial pueden ser encontrados principalmente en las regiones de Guayana (100%), Yungas (100%), Bosque Atlántico (49%), Cerrado (48%) y Desierto de Atacama (50%). En otras regiones como la Amazonía predominan los efectos entre moderados y sustanciales (44%), en los Andes Tropicales se destacan los efectos moderados (34%), entre moderado y sustancial y sustancial con cerca del 21% cada uno.

Los efectos moderados del cambio climático sobre la biodiversidad predominan en regiones como la región Caribe (100%), la Pampa (57%) y el Océano Atlántico de Suramérica (32% moderado y 32% entre moderado y sustancial). En la Costa Pacífica de Suramérica los efectos están en su totalidad en el nivel entre leve y moderado y en las regiones Antártida y Subantártica la magnitud del efecto está por completo en la categoría entre moderado y sustancial (Figura 17).

Los impactos nulos o leves son raros y se concentran en pocas regiones tales como la Patagonia (22% leve y 11% nulo), los Andes Australes (12% nulo) y el Bosque Atlántico (11% nulo). En algunas regiones la magnitud del impacto no fue evaluada con claridad en regiones como Tumbes-Chocó-Magdalena, Pantanal, Océano y Costa Pacífica de Suramérica, Andes Tropical y Australes y el Bosque Atlántico. Además, En otros estudios se alude a métodos y

resultados que incluyen parcial o totalmente regiones amplias como la región Neotropical o toda Suramérica, pero sin especificar la o las regiones de estudio (Figura 17).

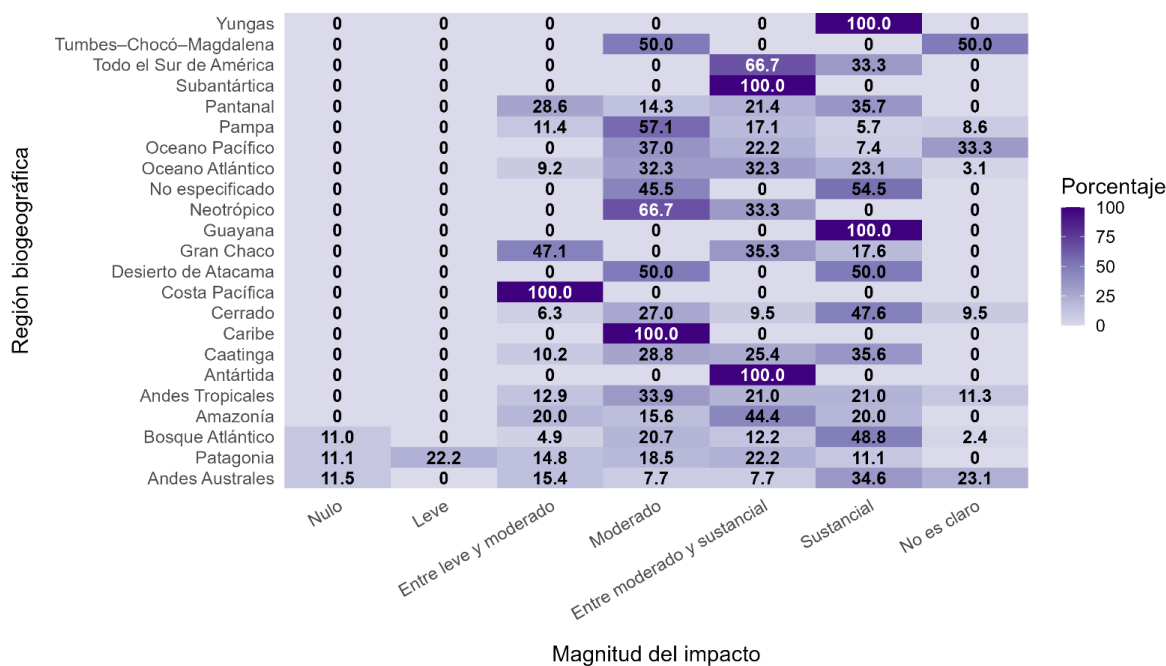


Figura 17. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por región biogeográfica o similar de Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Discriminando la dirección del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad por ecosistema, el mapa de calor de la Figura 18 evidencia que los efectos negativos o mixtos predominan en los ecosistemas, siendo muy pocos los efectos positivos reportados. Dichos efectos negativos fueron reportados con mayor fuerza en los sistemas altoandinos, áridos y costeros. Tal es el caso del superpáramo, el páramo, la puna, los matorrales xéricos tropicales y la estepa patagónica que presentan 100% de efectos negativos cada uno, seguidos en porcentaje por la playa arenosa (95%), estuarios y deltas (73%), praderas o estepas templadas (57%) y las plataformas del norte y del sur de Brasil (60%).

Los efectos de tipo mixtos son predominantes en agroecosistemas (100%), los bosques montanos andinos (100%), la corriente de Humboldt (90%) y el bosque húmedo tropical (58%). En general, los sistemas de agua dulce combinan efectos negativos (49%) con una baja proporción de efectos nulos (15%). Nuevamente, los efectos positivos son raramente reportados en la literatura, siendo encontrados únicamente en tres ecosistemas como los son el bosque húmedo tropical (3%), sistemas de agua dulce (10%) y el caso de los ecosistemas urbanos donde los efectos del cambio climático fueron reportados como positivos, posiblemente por la poca disponibilidad de estudios al respecto en dichos ecosistemas (Figura 18).

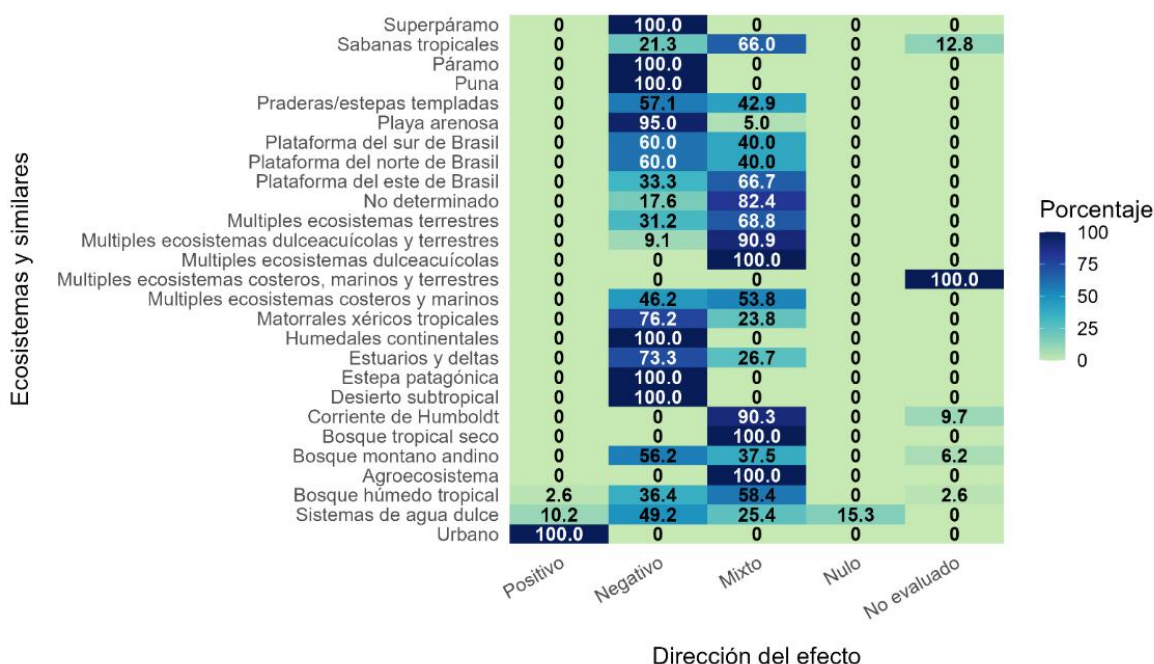


Figura 18. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ecosistemas o similares en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Trabajos que incluían varios ecosistemas no evaluaron la dirección del efecto (Figura 18). Tales ecosistemas incluyen sabanas tropicales (13%), corriente de Humboldt (10%), bosque tropical seco (6%) y bosque húmedo tropical (3%). En los casos en que los ecosistemas no pudieron ser desagregados por falta de información específica en el trabajo de origen y que incluyen las categorías de “múltiples ecosistemas” la dirección del efecto estuvo concentrada también en las categorías de negativo y mixto.

En lo referente a la magnitud del impacto sobre los ecosistemas o similares reportados en los trabajos encontrados que atribuyen efectos del cambio climático sobre la biodiversidad la tendencia es a encontrar efectos de tipo moderado a sustancial en la mayor parte de los ecosistemas o similares (Figura 19). La magnitud de efecto sustancial se puede encontrar por ejemplo en los ecosistemas de humedales continentales (100%), puna, (100%), estepa patagónica (100%), desiertos subtropicales (100%). Valores moderados en sabanas tropicales (55%), bosque húmedo tropical (55%), estuarios y deltas (47%) y matorrales xéricos tropicales (43%).

Los efectos en las categorías moderado y entre moderado y sustancial son evidentes en ecosistemas o similares como en el caso de la Corriente de Humboldt (77%), la plataforma marina del este de Brasil (50% entre leve y moderado y 42% moderado), las playas arenosas (30% moderado y 45% entre moderado y sustancial), las praderas o estepas templadas (43% moderado y 29% entre moderado y sustancial), los estuarios y deltas (40% moderado, 13% entre moderado y sustancial) y el bosque seco tropical combina (40% moderado con 60% entre moderado y sustancial). En otros ecosistemas como el superpáramo (100%), el páramo (90%) y la plataforma marina del sur de Brasil (40%) los efectos fueron clasificados mayoritariamente como moderados (Figura 19).



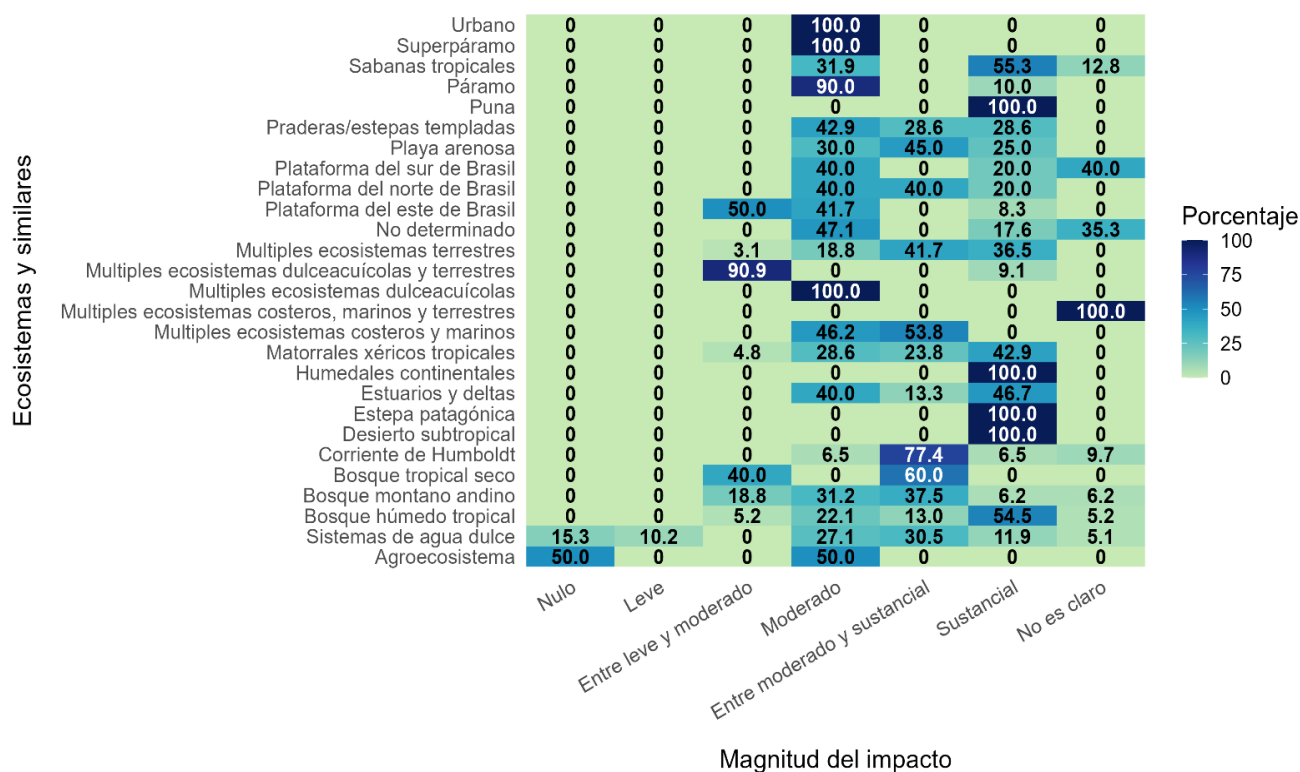


Figura 19. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por ecosistemas o similares en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

En los casos en que los ecosistemas no pudieron ser desagregados por falta de información específica en el trabajo de origen y que incluyen las categorías de “múltiples ecosistemas” la magnitud del efecto se concentró entre las categorías de moderado y sustancial. De la misma manera en algunos trabajos no fue posible clasificar el ecosistema objeto del trabajo, lo cual fue representado como No determinado (Figura 19).

#### 5.1.4. Vínculo entre el cambio climático y la biodiversidad por grupos biológicos y categorías de impacto sobre la biodiversidad

Cuando se relacionan los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad directamente sobre los grupos biológicos en los trabajos encontrados, predominan los efectos mixtos en varios de los grupos (Figura 20). Estos grupos son: hongos y bacterias (100% cada uno), plantas (62%), aves (61%), invertebrados (58%), fitoplancton (61%) y peces (49%). Por otro lado, los efectos negativos se concentran en los anfibios (100%), seguidos por los mamíferos (60%), los reptiles (43%) y los peces (37%).

Los efectos positivos son casi inexistentes en la mayoría de los grupos. No obstante, el cambio climático puede tener un efecto positivo sobre las cianobacterias (100%). Los efectos de tipo neutro o nulo aparecen en bajas proporciones en algunos grupos como el fitoplancton (13%), los peces (7%) y los invertebrados (2%). Algunos trabajos que incluían a los grupos de reptiles (21%) y peces (7%) no reportaron claramente la dirección del efecto del cambio climático sobre el grupo biológico. En otros trabajos no se pudo determinar el grupo biológico trabajado.

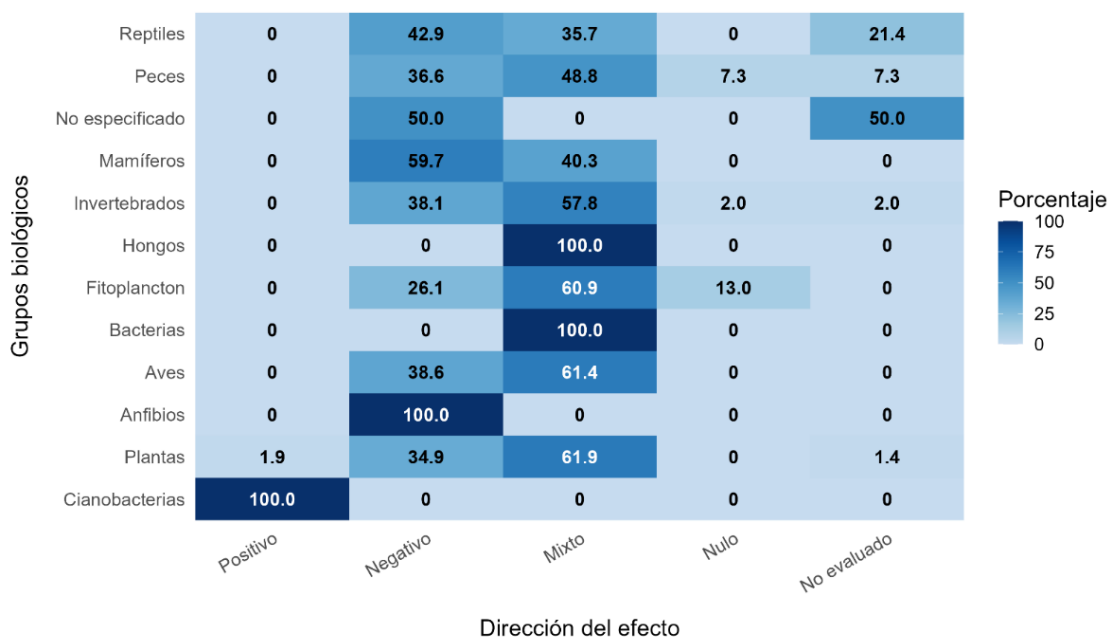


Figura 20. Mapa de calor mostrando el porcentaje de trabajos por grupo biológico en Suramérica que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Predominan los efectos entre moderado y sustancial del cambio climático sobre los grupos biológicos en Suramérica (Figura 21). Considerando el grupo de los vertebrados terrestres, en los anfibios se presenta el nivel de impactos más drástico (80% sustancial), seguido de los mamíferos (45% sustancial y 27% moderado) y los reptiles (43% sustancial). En aves son más frecuentes los niveles moderados (46%) y sustancial (41%). En cuanto a los invertebrados, este grupo muestra un rango amplio de magnitud del impacto, esto se manifiesta con valores de magnitud del impacto entre moderado y sustancial (37%) y moderado (29%), pero con algunos valores de magnitud entre nulo (6%) y leve (2%). En el grupo de las plantas la magnitud del impacto se ubica entre moderado (23%), moderado y sustancial (19%) y sustancial (32%), con algunas magnitudes en la categoría de leve y moderado (21%).

En los sistemas acuáticos, los peces están sometidos a valores de magnitud del impacto en la categoría entre moderado y sustancial (56%), seguido de moderado (29%), sin casos sustanciales. El fitoplancton tiene un patrón heterogéneo con valores de magnitud del impacto nulo 13%, leve 13%, moderado 26% y entre moderado y sustancial 35%. Para los grupos de microorganismos, bacterias, cianobacterias y hongos, estos grupos están sometidos enteramente a magnitudes de efecto moderadas (100%) (Figura 21).

Algunos trabajos que incluyeron a los grupos de reptiles (21%), fitoplancton (13%), peces (7%), plantas (5%), aves (7%) e invertebrados (2%) no reportaron claramente la magnitud del impacto sobre el grupo biológico respectivo. En otros trabajos no se pudo determinar el grupo biológico trabajado (Figura 21).

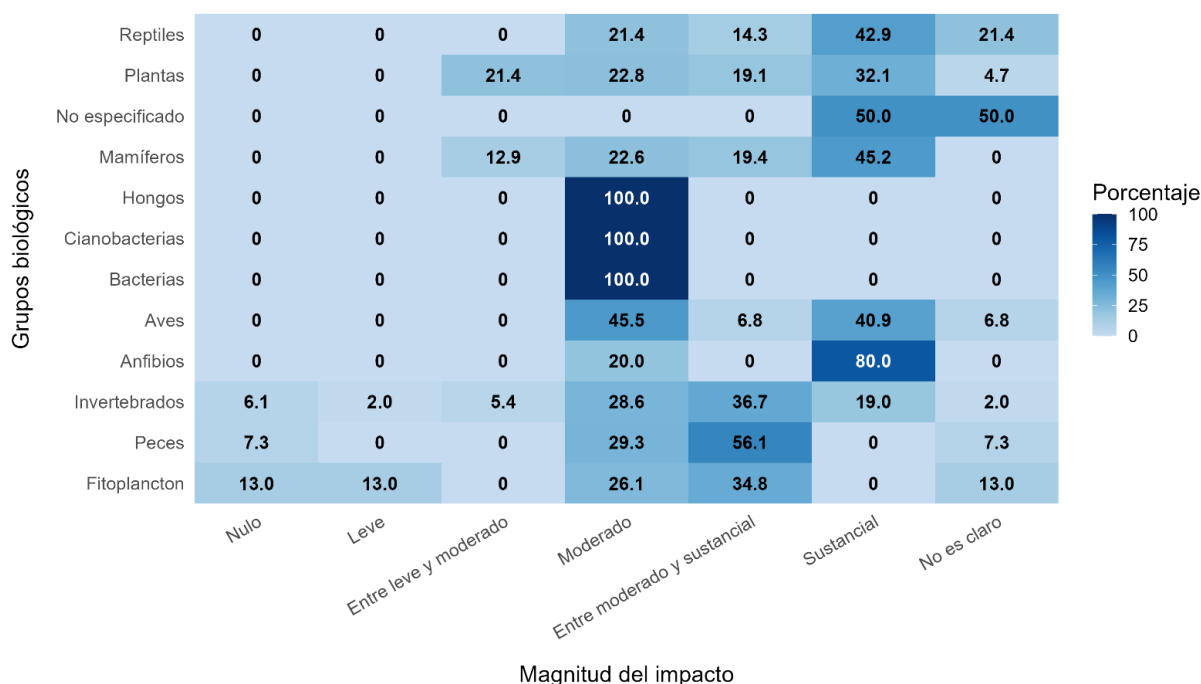


Figura 21. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por grupo biológico en Suramérica que muestran alguna magnitud del impacto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

Para las categorías de impacto se vio un predominio de los efectos mixtos en casi todas ellas (Figura 22). Especialmente en las categorías Individuo–genético (61%), Biomas y biosfera (61%), Poblaciones (57%) y Comunidades (56%), Procesos e interacciones y Ecosistemas (ambas 49%) y claramente más bajos en Funciones y servicios ecosistémicos (35%).

La dirección del efecto negativo es la segunda respuesta más frecuente entre 33% y el 43%. Los valores máximos se presentan en las categorías de Procesos/Ecosistemas (43%) y Poblaciones (41%). La dirección del efecto positivo es escasa entre las categorías de impacto con un máximo de 3%. Dicha dirección del efecto positiva está ausente en las categorías de Poblaciones, Funciones y servicios ecosistémicos y Biomas y biosfera (Figura 22).

En cuanto a los efectos nulos estos son menores con un máximo de 3% y aparece tan solo en las categorías de Comunidades y en Procesos e Ecosistemas (Figura 22).

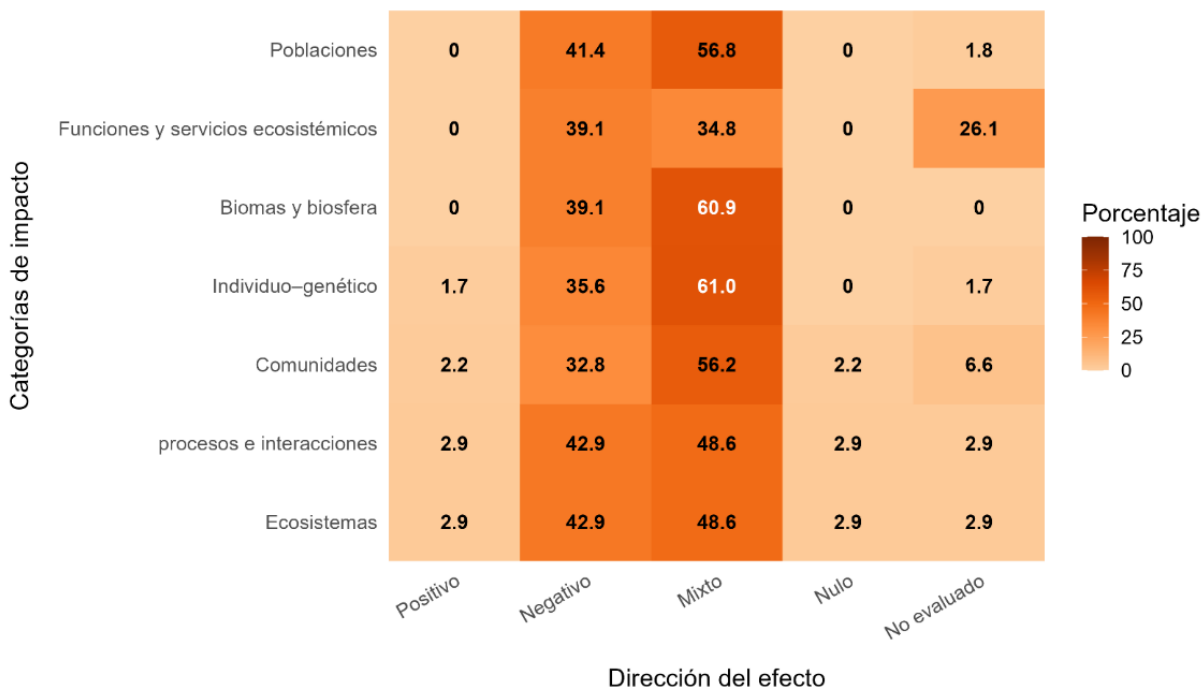


Figura 22. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por categorías de impacto en Suramérica del cambio climático en la biodiversidad que muestran alguna dirección del efecto cuando el cambio climático es el factor influyente sobre la biodiversidad.

La magnitud del impacto sobre las categorías de impacto muestra un predominio de las magnitudes entre moderado y sustancial con porcentajes entre intermedios a bajos (Figura 23). En la magnitud del impacto sustancial los valores intermedios destacados se presentan en las categorías Individuo-genético (42%), Poblaciones (40%) y las categorías de Procesos e interacciones Ecosistemas (31% para ambos).

En la categoría moderado y sustancial se obtuvieron valores máximos en Funciones y servicios ecosistémicos (39%), Procesos e interacciones y Ecosistemas (30% para ambos). Para las demás categorías, se dan valores intermedios a bajos. En el nivel moderado, los valores máximos se dan para la categoría de Biomas y biosfera (41%), Comunidades (34%) e Individuo-genético (27%). Los niveles nulo y leve son los más escasos, con rango entre 2% y 5% (Figura 23).

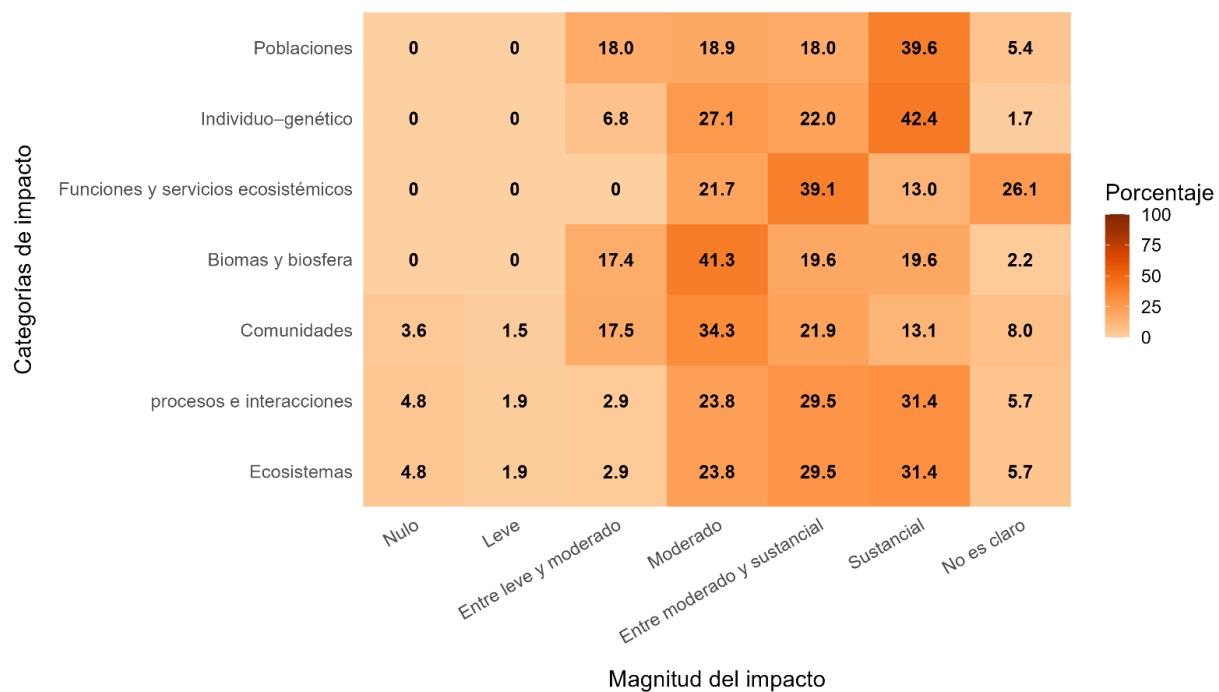


Figura 23. Mapa de calor mostrando porcentaje de trabajos por categorías de impacto en Suramérica del cambio climático en la biodiversidad que muestran alguna magnitud del impacto cuando el clima es el factor influyente sobre la biodiversidad.

## 5.2. Resultados pregunta 2.

- ¿Cuáles son los mecanismos de mitigación, adaptación y vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura, y qué tendencias emergentes pueden identificarse a escalas locales y globales?

### 5.2.1. Patrones generales

El tipo de información más usada en los estudios analizados referentes a las respuestas de adaptación, mitigación y las vulnerabilidades fue de tipo cuantitativa con 44% del total de los estudios (207), seguida por información de tipo mixta y cualitativa ambas con el 28%. En cuanto a la base de la información usada, la información de tipo indirecta fue la más usada con el 83%, seguida de la información de tipo mixta con 15% y directa con 5%.

El 57% de los trabajos fueron clasificados como con evidencia razonable por la solidez de su información, seguidos de estudios con evidencia fuerte (37%), estudios con evidencia débil (5%) y el restante 1% resultó ser de evidencia muy fuerte.

Tabla 8. Otros motores de cambio reportados por presentar efectos conjuntos con el cambio climático sobre la biodiversidad y su dirección de efecto en el contexto de la pregunta 2.

<b>Motor de cambio</b>	<b>Dirección efecto</b>	<b>Número de trabajos</b>
Uso del suelo	Negativo	146
Contaminación	Negativo	60
Explotación directa	Negativo	38
Especies exóticas invasoras	Negativo	36
Demográfico	Negativo	32
Políticas, instituciones y gobernanza	Negativo	31
Políticas, instituciones y gobernanza	Mixto	30
No especificado	No especificado	25
Económico	Negativo	20
Uso del mar	Negativo	16
Uso del suelo	Mixto	11
Económico	Mixto	10
Políticas, instituciones y gobernanza	Positivo	7
Tecnológico	Negativo	5
Explotación directa	Mixto	4
Salud	Negativo	4
Sociocultural	Negativo	4
Tecnológico	Mixto	4
Uso del mar	Mixto	3
Conflicto	Negativo	2
Demográfico	Mixto	2
Sociocultural	Mixto	2
Contaminación	Mixto	1
Especies exóticas invasoras	Mixto	1
Uso del suelo	Positivo	1
<b>Total</b>		<b>495</b>

En 88% de los trabajos encontrados se reportaron otros motores de cambio con efectos conjuntos con el cambio climático sobre la biodiversidad. En general, los motores de cambio encontrados en conjunción con el cambio climático y que afectan la biodiversidad lo hacen de manera negativa (48%), seguido por 40% de efectos mixtos y 8% de efectos positivos. Entre dichos motores de cambio con efecto negativos se resalta el del uso del suelo (29%), seguido por la contaminación (12%), la explotación directa (8%) y especies exóticas e invasoras (7%) (Tabla 8).

La mayoría de los trabajos usaron 2 métodos para el diseño experimental con el 44% de los estudios, seguido de 1 método con el 39%, 3 métodos con el 12% y unos pocos estudios usaron 4 o más métodos (5%). El método más usado en las investigaciones como método único o en complemento con otros métodos fue el de análisis de indicadores o datos con 127 trabajos, seguido por síntesis con 99, por modelado o simulación con 79, observación y recolecta de

datos en campo con 26 y entrevistas con 20. En un porcentaje mucho menor se encontraron metodologías que involucran grupos focales o talleres participativos (16), encuestas (15) y por último experimento de laboratorio o campo (3).

Los trabajos incluidos en este análisis fueron realizados en su mayoría en 1 país (122 trabajos), seguido de lejos de estudios en 4 o más países (12), 2 países (11) y 3 países (4). Para 58 trabajos no fue posible determinar el o los países con exactitud pues fueron realizados a niveles continental, intercontinental o global. Por otro lado, los resultados encontrados apuntan a que los artículos científicos que abordan temas relacionados con la pregunta 2 presentan un mayor porcentaje en Estados Unidos de Norte América (11%), China (5%) e India y Australia ambos con 4%. Los demás países encontrados se presentan en un porcentaje menor al 3% (Figura 24). Para 18% de los trabajos no se logró obtener el país.

A nivel continental, el continente con mayor número de trabajos fue Asia (22%) seguido de América del Norte (18%), África (17%), Europa (15%) y América del Sur y Oceanía ambos con el 5% (Figura 24). Para 18% de los trabajos no se logró clarificar el continente por ser realizados a nivel global.

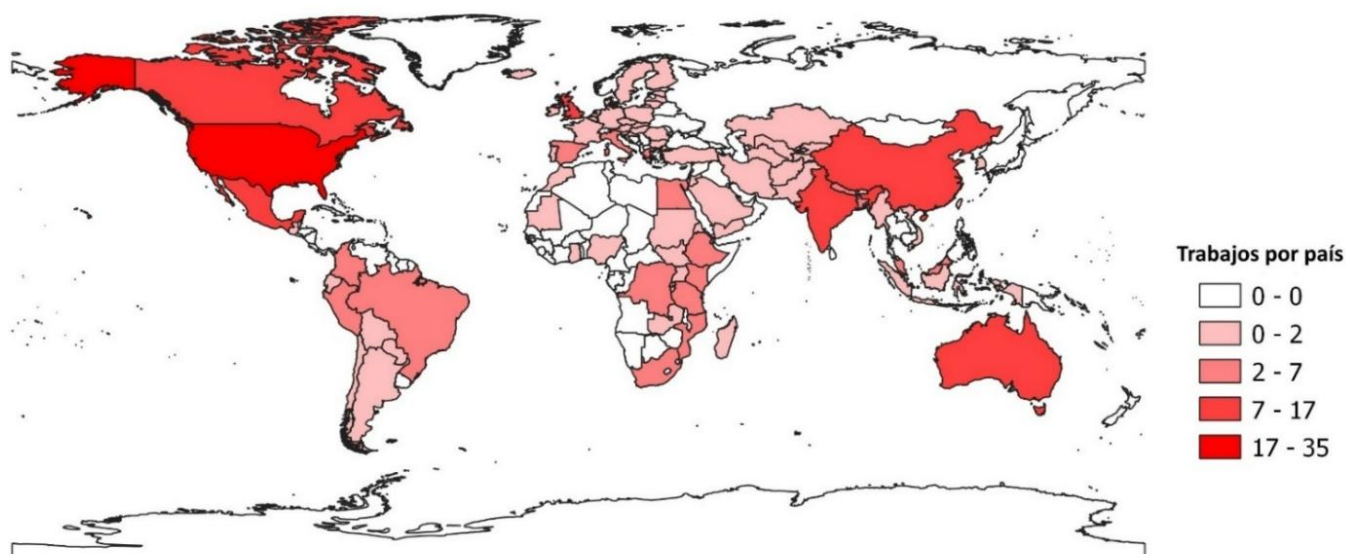


Figura 24. Trabajos encontrados por país y continente que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

Los trabajos enmarcados en una escala de país o inferior dominan en el conjunto de trabajos encontrados que muestran respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático. Los niveles local, subnacional y nacional suman el 59% de dichos trabajos, mientras que el nivel global suma por sí solo el 21% y los niveles subcontinental y continental sumados representan el 17%. (Figura 25).

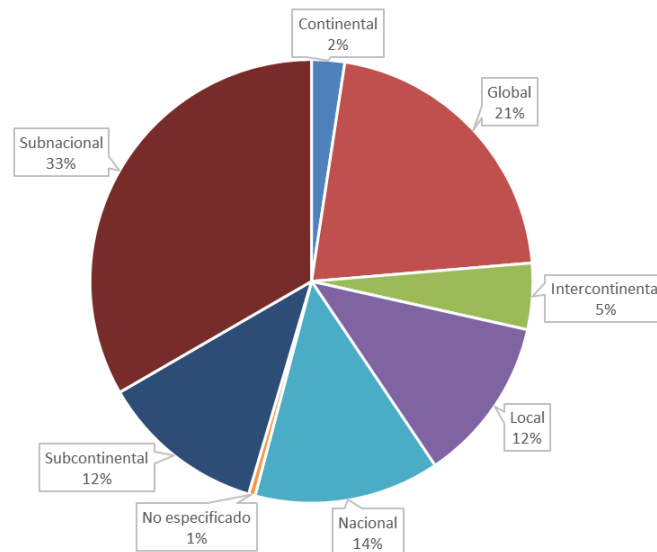


Figura 25. Trabajos encontrados por escala geográfica que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

El 57% de los artículos reportan trabajos en 1 solo ambiente, mientras que 30% en 2 ambientes, 8% en 3 ambientes y 5% en 4 o más ambientes (Figura 26). Los trabajos que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático recuperados se concentraron en ambientes terrestres. El resto de los ambientes, se encontraron en porcentajes menores.

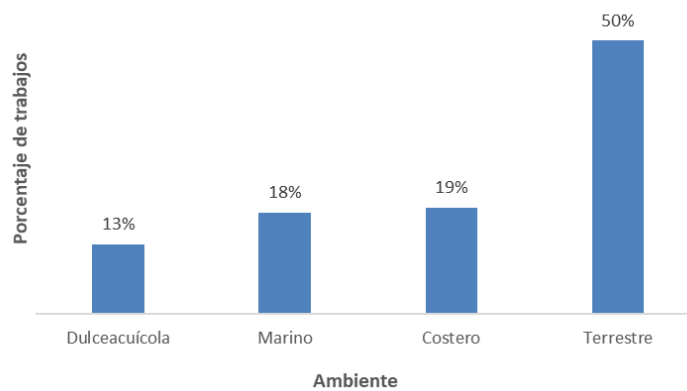


Figura 26. Trabajos encontrados por ambiente que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

El 44% de los trabajos usaron como modelo biológico 1 solo grupo de organismos, 4% 2 grupos, 7% 3 grupos y 10% 4 o más grupos. Para el 35% de los trabajos no se logró identificar un grupo biológico específico. Al agregar los grupos biológicos en grandes grupos, se observó que los grupos dominantes son los animales y plantas (Figura 27).



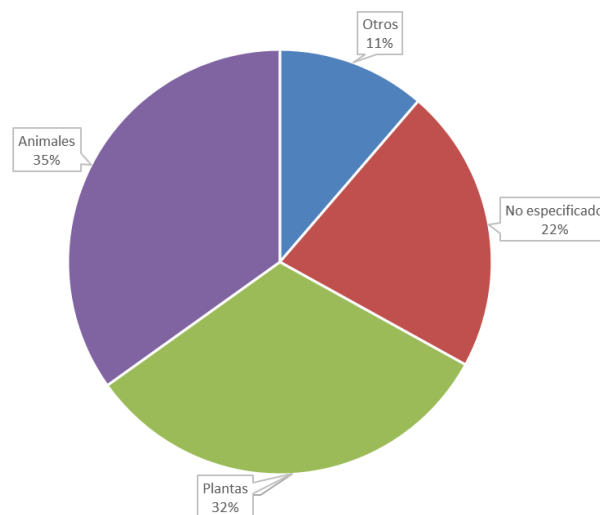


Figura 27. Trabajos encontrados por grupo biológico agregado que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

Al desagregar los grandes grupos de animales y otros grupos, no se observó un predominio marcado de ninguno de los grupos con porcentajes de reporte entre el 8% y el 1% (Figura 28).

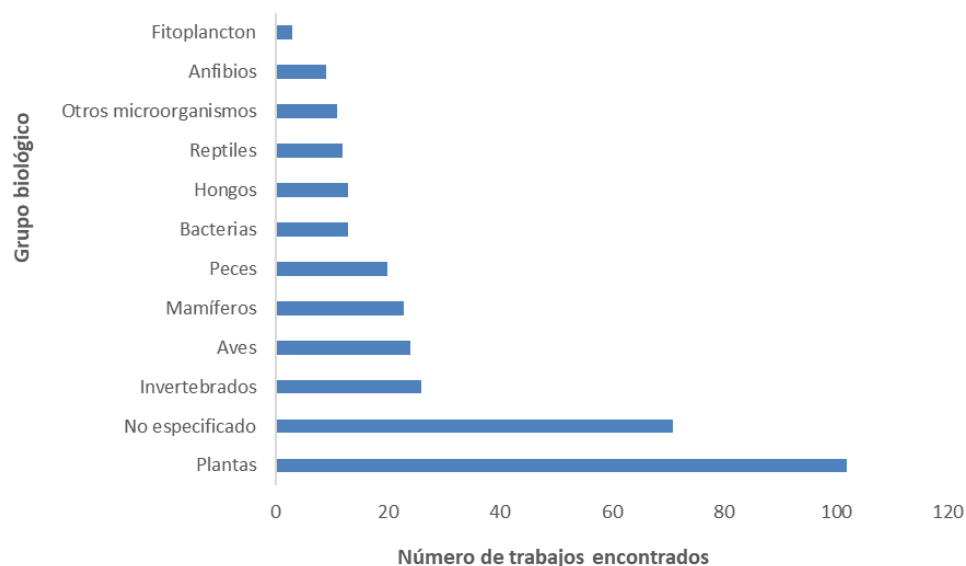


Figura 28. Trabajos encontrados por grupo biológico desagregado que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

Para la categoría de impacto sobre la biodiversidad en 9% de los trabajos reportan solo 1 categoría, 12% reportan 2 categorías, 44% tres categorías y 35% 4 o más categorías. Las categorías de impacto sobre la biodiversidad más frecuentemente encontradas en el grupo de trabajos recopilados fueron las de ecosistemas (27%) y procesos e

interacciones (27%), seguidas por funciones y servicios ecosistémicos (21%), comunidades (12%) y poblaciones (8%). Otros niveles con representación baja son biomas y biosfera (3%) e Individuo–genético (2%) (Figura 29).

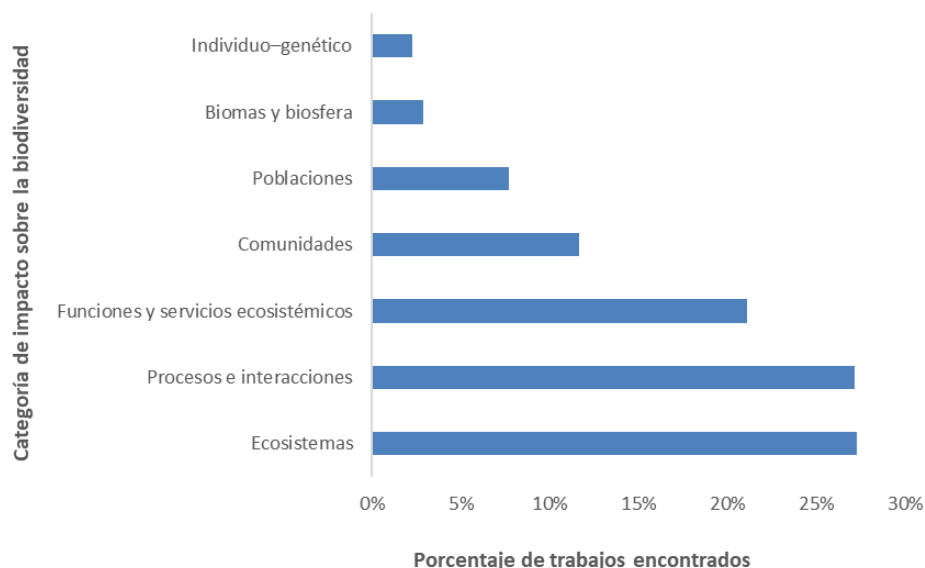


Figura 29. Trabajos encontrados por categoría de impacto sobre la biodiversidad que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

### 5.2.2. Respuestas de mitigación y adaptación frente al cambio climático que impactan a la biodiversidad identificados en la literatura a diferentes escalas

En los 207 trabajos encontrados se evidencia una tendencia a encontrar mayor cantidad de reportes enfocados a las respuestas de adaptación sobre aquellos trabajos que reportan respuestas de mitigación. No obstante, un porcentaje importante de trabajos reportan una respuesta integrada. Para dos registros no fue posible establecer el tipo de respuesta frente al cambio climático (Figura 30).

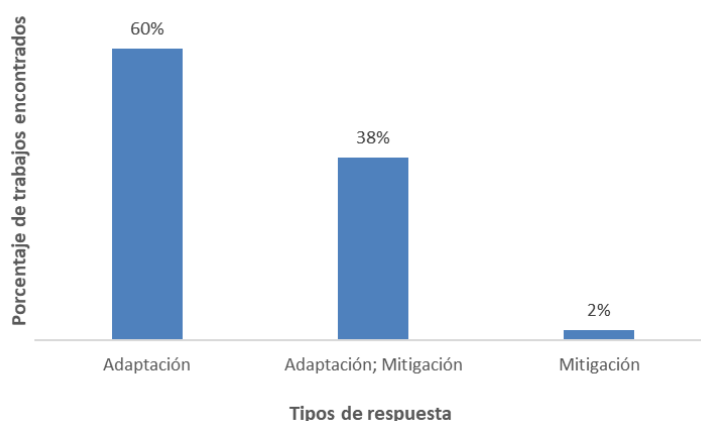


Figura 30. Respuestas encontradas en trabajos que reportan respuesta de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático.

Se encontraron 14 categorías de respuesta de adaptación que favorecen a la biodiversidad en la literatura analizada. Las categorías más frecuentes son las soluciones basadas en la naturaleza (63%), seguidas por la gestión eficiente del agua (19%) y la protección costera (6%). Las 11 categorías restantes se encuentran representadas en mucha menor proporción (Figura 31).

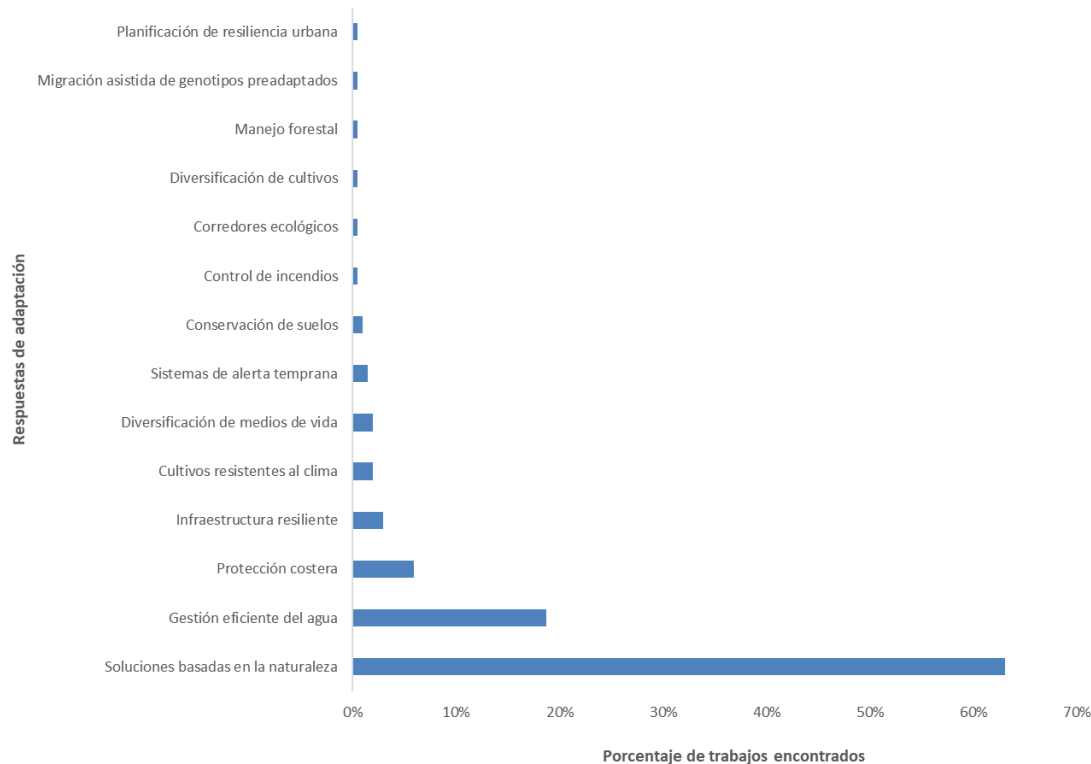


Figura 31. Categorías de respuesta de adaptación que favorecen a la biodiversidad en la literatura analizada.

De la misma manera, se encontraron seis categorías de respuesta de mitigación que favorecen a la biodiversidad en la literatura analizada. Las categorías más frecuentes están dirigidas al secuestro o almacenamiento de carbono (70%) y la reducción de emisiones (18%). Las cuatro categorías restantes se encuentran representadas en mucha menor proporción (Figura 32).

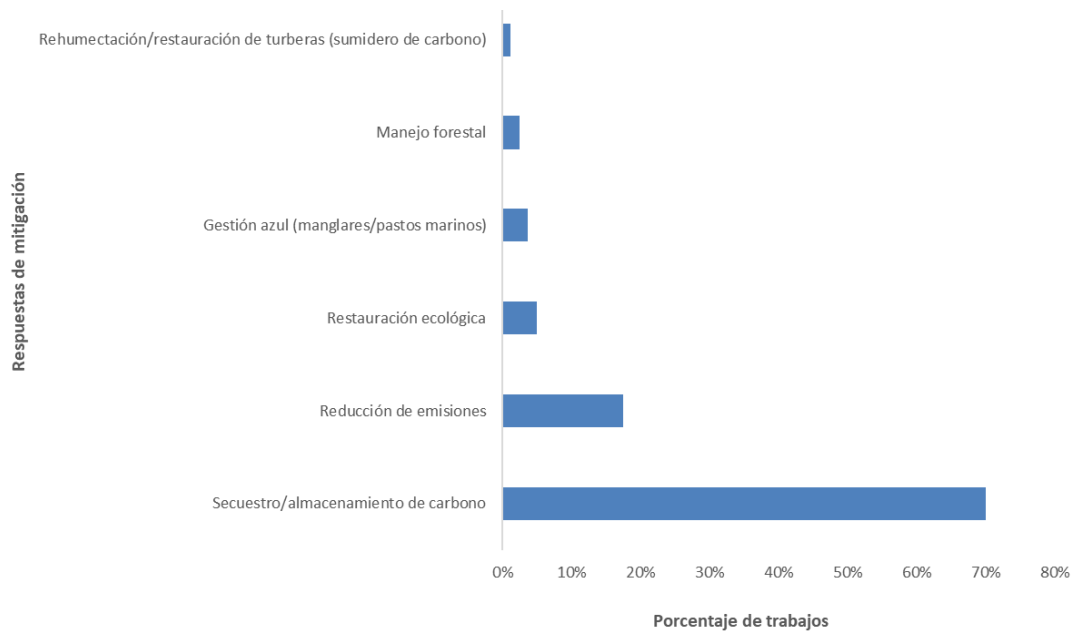


Figura 32. Categorías de respuesta de mitigación que favorecen a la biodiversidad en la literatura analizada.

### 5.2.3. Vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura

Se encontraron 46 tipos de vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático y sus efectos en la literatura analizada. Las categorías más frecuentes fueron la exposición a peligros climáticos en general (16%), la sensibilidad a sequía o estrés hídrico (11%), sensibilidad a inundaciones y la baja conectividad ecológica (ambas con 7%). Las restantes categorías presentan un porcentaje de reporte menor al 6%. El 85% de los datos encontrados se centran en 16 tipos de vulnerabilidad (Figura 33).

Todas las vulnerabilidades encontradas y su frecuencia se muestran a continuación por grupos:

- Grupo A. Vulnerabilidades de sensibilidad o exposición al cambio climático
  - Exposición (16%).
  - Sensibilidad a sequía / estrés hídrico (11%).
  - Sensibilidad a inundaciones (7%).
  - Sensibilidad (6%).
  - Sensibilidad a cambios en régimen de incendios (4%).
  - Sensibilidad a erosión / deslizamientos (4%).
  - Sensibilidad a tormentas / ciclones / oleaje extremo (4%).
  - Sensibilidad a olas de calor / frío (3%).
  - Sensibilidad a salinidad (2%).

- Sensibilidad a olas de calor marinas (1%).
  - Margen térmico estrecho / baja tolerancia térmica (1%).
  - Sensibilidad a acidificación oceánica (1%).
  - Sensibilidad a hipoxia / anoxia (1%).
  - Blanqueamiento coralino (dependencia de zooxantelas) (menos del 1%).
  - Sensibilidad a sedimentación / turbidez (menos del 1%).
  - Sensibilidad a acidificación (pH) (menos del 1%).
  - Sensibilidad a cambios de surgencia (upwelling) (menos del 1%).
  - Trampas ecológicas (menos del 1%).
- Grupo B. Vulnerabilidades de restricciones espaciales, de hábitat o de persistencia territorial.
    - Conectividad ecológica baja (7%).
    - Fragmentación del hábitat (5%).
    - Barreras al movimiento (infraestructura / uso del suelo) (4%).
    - Zonas costeras de baja elevación (3%).
    - Cul-de-sac altitudinal / tope de montaña (1%).
    - Nicho climático estrecho (1%).
    - Rango geográfico restringido (1%).
    - Especificidad de hábitat (1%).
    - Pérdida de refugios / microhábitats (menos del 1%).
    - Dependencia de nieve / hielo / permafrost (menos del 1%).
    - Endemismo / insularidad alta (menos del 1%).
  - Grupos C. Vulnerabilidades de Limitaciones de capacidad adaptativa y resiliencia biológica.
    - Baja capacidad adaptativa (6%).
    - Capacidad de dispersión limitada (2%).
    - Baja diversidad genética (1%).
    - Baja redundancia funcional (1%).
    - Endogamia / consanguinidad (menos del 1%).
    - Generaciones largas / madurez tardía (menos del 1%).
    - Rareza funcional / taxonómica (menos del 1%).
    - Aislamiento poblacional (menos del 1%).
    - Migración obligatoria (menos del 1%).
  - Grupo D. Vulnerabilidades de presiones externas e interacciones bióticas y antropogénicas.

- Vulnerabilidad a especies invasoras (2%).
  - Enfermedad / parasitosis (1%).
  - Susceptibilidad a sobreexplotación (menos del 1%).
  - Alto conflicto humano-fauna (menos del 1%).
  - Dependencia de manejo humano tradicional (menos del 1%).
- Grupo E. Vulnerabilidades de dependencias ecológicas críticas y relaciones funcionales frágiles.
    - Dependencia de régimen hídrico natural (1%).
    - Dependencia de mutualismos frágiles (menos del 1%).
    - Dependencia de pulsos de inundación (menos del 1%).
    - Blanqueamiento coralino / dependencia de zooxantelas (menos del 1%).



Figura 33. Tipos de vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático reportados en la literatura analizada. Se presentan las 16 vulnerabilidades más frecuentes.

#### 5.2.4. Tendencias emergentes de las vulnerabilidades a diferentes escalas

A partir de los 207 trabajos analizados se obtuvieron un total de 620 combinaciones entre la escala y el tipo de vulnerabilidad. La categoría de escala con mayor número de reportes de vulnerabilidad de la biodiversidad frente al

cambio climático resultó ser la escala subnacional, seguido de la escala global. No se observó una tendencia entre el número de vulnerabilidades encontradas y la escala geográfica (Tabla 9).

Tabla 9. Número de reportes de vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura analizada por escala geográfica.

Escala	Vulnerabilidades reportadas
Subnacional	179
Global	163
Nacional	86
Subcontinental	81
Local	69
Intercontinental	28
Continental	14
<b>Total</b>	<b>620</b>

Los tipos de vulnerabilidad que se encuentra entre las vulnerabilidades con mayor frecuencia en todas las categorías son la exposición general a los riesgos del cambio climático, la sensibilidad a sequía o estrés hídrico y la sensibilidad a inundaciones.

Si se unen las escalas que incluyen datos a nivel de país (nacional, subnacional y local) se evidencia que hay una mayor concentración en un número relativamente reducido de vulnerabilidades que incluyen varios tipos de sensibilidad a los riesgos del cambio climático y la exposición general a estos riesgos. Entre los niveles subcontinental a intercontinental las vulnerabilidades ya no se concentran tan marcadamente en algunas pocas categorías, pero si se reparten las frecuencias más equitativamente entre todas las categorías encontradas. A nivel global se observan nuevamente concentraciones de frecuencia en un subgrupo de vulnerabilidades.

Fueron encontradas vulnerabilidades que son documentadas únicamente en niveles nacionales o inferiores. Estas vulnerabilidades incluyen: trampas ecológicas, generaciones largas / madurez tardía, endogamia/consanguinidad, dependencia de mutualismos frágiles, capacidad de dispersión limitada, cul-de-sac altitudinal (tope de montaña), margen térmico estrecho / baja tolerancia térmica, nicho climático estrecho, sensibilidad a cambios en régimen de incendios y sensibilidad a tormentas/ciclones/oleaje extremo. Los niveles continental e intercontinental presentan varios vacíos de información en gran parte de los tipos de vulnerabilidad encontrados (Figura 34).

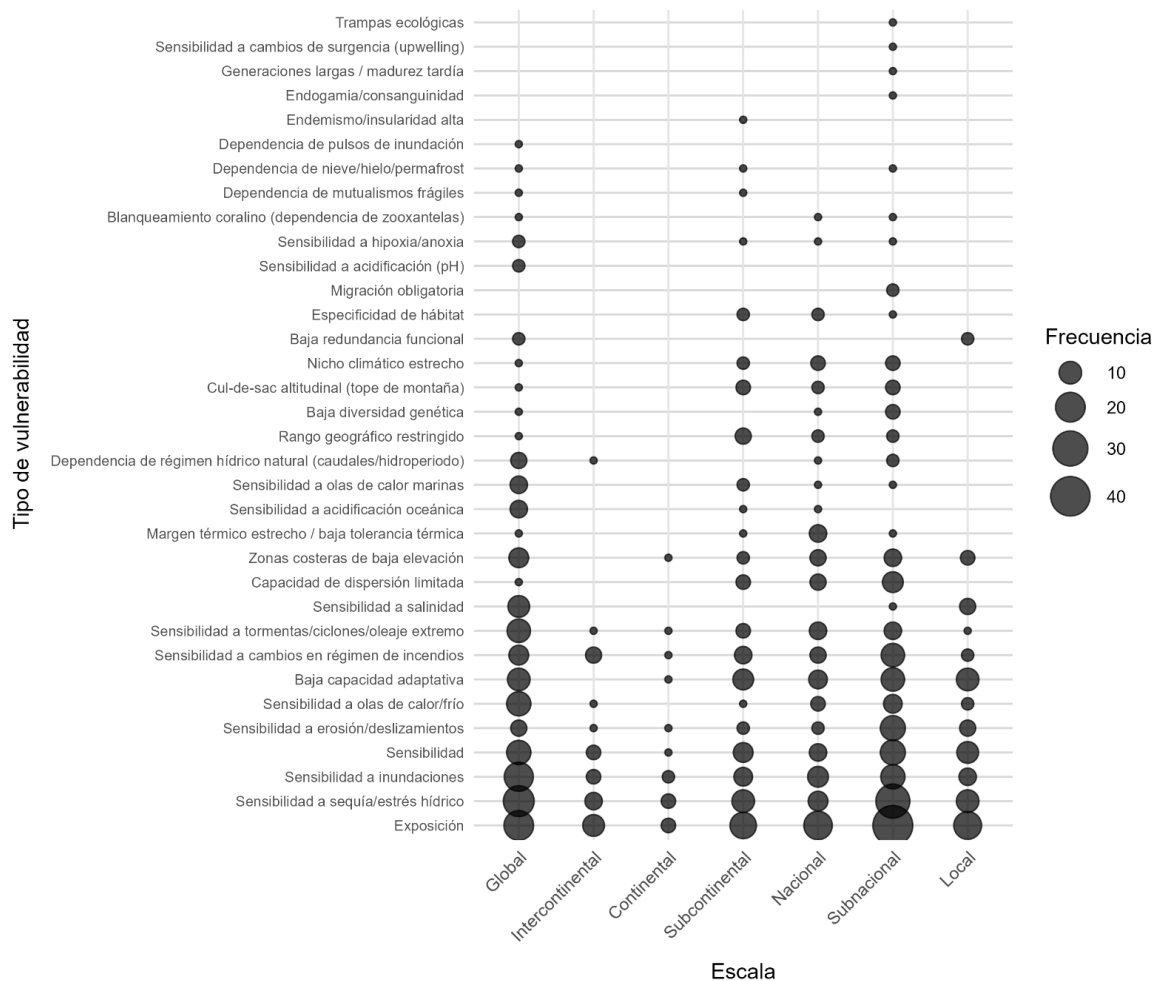


Figura 34. Frecuencia del tipo de vulnerabilidad de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura por escala geográfica.

#### 5.2.5. Tendencias emergentes de las respuestas de adaptación a diferentes escalas

A partir de los 207 trabajos analizados se obtuvieron un total de 203 combinaciones entre la escala geográfica y la respuesta de adaptación. La categoría de escala con mayor número de reportes de adaptación de la biodiversidad frente al cambio climático resultó ser la escala subnacional, seguido de la escala global. De resaltar que la gran mayoría de reportes se centraron en niveles inherentes a las fronteras de un país (nacional, subnacional y nacional) con el 64% de todos los registros. En 2 registros no fue posible obtener la categoría de escala geográfica (Tabla 10, Figura 35).



Tabla 10. Número de reportes de respuestas de adaptación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura analizada por escala geográfica.

Escala	Respuestas de adaptación
Subnacional	72
Local	38
Global	31
Subcontinental	25
Nacional	19
Intercontinental	11
Continental	5
No especificado	2
<b>Total</b>	<b>203</b>

Al analizar los tipos de respuesta de adaptación encontrados más frecuentemente en la literatura analizada, es evidente que la categoría que incluye las soluciones basadas en la naturaleza domina en todas las escalas seguido de la categoría de gestión eficiente del agua y la protección costera. Por otro lado, a grandes escalas la variedad de categorías de adaptación encontradas es menos variada, especialmente en las escalas intercontinental y continental.

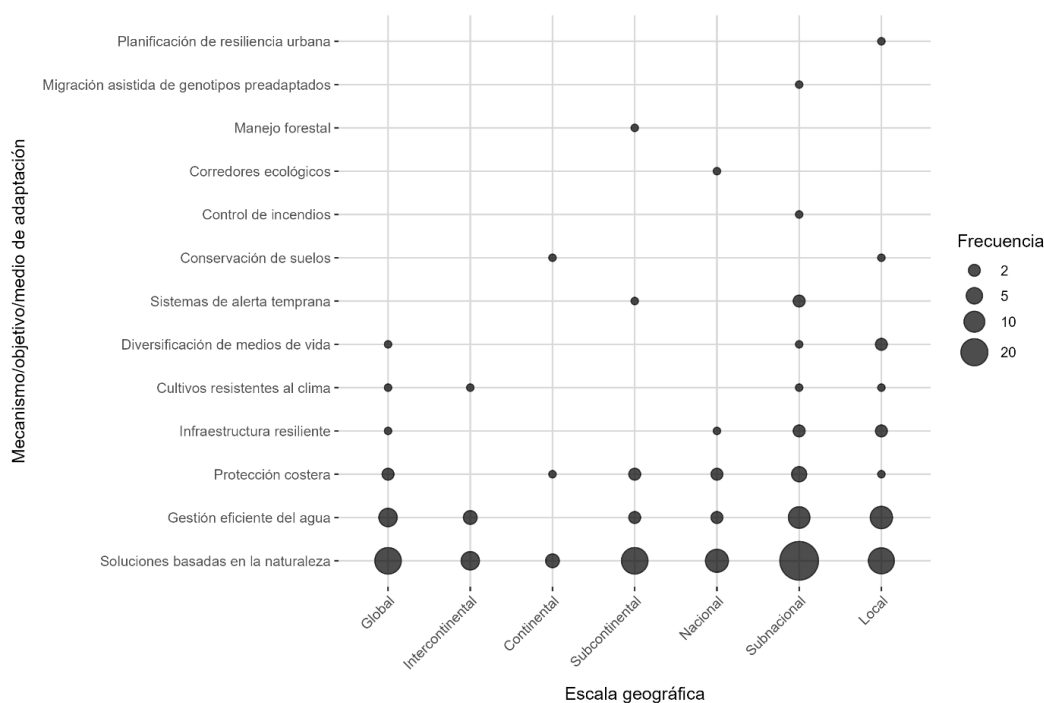


Figura 35. Frecuencia del tipo de respuestas de adaptación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura por escala geográfica.

### 5.2.6. Tendencias emergentes de las respuestas de mitigación a diferentes escalas

Se obtuvieron un total de 80 combinaciones entre la escala geográfica y el tipo de respuesta de mitigación de los efectos del cambio climático frente a la biodiversidad en la literatura analizada. La categoría de escala con mayor número de reportes en este sentido fue la global, seguido de la escala subnacional y la nacional. Las demás categorías fueron menos frecuentes (Tabla 11, Figura 36).

Tabla 11. Número de reportes de respuestas de mitigación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura analizada por escala geográfica.

Escala	Respuestas de mitigación
Global	27
Subnacional	19
Nacional	14
Subcontinental	9
Intercontinental	5
Continental	3
Local	3
<b>Total</b>	<b>80</b>

Las respuestas de mitigación encontradas con mayor frecuencia en todas las escalas geográficas en la literatura analizada tienen que ver con el secuestro o almacenamiento de carbono. Otro tipo de respuesta que se encontró en casi todas las escalas geográficas es la referente a la reducción de emisiones, excepto en las escalas continental y local. Las medidas de restauración, aunque menos frecuentes que las mencionadas anteriormente, se encuentran mejor representadas en escalas limitadas a las fronteras de los países (escala local, subnacional y nacional), aunque se presentan también en la escala global. La rehumectación o restauración de turberas aparece solamente en el nivel subnacional. Las escalas con mayor diversidad de tipos de respuesta de mitigación implementados son la subnacional y nacional (Figura 36).

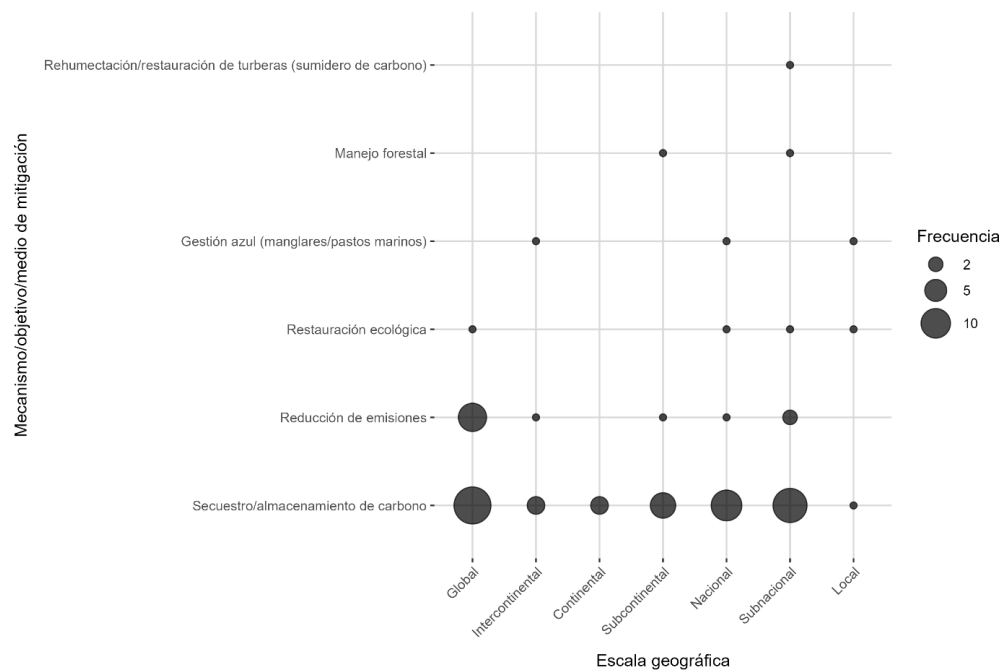


Figura 36. Frecuencia del tipo de respuestas de mitigación de la biodiversidad frente al cambio climático encontradas en la literatura por escala geográfica.

### 5.3. Resultados pregunta 3.

- ¿Qué ventajas en la dimensión ecológica se reportan en la literatura de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas?

#### 5.3.1. Patrones generales

El tipo de información más usada en los estudios analizados referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas fue la información mixta (43%, del total de 68 estudios analizados), seguida por información de tipo cualitativa (28%) y cuantitativa (13%). En cuanto a la base de la información usada, la información de tipo indirecta fue la más usada con el 51%, seguida de la información de tipo mixta (28%) y directa (5%).

El 45% de los trabajos fueron clasificados con evidencia razonable por la solidez de su información, seguidos de estudios con evidencia fuerte (18%), estudios con evidencia muy fuerte (3%) y el restante 2% resultó presentar evidencia débil.

La mayoría de los trabajos usaron 1 método para el diseño experimental (32%), seguido por dos métodos (22%), tres métodos (27%) y 4 métodos o más (19%). El método más usado en las investigaciones como método único o en complemento con otros métodos fue el de análisis de indicadores o datos con (48 trabajos), seguido por síntesis con (34), entrevistas (21), observación y recolecta de datos en campo (18) y encuestas (18). En un porcentaje mucho menor se encontraron metodologías que involucran grupo focal o taller participativo (13) y por último modelado o simulación (12).

Los trabajos incluidos en este análisis fueron realizados en su mayoría en 1 país (63%), seguido de lejos por estudios realizados en 4 o más países (6%), en 2 países (4%) y 3 países (1%). Para 25% trabajos no fue posible determinar el o los países con exactitud pues fueron realizados a niveles continental, intercontinental o global. Por otro lado, Los resultados mostraron que las mayores frecuencias de trabajos fueron encontradas en Estados Unidos de Norte América (7%), Australia (5%) e India e Indonesia (ambos con 4%). Los demás países encontrados se presentan en un porcentaje menor al 3% (Figura 37). Para 15% de los trabajos no se logró obtener el país.

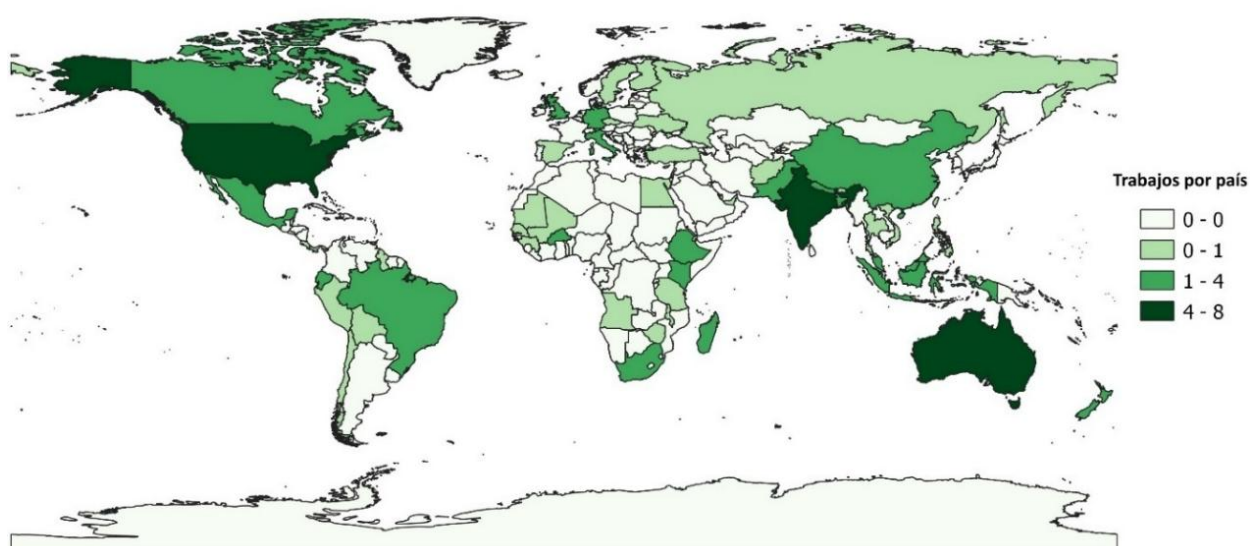


Figura 37. Trabajos encontrados por país y continente referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.

El continente con mayor número de trabajos fue Asia (26%) seguido de África (16%), el nivel Global (16%), América del Norte (14%), Europa (12%), Oceanía (9%) y América del Sur con (8%) (Figura 37).

Los trabajos enmarcados a una escala geográfica de país o inferior dominan en el conjunto de trabajos encontrados. Los niveles local, subnacional y nacional suman el 63% de los trabajos encontrados, mientras que el nivel global suma por sí solo el 21% y los niveles subcontinental y continental sumados representan apenas el 2%. (Figura 38).

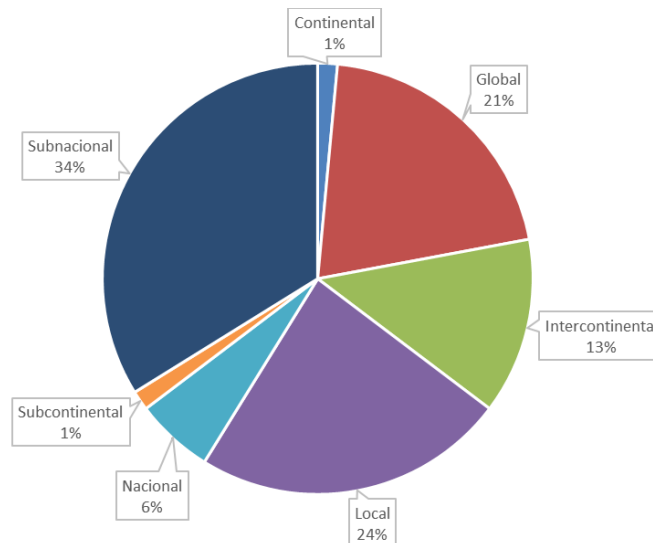


Figura 38. Trabajos encontrados por escala geográfica referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.

Del total de trabajos analizados (68) 43% fueron reportados para 1 ambiente y 43% para 2 ambientes, 10% para 3 ambientes y 4% para 4 o más ambientes. Los trabajos recuperados referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas se concentraron principalmente en ambientes terrestres (Figura 39).

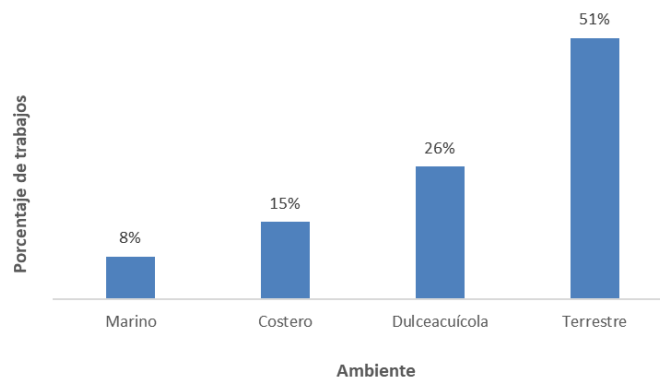


Figura 39. Trabajos encontrados por ambiente referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.

Se encontraron 42 tipos de ecosistemas o hábitat reportados como vulnerables en los trabajos analizados. Los ecosistemas o hábitats más frecuentes fueron diferentes tipos de bosque, pastizales o praderas, sistemas costero-marinos, sistemas dulceacuícolas y agroecosistemas (Figura 40).

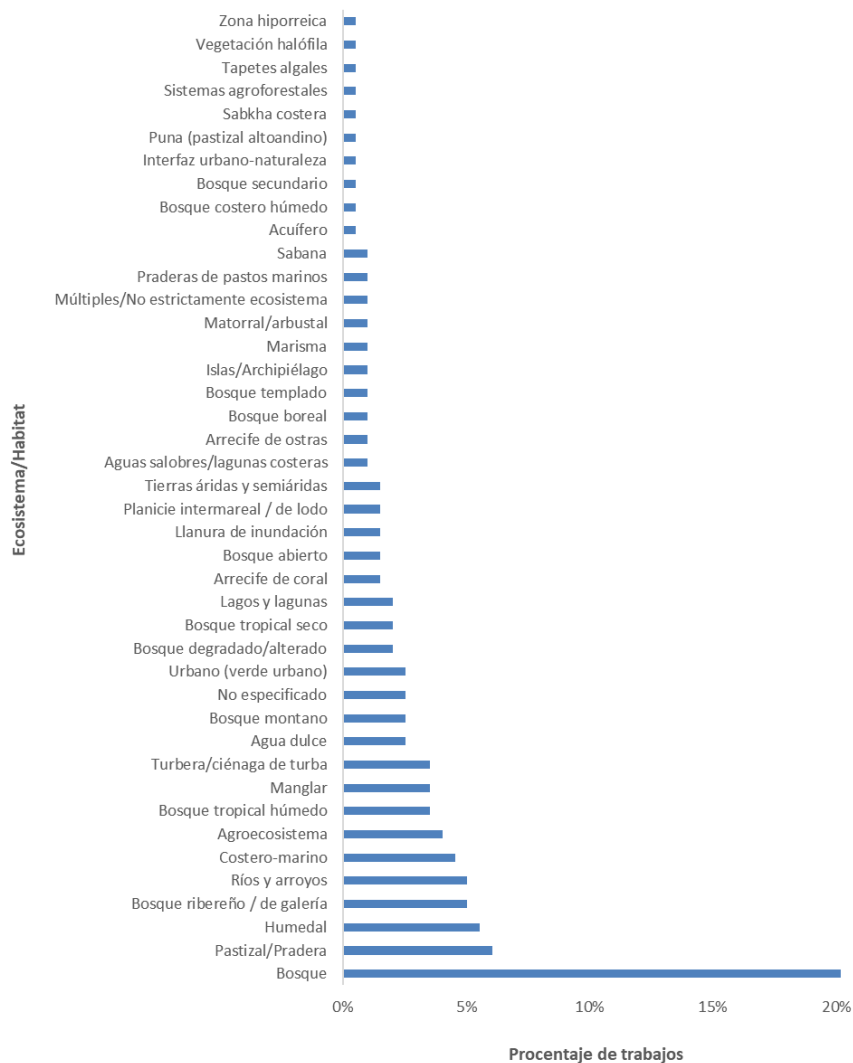


Figura 40. Trabajos encontrados por hábitat o ecosistema vulnerables referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.

Al menos 36 especies de plantas y animales fueron reportadas con alguna categoría de amenaza según la UICN o incluidas en algún apéndice CITES o listado/ regulación a nivel nacional. Los grupos de mamíferos y anfibios fueron los más reportados (Tabla 12). Por otro lado, 56 trabajos reportaron solamente haber trabajado con ecosistemas o hábitat vulnerables, 4 trabajos trabajaron solamente con especies amenazadas o vulnerables y 8 trabajaron simultáneamente con especies amenazadas o ecosistemas o hábitats vulnerables.

Tabla 12. Número de especies reportadas con alguna categoría de amenaza en trabajos referentes a ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.

Grupo biológico	Número de especies
Mamíferos	15
Anfibios	11
Plantas	5
Aves	3
Invertebrados	1
Reptiles	1
<b>Total</b>	<b>36</b>

*5.3.2. Enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas*

De los 68 trabajos encontrados para la pregunta 3, el 32% reportó 1 tipo de enfoque inclusivo o diferencial, el 31% 2 enfoques, 21% 3 enfoques y el 15% 4 o más enfoques. Para 1 trabajo no se logró determinar el enfoque específico. Adicionalmente, la literatura analizada reportó 18 tipos de enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas.

Los enfoques encontrados con mayor frecuencia estuvieron en la categoría de participación comunitaria y voluntariado (17%). Un segundo bloque de enfoques con número de reportes relevante incluye temáticas de educación e integración de saberes y conocimiento, justicia social y aseguramiento de medios de vida y gestión y gobernanza compartidas (Figura 41).



Figura 41. Número de reportes por enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas para conservar la biodiversidad frente al cambio climático en temáticas relacionadas con conservación de especies, hábitats o ecosistemas vulnerables.

### 5.3.3. Ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas para conservar la biodiversidad en frente al cambio climático en temáticas relacionadas con conservación de especies o hábitats o ecosistemas vulnerables

De los 68 trabajos encontrados para la pregunta 3, la mayoría (63%) reportó 4 o más ventajas, seguido de 3 ventajas (13%), 2 ventajas (9%) y 1 ventaja (3%). Para el 12% de los trabajos no se logró determinar una ventaja específica.

Se encontraron 29 tipos de ventajas en la dimensión ecológica al incorporar enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas. Las ventajas reportadas con mayor frecuencia y que suman el 33% del total de reportes tiene que ver con la recuperación, restauración, provisión de hábitats, conservación de especies, el fortalecimiento de la gobernanza, planificación y monitoreo del territorio (Figura 42).

Otras ventajas reportadas en menor proporción tienen que ver con temáticas de reducción de impactos del cambio climático sobre hábitats y ecosistemas vulnerables, mitigación y adaptación climática, mantenimiento de procesos,



funciones y servicios ecosistémicos claves y la mejora de la gestión de amenazas tanto de especies como de ecosistemas y hábitats (Figura 42).



Figura 42. Número de reportes por ventaja en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos o diferenciales en iniciativas para conservar la biodiversidad frente al cambio climático.

## 6. Síntesis de los hallazgos del meta-análisis en un marco conceptual

### 6.1. El vínculo entre la biodiversidad y el cambio climático y sus patrones geográficos, ecosistémicos y taxonómicos reportados para Suramérica

A nivel mundial han sido reportados ampliamente los efectos negativos del cambio climático antropogénico (CCA) sobre la biodiversidad (Pörtner *et al.*, 2021). Es evidente que Suramérica no escapa a esta tendencia. Por esta razón, es sumamente importante entender a profundidad las características y patrones reportados en la literatura científica de los efectos negativos del CCA sobre la biodiversidad, de la misma manera que se ha hecho recientemente para otras regiones del planeta (p. ej. Kim *et al.*, 2024).

Desde hace ya varias décadas se viene reportando, con evidencia científica, que el CCA es una de las principales causas de deterioro de la biodiversidad en el continente europeo (Kim *et al.*, 2024). Esta influencia no es exclusiva del CCA, también se da por la conjunción del CCA con otros motores de cambio como lo son el uso del agua y la tierra y su degradación. En el estudio mencionado, se reporta también que el CCA ha desencadenado que la misma biodiversidad tenga efectos negativos sobre otros elementos relacionados con la vida humana de la actualidad. Estos aspectos incluyen la provisión de alimentos y agua, la producción de energía, el transporte y la salud humana. Los efectos negativos de la biodiversidad, desencadenados por el CCA, sobre dichos elementos incluyen principalmente los efectos negativos de especies invasoras y la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores bióticos.

En el presente estudio, que es pionero en la síntesis de la información científica reportada en la literatura sobre la relación del CCA y la biodiversidad en Suramérica, se encontraron patrones similares a los encontrados en Europa. Según la literatura científica publicada en los últimos 10 años en relación con el vínculo del CCA y la biodiversidad para Suramérica (Anexo 3), una abrumadora parte de la evidencia indica que en el continente el CCA influye la biodiversidad de forma negativa. En línea con lo anterior, la evidencia científica también indica que dicha influencia negativa está causando principalmente impactos desde una magnitud moderada hasta una magnitud sustancial a lo largo del territorio en diferentes escalas (sección 5.1.1.).

Este estudio también confirmó una tendencia bastante marcada en los estudios de los efectos del CCA sobre la biodiversidad en el mundo. Dicho patrón muestra que el tipo de información y los métodos más usados son del tipo indirecta, por si sola o en combinación con datos e información de tipo directo o recolectados directamente en las regiones foco. Algunos factores que hacen que este patrón sea tan repetitivo en la literatura científica incluyen por un lado la dificultad de obtener series de datos extensas e históricas recolectadas directamente en el campo. Además, varios métodos como aquellos para determinar la distribución potencial de especies en escenarios futuros de cambio climático y el uso de datos de sensores remotos son bastante usados para determinar las tendencias de la biota y elementos que impactan a la biodiversidad, su uso y conservación (Pettorelli *et al.*, 2014; Evans *et al.*, 2015; Garzon-Lopez *et al.*, 2024).

En Suramérica como en otros continentes como el europeo, también se reporta el efecto negativo conjunto del CCA y otros motores de cambio sobre la biodiversidad (Kim *et al.*, 2024). De la misma manera que en Europa, en Suramérica el uso del suelo es uno de los elementos antrópicos que más influyen negativamente en conjunción o por sí solo en la biodiversidad (Tabla 7). Además, en Suramérica se destaca también la explotación directa de recursos naturales. A diferencia de Europa, en Suramérica y en general América Latina es una de las regiones más importantes a nivel mundial en lo referente a explotación de recursos naturales y generación de materias primas (West *et al.*, 2013; León, 2020; Infante-Amate *et al.*, 2022).

Otro patrón evidente en el presente estudio para Suramérica es la concentración de estudios de los efectos del CCA sobre la biodiversidad en Brasil (Figura 2). En esencia este echo puede ser explicado por la combinación de varios factores. Por un lado, por factores propios del país y su territorio, dichos factores incluyen su extenso tamaño y el hecho de ser uno de los países megadiversos a nivel mundial. Por otro lado, es bien sabido que Brasil tiene una de las infraestructuras y capacidades científicas más robustas en Suramérica (Cordeiro *et al.*, 2022; Narayan *et al.*, 2023; Chiquetto & Nolasco 2024).

En el presente estudio también se evidenció la prominencia de estudios en los niveles nacional, subnacional y local que documentan los efectos del CCA sobre la biodiversidad en Suramérica (Figura 3). Este hecho puede ser explicado porque los marcos de financiamiento, gestión, regulación y toma de decisiones en aspectos científicos, se dan a nivel nacional y raramente existen marcos que permitan la financiación de proyectos macro que incluyan a varios países (GESDA, 2020; Soler, 2021).

Por otro lado, la tendencia por estudios en ambientes terrestres fue muy marcada (Figura 4-6). Según varios autores la predilección por la investigación en ecosistemas terrestres (incluidos los dulceacuícolas) se da por varios factores. Primero la falta de financiación para investigación en ambientes marinos en comparación con la financiación para ambientes terrestres, esto sumado con el costo logístico y de infraestructura de la investigación marina que suele ser más elevada (IOC-UNESCO, 2020). Segundo, la menor cantidad de datos disponibles de ambientes marinos en comparación con los ambientes terrestres (Menegotto & Rangel, 2018). Por último, los marcos regulatorios nacionales e internacionales generalmente son más complejos para la investigación en ambientes marinos que en territorios terrestres (Hubert, 2011; Woker *et al.*, 2020). Así mismo, se confirmó que los ecosistemas, regiones biogeográficas y similares, en todos los ambientes, más frecuentemente reportados, son los asociados al territorio brasileiro. No obstante, trabajos en la cordillera de los Andes, también son reportados con relativa frecuencia.

En Suramérica, dominan los estudios de fauna sobre aquello que usan como modelo a las plantas para investigar el efecto negativo del CCA sobre la biodiversidad (Figuras 7-8). Este hallazgo va en la misma línea de varios estudios que han mostrado que los estudios sobre biodiversidad y su conservación tienen un sesgo por grupos de animales vertebrados y que existe un déficit comparativo de estudios en este mismo sentido para plantas y otros organismos, factores culturales como la vistosidad y carisma de algunos grupos biológicos (p. ej. Aves) explica en parte dicha tendencia (Di Marco *et al.*, 2017; Titley *et al.*, 2017; Troudet *et al.*, 2017).

Los efectos del CCA sobre la biodiversidad no se ven exclusivamente al nivel de las poblaciones de especies en Suramérica, sino que también en diferentes niveles o categorías de la biosfera y los servicios ecosistémicos (Eddy *et al.*, 2021; IPCC, 2022). En el presente análisis se ve que el efecto del CCA sobre la biodiversidad es reportado principalmente en los niveles de comunidades biológicas, procesos e interacciones biológicas y niveles ecosistémicos en Suramérica (Figura 9).

La heterogeneidad del paisaje en muchos ambientes de Suramérica podría explicar en parte la tendencia encontrada con respecto a la categoría de impacto del CCA sobre la biodiversidad. En varias regiones del continente los ecosistemas pueden presentar grandes variaciones en variables físicas y biológicas en una distancia muy corta. Por ejemplo, se puede pasar de la selva Amazónica a la cordillera de los Andes en pocos kilómetros (Guimaraes *et al.*, 2021). Esto puede hacer que el recambio de las comunidades biológicas pueda ser importante en varias regiones de nuestro continente. Puede ser también que al medir los efectos del CCA sobre la biodiversidad se noten más precisamente en las comunidades biológicas y en sus interacciones y procesos dentro de los ecosistemas. En otros niveles los efectos del CCA pueden llegar a tardar más tiempo en ser detectados y medidos. Por ejemplo, en el nivel de poblaciones medir estos efectos directamente en campo, sin el uso de modelos, puede llevar varias generaciones (Hoban *et al.*, 2023; Merz *et al.*, 2023).

La mayoría de los países que reportan efectos negativos del CCA con magnitud del impacto sustancial sobre la biodiversidad se concentran en la región andina y Brasil (Figuras 10-11). Desde un punto de vista operativo, se ve claramente que estos países se encuentran entre los que más estudios sobre los efectos del CCA sobre la biodiversidad reportan (Figura 2). Desde un punto de vista más ecológico, existe evidencia que muestra que los ecosistemas andinos son fuertemente afectados por el CCA (Adler *et al.*, 2022; Potter *et al.*, 2023; Cavieres *et al.*, 2025). Otros ecosistemas sensibles al CCA que se presentan en varios de estos países simultáneamente son el Amazonas, Pantanal, Chaco, Bosque Atlántico y Arrecifes y corales del Atlántico y el Pacífico (GCRMN, 2021; Tomas *et al.*, 2021; Boulton *et al.*, 2022; Castellanos *et al.*, 2022; Muniz *et al.*, 2024; Quirama *et al.*, 2025).

A nivel nacional y fuera de las fronteras de los países de Suramérica, especialmente a escalas como global, continental y nacional se reportan con más frecuencia los efectos mixtos del CCA sobre la biodiversidad (Figura 12). A escalas geográficas amplias existe mayor probabilidad de que los efectos negativos y positivos del CCA sobre la biodiversidad a diferentes escalas y categorías de impacto se superpongan a lo largo del territorio creando efectos mixtos. En contraste, en escalas más finas como la local y subnacional puede que sea más probable que se puedan medir las consecuencias del CCA. Por ejemplo, sequías, calor, incendios, deglaciación y pérdida de hábitat entre otros.

En términos de la magnitud, los impactos del CCA sobre la biodiversidad en Suramérica son frecuentemente moderados en escalas muy finas como la local y empiezan a ser reportados como más severos, oscilando entre moderado y sustancial sin un patrón fijo, a medida que la escala se vuelve más gruesa hasta llegar a la escala intercontinental (Figura 13). Según Nadeau *et al.* (2022), los microclimas pueden prevenir las variaciones sustanciales en repuesta al cambio climático. Por ejemplo, existe evidencia que muestra que los microclimas pueden ser más

estables y resilientes en bosques en donde el dosel puede amortiguar los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad (De Frenne *et al.*, 2021).

La evidencia disponible para Suramérica muestra una alta frecuencia de reportes de efectos mixtos del CCA sobre la biodiversidad en ambientes terrestre, dulceacuícola, marino y en varias de las regiones biogeográficas presentes en estos ambientes (Figuras 14-18). Varios factores pueden estar soportando este hecho, como la suma de otros motores de cambio a la ecuación, la variabilidad climática, la presencia de fenómenos climáticos como El Niño y la Niña y las intervenciones humanas desiguales según el país y la región entre muchos otros (OECD, 2018; Bertrand *et al.*, 2020; Castellanos *et al.*, 2022).

Por otro lado, se evidenció que en el ambiente costero del continente se concentran efectos negativos del CCA sobre la biodiversidad (Figuras 14-18). Este ambiente, que es el ecotono entre los ambientes terrestres y marinos, enfrenta grandes retos al ser una de las primeras líneas de exposición a factores provenientes del ambiente marino como olas de calor marinas, aumento del nivel del mar, tormentas y acidificación y presiones antrópicas incluidas en motores de cambio como el uso del suelo y del mar (Cooley *et al.*, 2022; Lansu *et al.*, 2024).

Desde el punto de vista de los ecosistemas, los efectos negativos fueron más frecuentes en ecosistemas altoandinos y áridos como el superpáramo, páramo, puna, matorrales xéricos y la estepa patagónica (Figs. 18-19). En estos ecosistemas, la biota ha evolucionado en condiciones específicas con, entre otras características ecológicas, márgenes térmicos y altitudinales estrechos (Castellanos *et al.*, 2020). Esto hace que la biodiversidad en estas zonas sea más susceptible a cambios ambientales (Diazgranados *et al.*, 2021; Cavieres *et al.*, 2025).

La magnitud del impacto del CCA en varios ecosistemas como los humedales continentales, puna, estepa patagónica, desierto subtropical reportan una frecuencia alta de las magnitudes de impacto sustancial (Figura 19). Es posible que factores como la dependencia hídrica en varios de estos ecosistemas y los márgenes de tolerancia estrechos de la biota a condiciones climáticas favorezca que los efectos del CCA sobre la biodiversidad en estos ambientes sean sustanciales (Tomas *et al.*, 2021; Gómez-Silva & Batista-García 2022; Radic-Schilling *et al.*, 2023; Cavieres *et al.*, 2025).

Para ambientes como el páramo y el superpáramo la magnitud del impacto fue reportada principalmente como moderada (Figura 19). Este hallazgo es en parte contrastante con el alto porcentaje de reporte de efectos negativos del CCA en la biota de estos ambientes (Figura 18). Aunque se reportan frecuentemente efectos adversos del CCA sobre la biota en estos ambientes, es probablemente que factores como la amortiguación microclimática atenúen los efectos adversos, al menos en lo referente a su magnitud (Cavieres *et al.*, 2007; Valencia *et al.*, 2016).

Por grupo biológico, los efectos negativos del CCA en Suramérica se concentran en grupos como los anfibios y son también frecuentemente reportados en mamíferos y reptiles (Figura 20). Los anfibios y reptiles son altamente dependientes de las condiciones ambientales y pueden presentar rangos fisiológicos estrechos (Sunday *et al.*, 2014; Hoffmann *et al.*, 2021). En otros grupos como hongos y bacterias, plantas, aves, invertebrados, fitoplancton y peces los efectos son del tipo mixto principalmente. Posiblemente porque las comunidades de estos últimos grupos

contienen más especies generalistas y más plásticas, biológicamente hablando, que pueden adaptarse mejor a los cambios ambientales (Platts *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2021; Auffret & Svenning 2022; Dahms & Killen, 2023). Los efectos positivos del CCA sobre algunos microorganismos como las cianobacterias son una respuesta a la eutroficación y cambios de temperatura en los cuerpos de agua, que beneficia a estos grupos, pero termina perjudicando a la mayoría de los demás otros grupos (Carmichael & Boyer, 2016; Parmesan *et al.*, 2022; Aguilera *et al.*, 2023).

La magnitud del impacto del CCA guarda relación con la dirección del efecto medido directamente sobre los grupos biológicos en el continente (Figura 21). En anfibios la magnitud del impacto más frecuentemente reportada es la sustancial, mientras que en otros grupos las magnitudes más frecuentes están entre sustancial y moderado, estos patrones han sido reportados para estos grupos en estudios específicos en algunas regiones del mundo (Parmesan *et al.*, 2022; Luedtke *et al.*, 2023). En grupos como las aves, la movilidad de muchas de sus especies puede ayudar a atenuar la magnitud del efecto del CCA (Parmesan *et al.*, 2022).

Los impactos del CCA sobre la biodiversidad medidos por categoría son principalmente negativos en procesos y funciones ecosistémicas, ecosistemas y poblaciones en el continente (Figura 22). Por otro lado, también dominan los efectos de tipo mixto en categorías como individuo–genético, biomas/biosfera y comunidades. La magnitud del impacto del CCA medida por categoría es más frecuente en los niveles moderado y sustancial (Figura 23). Las magnitudes de impacto más elevadas se ven en los niveles individuo–genético, de poblaciones, en procesos y funciones ecosistémicas y ecosistemas. En categorías como biomas/biosfera y comunidades son más frecuentes los impactos de tipo moderado.

En Suramérica, varios factores coexisten junto con el CCA. Entender estos factores y las relaciones entre ellos permite entender varios de los patrones mostrados en los resultados obtenidos en este trabajo en lo referente a categorías de impacto. El cambio climático y su interacción con otros motores de cambio, por ejemplo, con el uso del suelo pueden amplificar los impactos del CCA sobre las diferentes categorías de la biodiversidad en nuestro planeta (Le Page *et al.*, 2017; Newbold, 2018). Lo anterior sumado con la gran diversidad ambiental de nuestro continente con cambios abruptos en relativamente poca distancia. Por ejemplo, las transiciones entre tierras bajas y la cordillera de los Andes a lo largo de todo el continente, pueden producir respuestas diversas a lo largo del territorio y las categorías de medición que usamos los humanos para medir estos cambios.

## 6.2. Mecanismos de mitigación, adaptación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático identificados en la literatura y sus tendencias emergentes a escalas locales y globales

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que en la literatura referente a mecanismos propuestos de mitigación y adaptación de la biodiversidad frente al cambio climático de los últimos 10 años prima la información y los métodos de tipo indirecto (sección 5.2.1.). Como se mencionó en la sección anterior, factores que hacen que este patrón sea tan repetitivo en la literatura científica incluyen la dificultad de obtener series de datos extensas e históricas recolectadas directamente en el campo.

Al estudiar los mecanismos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al cambio climático antropogénico (CCA) se mostró que existen otros motores de cambio que están en sinergia con el cambio climático y que afectan a la biodiversidad en este contexto. A nivel mundial, en la literatura estudiada se destacan por su impacto negativo motores como el uso del suelo, la contaminación, la explotación directa de recursos naturales, las políticas, instituciones y gobernanza. Y a diferencia de en Suramérica, las especies exóticas e invasoras (Tabla 8). Estos motores de cambio y otros motores encontrados en este estudio son reportados frecuentemente por afectar la biodiversidad en conjunción con el CCA (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020).

La mayor concentración de estudios sobre los mecanismos propuestos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA se concentraron en Asia, pero seguido de cerca América del Norte, África y Europa (Figura 24). De esta manera no sorprende que Estados Unidos de Norte América y China sean a los países con mayor número de estudios reportados. Estos dos países presentan mayor extensión y sus economías son mucho más fuertes que otros países a nivel mundial. Además, son los países que más recursos destinan para la producción y reporte científico a nivel mundial (Lindawati & Meiryani 2024; National Science Board, 2025).

Al igual que en el apartado anterior dedicado a Suramérica, para esta sección de mecanismos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial, se encontró la predominancia de estudios enmarcados en los niveles nacional, subnacional y local (Figura 25). Primero, los planes de gestión, mitigación y su financiamiento se dan principalmente dentro de las fronteras de los países. En segundo lugar, a escalas menores es más factible y fácil financiar respuestas de mitigación y adaptación al CCA. Por último, es más fácil medir y reportar resultados a escalas pequeñas (Global Center on Adaptation and Climate and Development Knowledge Network, 2023; Terton & Jang 2024).

Al reportar los mecanismos o respuestas de adaptación, mitigación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA, también se observó una predilección de los autores por el trabajo en ambientes terrestres (Figura 26). Se resaltan nuevamente los factores que influyen en Suramérica y que influyen en otras regiones del planeta. Falta de financiación de ambientes marinos en comparación con la financiación para ambientes terrestres, el costo logístico y de infraestructura de la investigación marina que suele ser más elevada, la menor cantidad de datos disponibles en comparación con los ambientes terrestres y los marcos regulatorios nacionales e internacionales generalmente son más complejos para la investigación en ambientes marinos que en territorios terrestres (Hubert, 2011; IOC-UNESCO, 2020; Woker *et al.*, 2020).

En el tema de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA no se observó un dominio marcado en la frecuencia de reporte por grupo de organismos biológicos (Figura 27). También se observó que no hay una dominancia marcada entre los grupos de animales entre sí. Esto se debe a que en general los trabajos que reportan respuestas de adaptación, mitigación o vulnerabilidades realizan las mediciones de efectos y resultados a niveles socioecosistémico y de servicios ecosistémicos (Chausson *et al.*, 2020; Key *et al.*, 2022) que es precisamente lo que muestran los resultados encontrados en este análisis (Figura 29).



Como se dijo en la sección de resultados, la mayoría de los trabajos encontrados reporta mecanismos y respuestas de adaptación sobre los de mitigación para enfrentar los efectos del CCA sobre la biodiversidad a nivel mundial (Figura 30). Esto puede deberse a que las respuestas de adaptación atacan los efectos del CCA y propende por una adaptación por sí misma, mientras que las respuestas de mitigación atacan directamente las causas. Atacar las causas del cambio climático es atacar problemas globales complejas para las que tal vez no existan soluciones únicas en los diferentes niveles. Por ejemplo, mitigar la emisión de gases de invernadero (IPCC, 2022; UNEP 2024).

En el grupo de las medidas de adaptación de la biodiversidad a los efectos del CCA se observó una concentración de las respuestas enfocadas a las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) (Figura 31). Varios factores respaldan esta tendencia. Las SBN han sido de amplia adopción y reconocimiento por su efectividad y relativa facilidad para obtener y medir resultados en las comunidades científicas y de tomadores de decisiones (UNEA, 2022; Bueno-Pardo *et al.*, 2024; Terton *et al.*; 2024).

Por el lado de las respuestas de mitigación se evidenció un patrón de predominancia de los mecanismos relacionados al secuestro o almacenamiento de carbono (Figura 32). Esta tendencia puede deberse a que hoy en día existen varios mecanismos e instrumentos como los REDD+ y los bonos de carbono. Además, estos mecanismos incluyen implementaciones como la reforestación y restauración en ambientes terrestres, dulceacuícolas y marinos (IPCC, 2022).

En lo referente a las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA, estas se centraron en categorías de exposición a peligros climáticos en general, la sensibilidad a sequía o estrés hídrico, sensibilidad a inundaciones y la baja conectividad ecológica (Figura 33). Estas vulnerabilidades son conspicuas gracias a que causan impactos importantes en la biodiversidad como la mortalidad masiva de especies biológicas en diferentes ambientes. Además, afectan recursos supremamente importantes como lo es el recurso hídrico y por último afectan la movilidad y dispersión de la biota (Hammond *et al.*, 2022; IPCC, 2022; Zhou *et al.*, 2025).

### **6.3. Ventajas en la dimensión ecológica reportadas en la literatura de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales en iniciativas que abordan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y la acción frente al cambio climático en temáticas específicas como vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas**

Los resultados mostraron que los trabajos publicados sobre las ventajas en la dimensión ecológica de incorporar enfoques inclusivos en temáticas relacionadas con vulnerabilidad de ecosistemas y especies amenazadas frente al cambio climático antropogénico (CCA) se enfocan en información de tipo mixta (cualitativa y cuantitativa) con datos e información de tipo indirecta (sección 5.3.1.).



Como en las otras temáticas analizadas en este trabajo, priman los métodos de análisis de tipo indirecto basados en indicadores o datos secundarios (sección 5.3.1.). Como se mencionó en la sección anterior, factores que hacen que este patrón sea tan repetitivo en la literatura científica incluyen la dificultad de obtener series de datos extensas e históricas recolectadas directamente en el campo.

Al estudiar las ventajas de incorporar enfoques diferenciales e inclusivos en la protección de la biodiversidad frente al CCA se encontró que existe una concentración en Asia (Figura 37). La combinación de varios factores puede explicar la tendencia encontrada. En primer lugar, Asia presenta varios de los hotspots de biodiversidad que además están sometidos a la exposición climática (Myers *et al.*, 2000; World Meteorological Organization, 2024). En segundo lugar, grandes países de Asia han implementado en los últimos años programas para mejorar la calidad de los socioecosistemas frente al CCA. Por ejemplo, China con programas e iniciativas como por ejemplo Grain for Green, Sponge city y Ecological Redline Policy (Bai *et al.*, 2018; Lu *et al.*, 2018; Fu *et al.*, 2022). Por último, un factor relevante en este sentido es la capacidad de reporte y escritura que tienen cada uno de estos países, en especial China que es uno de los países del mundo que más trabajos científicos publica a nivel mundial (Lindawati & Meiryani 2024; National Science Board, 2025).

La medición y reporte de las ventajas de incorporar medidas inclusivas y diferenciales frente al CCA se concentró en estudios enmarcados en los niveles nacional, subnacional y local (Figura 38). En gran parte esto puede deberse a que muchas veces los marcos de reporte y evaluación de las medidas para enfrentar el CCA se dan a nivel de país. Por ejemplo, los planes nacionales de adaptación (UNFCCC, 2023; OECD, 2024; UNFCCC, 2025). Por otro lado, estas ventajas a nivel comunitario se miden directamente en lo local, en donde las medidas y la toma de decisión puede ser más efectiva.

Como sucede en otras temáticas tratadas en este análisis, en la mayoría de los trabajos referentes a las ventajas de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA se centraron en los ambientes terrestres (Figura 39). En general esta es una tendencia a nivel mundial que tiene que ver la facilidad de implementación de iniciativas y el foco de financiación en los ambientes terrestres, como se mencionó en las síntesis anteriores (Hubert, 2011; IOC-UNESCO, 2020; Woker *et al.*, 2020), similares patrones se han encontrado en estudios que miden la efectividad de respuestas ante el cambio climático (Chausson *et al.*, 2020).

En los trabajos analizados sobre las ventajas de la inclusión de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA se encontró que los ecosistemas y hábitats vulnerables en donde se centraron estos trabajos son principalmente las formaciones boscosas (Figura 40). La medición de las ventajas ecológicas de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales pueden ser más rápidamente medibles y reportadas en las comunidades aledañas a formaciones boscosas (Brofeldt *et al.*, 2014). Además, como se mencionó anteriormente, existen mecanismos que incentivan de manera directa o indirecta la inclusión de las comunidades en las acciones frente al CCA y en la repartición de beneficios en estas comunidades, dichos mecanismos incluyen los REDD+ (García, 2022).

Al respecto de los enfoques de tipo inclusivo o diferencial se encontró que priman aquellos en donde se estimula la participación comunitaria y el voluntariado (Figura 41). Este hecho se da principalmente porque los marcos de acción y los mecanismos de financiación frente al CCA estimulan en gran parte la participación de comunidades locales e indígenas. Por ejemplo, Marco Mundial de la Biodiversidad de Kunming-Montreal (KM-GBF) (CBD, 2022; OECD, 2024). Además, la evidencia empírica indica que el empoderamiento de las comunidades locales potencia los resultados positivos en temas de conservación de la biodiversidad y acción contra el cambio climático (Parks & Tsioumani 2023; Zhang *et al.*, 2023).

Las ventajas de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA que se presentan con mayor frecuencia en los trabajos publicados tienen que ver con temáticas como recuperación, restauración, provisión de hábitats, conservación de especies, el fortalecimiento de la gobernanza, planificación y monitoreo del territorio (Figura 42). Este tipo de acción ajustados a las realidades socioecológicas y de gobernanza de las comunidades, hace que las iniciativas de los tipos mencionados sean más perdurables y se puedan mantener a lo largo del tiempo favoreciendo ecosistemas y especies vulnerables (Coger *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023; UNEP-WCMC & IUCN, 2024). Además, estas iniciativas generan sentido de apropiación de las iniciativas y de los territorios por parte de las comunidades (Danielsen *et al.*, 2022).

## 7. Conclusiones generales

- Según la literatura científica publicada en los últimos 10 años en relación con el vínculo del Cambio Climático Antropogénico (CCA) y la biodiversidad para Suramérica, la evidencia indica el CCA influencia la biodiversidad de forma negativa principalmente. Además, indica que dicha influencia negativa está causando impactos de moderada hasta sustanciales en la biodiversidad medida en diferentes escalas y categorías.
- En Suramérica también se reporta el efecto negativo conjunto del CCA y otros motores de cambio sobre la biodiversidad. En Suramérica el uso del suelo y la explotación directa de recursos naturales son factores antrópicos que más influyen negativamente en conjunción con el CCA sobre la biodiversidad.
- Otro patrón evidente en el presente estudio para Suramérica es la concentración de estudios de los efectos del CCA sobre la biodiversidad en Brasil. Esto se debe a factores como su extenso tamaño y el hecho de ser uno de los países megadiversos a nivel mundial y el poseer capacidades científicas más robustas en Suramérica.
- La mayoría de los países que reportan efectos negativos del CCA con magnitud del impacto sustancial sobre la biodiversidad en Suramérica se concentran en la región andina y Brasil. Estos países se encuentran entre los que más estudios sobre los efectos del CCA sobre la biodiversidad reportan. Existe evidencia que muestra que los ecosistemas andinos son fuertemente afectados por el CCA y otros ecosistemas sensibles al CCA que se presentan en varios de estos países simultáneamente son el Amazonas, Pantanal, Chaco, Bosque Atlántico y Arrecifes y corales del Atlántico y el Pacífico.
- El ambiente costero de Suramérica concentra efectos negativos del CCA sobre la biodiversidad. Este ambiente, enfrenta grandes retos al ser una de las primeras líneas de exposición a factores provenientes del ambiente y presiones antrópicas incluidas en motores de cambio como el uso del suelo y del mar.
- Desde el punto de vista de los ecosistemas, los efectos negativos fueron más frecuentes en ecosistemas altoandinos y áridos como el superpáramo, páramo, puna, matorrales xéricos y la estepa patagónica. En estos ecosistemas, la biota ha evolucionado en condiciones específicas con márgenes térmicos y altitudinales estrechos, entre otros. Esto hace que la biodiversidad en estas zonas sea más susceptible a cambios ambientales.
- La magnitud del impacto del CCA en varios ecosistemas como los humedales continentales, puna, estepa patagónica, desierto subtropical reportan una frecuencia alta de las magnitudes de impacto sustancial en Suramérica. Factores para explicar este hecho pueden incluir la dependencia hídrica en varios de estos ecosistemas y los márgenes de tolerancia estrechos de la biota a condiciones climáticas favorezca que los efectos del CCA sobre la biodiversidad en estos ambientes sean sustanciales.

- Los efectos negativos del CCA en Suramérica se concentran en grupos como los anfibios, mamíferos y reptiles. En otros grupos como hongos y bacterias, plantas, aves, invertebrados, fitoplancton y peces los efectos son del tipo mixto principalmente. Los efectos positivos del CCA sobre algunos microorganismos como las cianobacterias son una respuesta a la eutroficación y cambios de temperatura en los cuerpos de agua, que beneficia a estos grupos, pero termina perjudicando a la mayoría de los demás otros grupos.
- Los impactos del CCA sobre la biodiversidad en Suramérica, medidos por categoría de impacto, son principalmente negativos en procesos y funciones ecosistémicas, ecosistemas y poblaciones en el continente. Las magnitudes de impacto más elevadas se ven en los niveles individuo–genético, de poblaciones y en procesos y funciones ecosistémicas y ecosistemas. En categorías como biomas/biosfera y comunidades son más frecuentes los impactos de tipo moderado.
- Al estudiar los mecanismos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA se mostró que existen otros motores de cambio que están en sinergia con el cambio climático y que afectan a la biodiversidad en el contexto mundial. Se destacan por su impacto negativo motores como el uso del suelo, la contaminación, la explotación directa de recursos naturales, las políticas, instituciones y gobernanza y las especies exóticas e invasoras.
- La mayor concentración de estudios sobre los mecanismos propuestos de adaptación, mitigación y vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA se concentraron en Asia, pero seguido de cerca América del Norte, África y Europa. De esta manera no sorprende que Estados Unidos de Norte América y China sean a los países con mayor número de estudios reportados. Estos dos países presentan mayor extensión y sus economías son mucho más fuertes que otros países a nivel mundial. Además, son los países que más recursos destinan para la producción y reporte científico a nivel mundial.
- La mayoría de los trabajos encontrados reporta mecanismos y respuestas de adaptación sobre los de mitigación para enfrentar los efectos del CCA sobre la biodiversidad a nivel mundial. Las respuestas de adaptación atacan los efectos del CCA, mientras que las respuestas de mitigación atacan directamente las causas. Atacar las causas del cambio climático es atacar problemas globales complejas para las que tal vez no existan soluciones únicas en los diferentes niveles.
- En el grupo de las medidas de adaptación de la biodiversidad a los efectos del CCA se observó una concentración de las respuestas enfocadas a las soluciones basadas en la naturaleza (SBN). Factores que respaldan esta tendencia son: las SBN han sido de amplia adopción y reconocimiento por su efectividad y relativa facilidad para obtener y medir resultados en las comunidades científicas y de tomadores de decisiones.

- Por el lado de las respuestas de mitigación se evidenció un patrón de predominancia de los mecanismos relacionados al secuestro o almacenamiento de carbono. Esta tendencia puede deberse a que hoy en día existen varios mecanismos e instrumentos como los REDD+ y los bonos de carbono.
- En lo referente a las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA, estas se centraron en categorías de exposición a peligros climáticos en general, vulnerabilidades referentes al recurso hídrico y conectividad ecológica. Estas vulnerabilidades son conspicuas gracias a que causan impactos importantes en la biodiversidad como la mortalidad masiva de especies biológicas en diferentes ambientes.
- Al estudiar las ventajas de incorporar enfoques diferenciales e inclusivos en la protección de la biodiversidad frente al CCA se encontró que existe una concentración de trabajos en Asia. Asia presenta varios de los hotspots de biodiversidad a nivel mundial que además están sometidos a la exposición climática. Además, grandes países de Asia han implementado en los últimos años programas para mejorar la calidad de los socioecosistemas frente al CCA. Por último, un factor relevante en este sentido es la capacidad de reporte y escritura que tienen cada uno de estos países, en especial China que es uno de los países del mundo que más trabajos científicos publica a nivel mundial.
- En los trabajos analizados sobre las ventajas de la inclusión de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA se encontró que los ecosistemas y hábitats vulnerables en donde se centraron estos trabajos tiene que ver principalmente con formaciones boscosas. La medición de las ventajas ecológicas de incorporar enfoques inclusivos y diferenciales pueden ser más rápidamente medibles y reportadas en las comunidades aledañas a estas formaciones. Además, como se mencionó anteriormente, existen mecanismos que incentivan de manera directa o indirecta la inclusión de las comunidades en las acciones frente al CCA y en la repartición de beneficios en estas comunidades, dichos mecanismos incluyen los REDD+.
- Al respecto de los enfoques de tipo inclusivo o diferenciales en protección de la biodiversidad frente al CCA se encontró que priman aquellos en donde se estimula la participación comunitaria y el voluntariado. Este hecho se da principalmente porque los marcos de acción y los mecanismos de financiación frente al CCA estimulan en gran parte la participación de comunidades locales e indígenas. Además, la evidencia empírica indica que el empoderamiento de las comunidades locales potencia los resultados positivos en temas de conservación de la biodiversidad y acción contra el cambio.
- Las ventajas de incorporar medidas inclusivas y diferenciales para proteger la biodiversidad frente al CCA que se presentan con mayor frecuencia en los trabajos publicados tienen que ver con temáticas como recuperación, restauración, provisión de hábitats, conservación de especies, el fortalecimiento de la gobernanza, planificación y monitoreo del territorio.

- Los resultados obtenidos en este trabajo indican que, en la literatura referente a la relación entre el CCA y la biodiversidad en Suramérica, los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA en de los últimos 10 años, prima la información y los métodos de tipo indirecto.
- Se evidenció la prominencia de estudios en los niveles nacional, subnacional y local que documentan los efectos del CCA y la biodiversidad en Suramérica, los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial en los últimos 10 años. Este hecho puede ser explicado porque los marcos de financiamiento, gestión, regulación y toma de decisiones en aspectos científicos, se dan a nivel nacional y raramente existen marcos que permitan la financiación de proyectos macro que incluyan a varios países.
- En términos de la magnitud, los impactos del CCA y la biodiversidad en Suramérica y los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial en los últimos 10 años son frecuentemente moderados en escalas muy finas como la local y empiezan a ser reportados como más severos, oscilando entre moderado y sustancial sin un patrón fijo, a medida que la escala se vuelve más gruesa hasta llegar a la escala intercontinental.
- La tendencia por estudios en ambientes terrestres fue muy marcada en toda la literatura, tanto la que analiza los efectos del CCA en Suramérica, como la que analiza los mecanismos propuestos de mitigación, adaptación y las vulnerabilidades de la biodiversidad frente al CCA y las ventajas de incorporar enfoques inclusivos en acciones de protección de la biodiversidad frente al CCA a nivel mundial. La predilección por la investigación en ecosistemas terrestres se da por varios factores. Dichos factores incluyen: la falta de financiación para investigación en ambientes marinos en comparación con la financiación para ambientes terrestres, el costo logístico y de infraestructura de la investigación marina que suele ser más elevada, la menor cantidad de datos disponibles de ambientes marinos en comparación con los ambientes terrestres y los marcos regulatorios nacionales e internacionales generalmente son más complejos para la investigación en ambientes marinos que en territorios terrestres.

## 8. Referencias

- Adler, C., Wester, P., Bhatt, I., Huggel, C., Insarov, G. E., Morecroft, M. D., Muccione, V., & Prakash, A. (2022). Cross-Chapter Paper 5: *Mountains*. En H.-O. Pörtner et al. (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press.
- Aguilera, A., Almanza, V., Haakonsson, S., Palacio, H., Benitez Rodas, G. A., Barros, M. U. G., Capelo-Neto, J., Urrutia, R., Aubriot, L., & Bonilla, S. (2023). Cyanobacterial bloom monitoring and assessment in Latin America. *Harmful Algae*, 125, 102429. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102429>
- Allen, M. (2020). Understanding the practice, application, and limitations of meta-analysis. *American Behavioral Scientist*, 64(1), 74–96. <https://doi.org/10.1177/0002764219859619>
- Atkinson, J., Brudvig, L. A., Mallen-Cooper, M., Nakagawa, S., Moles, A. T., & Bonser, S. P. (2022). Terrestrial ecosystem restoration increases biodiversity and reduces its variability, but not to reference levels: A global meta-analysis. *Ecology Letters*, 25, 1725–1737. <https://doi.org/10.1111/ele.14025>
- Auffret, A. G., & Svenning, J.-C. (2022). Climate warming has compounded plant responses to habitat conversion in northern Europe. *Nature Communications*, 13(1), 7818. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35516-7>
- Bertrand, A., Lengaigne, M., Takahashi, K., Avadí, A., Poulain, F., & Harrod, C. (2020). *El Niño–Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture* (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 660). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://doi.org/10.4060/ca8348en>
- Blois, J. L., Zarnetske, P. L., Fitzpatrick, M. C., & Finnegan, S. (2013). Climate change and the past, present, and future of biotic interactions. *Science*, 341(6145), 499–504. <https://doi.org/10.1126/science.1237184>
- Boulton, C. A., Lenton, T. M., & Boers, N. (2022). Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change*, 12(3), 271–278. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>
- Brofeldt, S., Theilade, I., Burgess, N., Danielsen, F., Poulsen, M., Adrian, T., Bang, T., Budiman, A., Jensen, J., Jensen, A., Kurniawan, Y., Lægaard, S., Mingxu, Z., Van Noordwijk, M., Rahayu, S., Rutishauser, E., Schmidt-Vogt, D., Warta, Z., & Widayati, A. (2014). Community Monitoring of Carbon Stocks for REDD+: Does Accuracy and Cost Change over Time? *Forests*, 5(8), 1834–1854. <https://doi.org/10.3390/f5081834>
- Bueno - Pardo, J., Ruiz - Frau, A., Garcia, C., & Ojea, E. (2024). Assessing the effectiveness of marine nature - based solutions with climate risk assessments. *Global Change Biology*, 30(5), e17296. <https://doi.org/10.1111/gcb.17296>



Carmichael, W. W., & Boyer, G. L. (2016). Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: Implications for the North American Great Lakes. *Harmful Algae*, 54, 194-212. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.02.002>

Castellanos, E., Lemos, M. F., Astigarraga, L., Chacón, N., Cuvi, N., Huggel, C., Miranda, L., Moncassim Vale, M., Ometto, J. P., Peri, P. L., Postigo, J. C., Ramajo, L., Roco, L., & Rusticucci, M. (2022). Central and South America. En H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1689–1816). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.014>

Castellanos, E., Lemos, M. F., Astigarraga, L., Chacón, N., Cuvi, N., Huggel, C., Miranda, L., Vale, M. M., Ometto, J. P., Peri, P. L., Postigo, J. C., Ramajo, L., Roco, L., & Rusticucci, M. (2022). Central and South America. En H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1689–1816). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.014>

Castilla, J. C., Armesto Zamudio, J. J., Martínez-Harms, M. J., & Tecklin, D. (Eds.). (2023). *Conservation in Chilean Patagonia: Assessing the State of Knowledge, Opportunities, and Challenges* (Vol. 19). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9>

Cavieres, L. A., Badano, E. I., Sierra-Almeida, A., & Molina-Montenegro, M. A. (2007). Microclimatic Modifications of Cushion Plants and Their Consequences for Seedling Survival of Native and Non-native Herbaceous Species in the High Andes of Central Chile. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 39(2), 229-236.

Cavieres, L. A., Llambí, L. D., Anthelme, F., Hofstede, R., & Arroyo, M. T. K. (2025). High-Andean vegetation under environmental change: A continental synthesis. *Annual Review of Environment and Resources*, 50, 219–245. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-111523-101920>

Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C. A. J., Kapos, V., Key, I., Roe, D., Smith, A., Woroniecki, S., & Seddon, N. (2020). Mapping the effectiveness of nature - based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, 26(11), 6134-6155. <https://doi.org/10.1111/gcb.15310>

Chiquetto, J. B., & Nolasco, M. A. (2024). New insights on climate change and adaptation research in Brazil: A bibliometric and bibliographic review. *Discover Environment*, 2(1), 36. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00067-9>

Coger, T., Dinshaw, A., Tye, S., Kratzer, B., Thazin Aung, M., Cunningham, E., Ramkissoon, C., Gupta, S., Bodrud-Doza, M., Karamallis, A., Mbewe, S., Granderson, A., Dolcemasclo, G., Tewary, A., Mirza, A., & Carthy, A. (2022). *Locally*



led adaptation: From principles to practice (Working paper). World Resources Institute. <https://doi.org/10.46830/wriwp.21.00142>

Convention on Biological Diversity (CBD) (2022). *Decision 15/4: Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* (CBD/COP/DEC/15/4). Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Cooley, S. R., Schoeman, D., Bopp, L., Boyd, P., Donner, S., Ghebrehiwet, D. Y., Ito, S.-I., Kiessling, W., Martinetto, P., Ojea, E., Racault, M.-F., Rost, B., & Skern-Mauritzen, M. (2022). Oceans and coastal ecosystems and their services. En H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 379–550). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.005>

Cordeiro, C. A. M. M., Aued, A. W., Barros, F., Bastos, A. C., Bender, M., Mendes, T. C., Creed, J. C., Cruz, I. C. S., Dias, M. S., Fernandes, L. D. A., Coutinho, R., Gonçalves, J. E. A., Floeter, S. R., Mello-Fonseca, J., Freire, A. S., Gherardi, D. F. M., Gomes, L. E. O., Lacerda, F., Martins, R. L., Longo, G. O., Mazzuco, A. C., Menezes, R., Muelbert, J. H., Paranhos, R., Quimbayo, J. P., Valentin, J. L., Ferreira, C. E. L. (2022). Long-term monitoring projects of Brazilian marine and coastal ecosystems. *PeerJ*, 10, e14313. <https://doi.org/10.7717/peerj.14313>

Cordray, D. S., & Morphy, P. (2009). Research synthesis and public policy. *The handbook of research synthesis and meta-analysis*, 2, 473-494.

Dahms, C., & Killen, S. S. (2023). Temperature change effects on marine fish range shifts: A meta - analysis of ecological and methodological predictors. *Global Change Biology*, 29(16), 4459-4479. <https://doi.org/10.1111/gcb.16770>

Danielsen, F., Eicken, H., Funder, M., Johnson, N., Lee, O., Theilade, I., Argyriou, D., & Burgess, N. D. (2022). Community monitoring of natural resource systems and the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 637–670. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-022325>

De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B. R., Zellweger, F., Aalto, J., Ashcroft, M. B., Christiansen, D. M., Decocq, G., De Pauw, K., Govaert, S., Greiser, C., Gril, E., Hampe, A., Jucker, T., Klimes, D. H., Koelemeijer, I. A., Lembrechts, J. J., Marrec, R., Meeussen, C., Ogée, J., Tyystjärvi, V., Vangansbeke, P., Hylander, K. (2021). Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*, 27(11), 2279-2297. <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>

Di Marco, M., Chapman, S., Althor, G., Kearney, S., Besancon, C., Butt, N., Maina, J. M., Possingham, H. P., Rogalla Von Bieberstein, K., Venter, O., & Watson, J. E. M. (2017). Changing trends and persisting biases in three decades of conservation science. *Global Ecology and Conservation*, 10, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.008>

Diazgranados, M., Tovar, C., Etherington, T. R., Rodríguez-Zorro, P. A., Castellanos-Castro, C., Galvis Rueda, M., & Flantua, S. G. A. (2021). Ecosystem services show variable responses to future climate conditions in the Colombian páramos. *PeerJ*, 9, e11370. <https://doi.org/10.7717/peerj.11370>

Eddy, T. D., Lam, V. W. Y., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A. M., Greer, K., Palomares, M. L. D., Bruno, J. F., Ota, Y., & Cheung, W. W. L. (2021). Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth*, 4(9), 1278-1285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>

Evans, T. G., Diamond, S. E., & Kelly, M. W. (2015). Mechanistic species distribution modelling as a link between physiology and conservation. *Conservation Physiology*, 3(1), cov056. <https://doi.org/10.1093/conphys/cov056>

FAO. (2021). *Climate change, biodiversity and nutrition nexus – Evidence and emerging policy and programming opportunities*. Rome.

Fu, G., Zhang, C., Hall, J. W., & Butler, D. (2023). Are sponge cities the solution to China's growing urban flooding problems? *WIREs Water*, 10(1), e1613. <https://doi.org/10.1002/wat2.1613>

García Pachón, M. del P. (Ed.). (2022). *Lecturas sobre derecho del medio ambiente* (Tomo XXII). Universidad Externado de Colombia.

Garzon - Lopez, C. X., Miranda, A., Moya, D., & Andreo, V. (2024). Remote sensing biodiversity monitoring in Latin America: Emerging need for sustained local research and regional collaboration to achieve global goals. *Global Ecology and Biogeography*, 33(4), e13804. <https://doi.org/10.1111/geb.13804>

Geneva Science and Diplomacy Anticipator (GESDA) (2025). *Anticipatory science diplomacy: A framework for global action*. Geneva Science and Diplomacy Anticipator Foundation.

GIZ. (2025). *Términos de referencia. Proyecto: INTERFAZ IKI II. PN: 23.9000.3-001.00. Proceso No. 83485860*. GIZ - Cooperación Alemana Colombia.

Global Center on Adaptation (GCA), & Climate and Development Knowledge Network (CDKN). (2023). *Stories of resilience: Lessons from local adaptation practice*. <https://cms.adaptationportal.gca.org/assets/stories-of-resilience.pdf>

Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN). (2021). *Status of Coral Reefs of the World: 2020*. International Coral Reef Initiative (ICRI).

Gómez-Silva, B., & Batista-García, R. A. (2022). The Atacama Desert: A Biodiversity Hotspot and Not Just a Mineral-Rich Region. *Frontiers in Microbiology*, 13, 812842. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.812842>

Google Scholar. (2025, 1 de diciembre). Resultados de búsqueda para “Meta-análisis + toma de decisiones + administración pública”. Recuperado el 1 de diciembre de 2025, de [https://scholar.google.com/scholar?q=Meta-an%C3%A1lisis+%2Btoma+de+decisiones+%2Badministraci%C3%B3n+p%C3%BAblica&hl=es&as\\_sdt=0%2C5&as\\_ylo=2015&as\\_yhi=](https://scholar.google.com/scholar?q=Meta-an%C3%A1lisis+%2Btoma+de+decisiones+%2Badministraci%C3%B3n+p%C3%BAblica&hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2015&as_yhi=)

Grames, E. M., Stillman, A. N., Tingley, M. W., & Elphick, C. S. (2019). An automated approach to identifying search terms for systematic reviews using keyword co-occurrence networks. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(10), 1645–1654. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13268>

Guimaraes, A. F., De Souza, C. R., Rosa, C., Paulo Dos Santos, J., Teixeira, L. A. F., Zanzini, L. P., Santiago, W. T. V., & Zanzini, A. C. D. S. (2021). Small-scale environmental variations drive vegetation structure and diversity in Amazon riverine forests. *Flora*, 283, 151916. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151916>

Habibullah, S., Din, B. H., Tan, S. H., & Zahid, H. (2022). Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 1073–1086. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15702-8>

Hammond, W. M., Williams, A. P., Abatzoglou, J. T., Adams, H. D., Klein, T., López, R., Sáenz-Romero, C., Hartmann, H., Breshears, D. D., & Allen, C. D. (2022). Global field observations of tree die-off reveal hotter-drought fingerprint for Earth's forests. *Nature Communications*, 13(1), 1761. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29289-2>

Hansen, C., Steinmetz, H., & Block, J. (2022). How to conduct a meta-analysis in eight steps: a practical guide. *Management Review Quarterly*, 72, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00247-4>

Harrison, S., Franklin, J., Hernandez, R. R., Ikegami, M., Safford, H. D., & Thorne, J. H. (2024). Climate change and California's terrestrial biodiversity. *PNAS*, 121(32), e2310074121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2310074121>

Hoban, S., Da Silva, J. M., Mastretta - Yanes, A., Grueber, C. E., Heuertz, M., Hunter, M. E., Mergeay, J., Paz - Vinas, I., Fukaya, K., Ishihama, F., Jordan, R., Köppä, V., Latorre - Cárdenas, M. C., MacDonald, A. J., Rincon - Parra, V., Sjögren - Gulve, P., Tani, N., Thurfjell, H., & Laikre, L. (2023). Monitoring status and trends in genetic diversity for the Convention on Biological Diversity: An ongoing assessment of genetic indicators in nine countries. *Conservation Letters*, 16(3), e12953. <https://doi.org/10.1111/conl.12953>

Hoffmann, E. P., Cavanough, K. L., & Mitchell, N. J. (2021). Low desiccation and thermal tolerance constrains a terrestrial amphibian to a rare and disappearing microclimate niche. *Conservation Physiology*, 9(1), coab027. <https://doi.org/10.1093/conphys/coab027>

Hubert, A.-M. (2011). The New Paradox in Marine Scientific Research: Regulating the Potential Environmental Impacts of Conducting Ocean Science. *Ocean Development & International Law*, 42(4), 329-355. <https://doi.org/10.1080/00908320.2011.619368>

Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (1996). Cumulative research knowledge and social policy formulation: The critical role of meta-analysis. *Psychology, Public Policy, and Law*, 2(2), 324–347. <https://doi.org/10.1037/1076-8971.2.2.324>

Infante-Amate, J., Urrego-Mesa, A., Piñero, P., & Tello, E. (2022). The open veins of Latin America: Long-term physical trade flows (1900–2016). *Global Environmental Change*, 76, 102579. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102579>

Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (IOC-UNESCO). (2020). *Global ocean science report 2020: Charting capacity for ocean sustainability—Executive summary* (K. Isensee, Ed.; IOC Policy Series, 2020-1). UNESCO Publishing. <https://gosr.ioc-unesco.org>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Summary for policymakers. En P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, & J. Malley (Eds.), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>

Key, I. B., Barlow, J., Aalto, J., et al. (2022). Biodiversity outcomes of nature-based solutions for climate change adaptation: Characterising the evidence base. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 905767. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.905767>

Khan, S., Memon, B., & Memon, M. A. (2019). Meta-analysis: A critical appraisal of the methodology, benefits and drawbacks. *British Journal of Hospital Medicine*, 80(11), 636–641. <https://doi.org/10.12968/hmed.2019.80.11.636>

Kim, H., Lazurko, A., Linney, G., Maskell, L., Díaz-General, E., Jungwirth Březovská, R., Keune, H., Laspidou, C., Malinen, H., Oinonen, S., Raymond, J., Rounsevell, M., Vaňo, S., Demaria Venâncio, M., Viesca-Ramirez, A., Wijesekera, A., Wilson, K., Ziliaskopoulos, K., & Harrison, P. A. (2024). Understanding the role of biodiversity in the climate, food, water, energy, transport and health nexus in Europe. *Science of The Total Environment*, 925, 171692. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171692>

Lansu, E. M., Reijers, V. C., Höfer, S., Luijendijk, A., Rietkerk, M., Wassen, M. J., Lammerts, E. J., & Van Der Heide, T. (2024). A global analysis of how human infrastructure squeezes sandy coasts. *Nature Communications*, 15(1), 432. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44659-0>

- León, M. (2020). Recursos naturales y seguridad en Latinoamérica, un problema emergente de seguridad. *Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE*, 5(1), 11–28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8771235>
- Lindawati, A. S. L., & Meiryani, M. (2024). A bibliometric analysis on the research trends of global climate change and future directions. *Cogent Social Sciences*, 10(1), 2325112. <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2325112>
- Le Page, Y., Morton, D., Corinne, H., Ben, B.-L., Cardoso Pereira, J. M., Hurtt, G., & Asrar, G. (2017). Synergy between land use and climate change increases future fire risk in Amazon forests. *Dynamics of the Earth system: interactions*. <https://doi.org/10.5194/esd-2017-55>
- Lortie, C. J., Stewart, G., Rothstein, H., & Lau, J. (2015). How to critically read ecological meta-analyses. *Research Synthesis Methods*, 6(2), 124–133. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1109>
- Lovejoy, T. E., & Hannah, L. (Eds.). (2019). *Biodiversity and climate change: Transforming the biosphere*. Yale University Press.
- Lu, F., Hu, H., Sun, W., Zhu, J., Liu, G., Zhou, W., Zhang, Q., Shi, P., Liu, X., Wu, X., Zhang, L., Wei, X., Dai, L., Zhang, K., Sun, Y., Xue, S., Zhang, W., Xiong, D., Deng, L., ... Yu, G. (2018). Effects of national ecological restoration projects on carbon sequestration in China from 2001 to 2010. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(16), 4039–4044. <https://doi.org/10.1073/pnas.1700294115>
- Luedtke, J. A., Chanson, J., Neam, K., Hobin, L., Maciel, A. O., Catenazzi, A., Borzée, A., Hamidy, A., Aowphol, A., Jean, A., Sosa-Bartuano, Á., Fong G., A., De Silva, A., Fouquet, A., Angulo, A., Kidov, A. A., Muñoz Saravia, A., Diesmos, A. C., Tominaga, A., ... Stuart, S. N. (2023). Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature*, 622(7982), 308–314. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>
- Menegotto, A., & Rangel, T. F. (2018). Mapping knowledge gaps in marine diversity reveals a latitudinal gradient of missing species richness. *Nature Communications*, 9(1), 4713. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07217-7>
- Merz, E., Saberski, E., Gilarranz, L. J., Isles, P. D. F., Sugihara, G., Berger, C., & Pomati, F. (2023). Disruption of ecological networks in lakes by climate change and nutrient fluctuations. *Nature Climate Change*, 13(4), 389–396. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01615-6>
- Muniz, A. C., De Lemos-Filho, J. P., & Lovato, M. B. (2024). Non-adaptedness and vulnerability to climate change threaten *Plathymenia* trees (Fabaceae) from the Cerrado and Atlantic Forest. *Scientific Reports*, 14(1), 25611. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75664-y>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

Nadeau, C. P., Urban, M. C., & Bridle, J. R. (2022). Cool microrefugia accumulate and conserve biodiversity under climate change. *Global Change Biology*, 28, 3222–3235. <https://doi.org/10.1111/gcb.16143>

Nakagawa, S., Yang, Y., Macartney, E. L., Spake, R., & Lagisz, M. (2023). Quantitative evidence synthesis: A practical guide on meta-analysis, meta-regression, and publication-bias tests for environmental sciences. *Environmental Evidence*, 12(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00301-6>

Narayan, A., Chogtu, B., Janodia, M., Radhakrishnan, R., & Venkata, S. K. (2023). A bibliometric analysis of publication output in selected South American countries. *F1000Research*, 12, 1239. <https://doi.org/10.12688/f1000research.134574.1>

National Science Board (NSB). (2025). *Science & Engineering Indicators 2025: Discovery—R&D Activity and Research Publications* (NSB-2025-7). National Science Foundation (NSF) / National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES).

Newbold, T. (2018). Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1881), 20180792. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0792>

Noble, D. W. A., Pottier, P., Lagisz, M., Burke, S., Drobniak, S. M., O’Dea, R. E., & Nakagawa, S. (2022). Meta-analytic approaches and effect sizes to account for “nuisance heterogeneity” in comparative physiology. *Journal of Experimental Biology*, 225(Suppl. 1), jeb243225. <https://doi.org/10.1242/jeb.243225>

OECD (2018). *Biodiversity conservation and sustainable use in Latin America: Evidence from environmental performance reviews* (OECD Environmental Performance Reviews). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264309630-en>

OECD (2024). *Measuring progress in adapting to a changing climate: Insights from OECD countries*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8cfe45af-en>

Pappalardo, P., Song, C., Hungate, B. A., & Osenberg, C. W. (2023). A meta-evaluation of the quality of reporting and execution in ecological meta-analyses. *PLOS ONE*, 18(10), e0292606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292606>

Paul, J., & Barari, M. (2022). Meta-analysis and traditional systematic literature reviews—What, why, when, where, and how? *Psychology & Marketing*, 39(6), 1099–1115. <https://doi.org/10.1002/mar.21657>



Parks, L., & Tsioumani, E. (2023). Transforming biodiversity governance? Indigenous peoples' contributions to the Convention on Biological Diversity. *Biological Conservation*, 280, 109933. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109933>

Parmesan, C., Morecroft, M. D., Trisurat, Y., Adrian, R., Anshari, G. Z., Arneth, A., Gao, Q., Gonzalez, P., Harris, R., Price, J., Stevens, N., & Talukdar, G. H. (2022). Terrestrial and freshwater ecosystems and their services. En H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 197–377). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.004>

Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing for applied ecologists: Opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 839-848. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>

Pires, A. P. F., Srivastava, D. S., Marino, N. A. C., MacDonald, A. A. M., Figueiredo-Barros, M. P., & Farjalla, V. F. (2018). Interactive effects of climate change and biodiversity loss on ecosystem functioning. *Ecology*, 99(5), 1203–1213. <https://doi.org/10.1002/ecy.2202>

Platts, P. J., Mason, S. C., Palmer, G., Hill, J. K., Oliver, T. H., Powney, G. D., Fox, R., & Thomas, C. D. (2019). Habitat availability explains variation in climate-driven range shifts across multiple taxonomic groups. *Scientific Reports*, 9(1), 15039. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51582-2>

Pörtner, H. O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Arneth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P. A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A. P. F., Popp, A., Reyes-García, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y. J., Sintayehu, D. W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A. L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D. C., Rogers, A. D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N., & Ngo, H. T. (2021). *Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change*. IPBES secretariat.

Potter, E. R., Fyffe, C. L., Orr, A., Quincey, D. J., Ross, A. N., Rangelcroft, S., Medina, K., Burns, H., Llacza, A., Jacome, G., Hellström, R. Å., Castro, J., Cochachin, A., Montoya, N., Loarte, E., & Pellicciotti, F. (2023). A future of extreme precipitation and droughts in the Peruvian Andes. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 6(1), 96. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00409-z>

Pottier, P., Noble, D. W. A., Seebacher, F., Wu, N. C., Burke, S., Lagisz, M., Schwanz, L. E., Drobniak, S. M., & Nakagawa, S. (2024). New horizons for comparative studies and meta-analyses. *Trends in Ecology & Evolution*, 39(5), 435–445. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.12.004>

Quirama, M. G., Lazarus, J. F., & López-Victoria, M. (2025). In the Face of Climate Change, Coral Reservoirs with Restoration Potential: A Case Study in Utría Cove, Eastern Tropical Pacific. *Diversity*, 17(2), 124. <https://doi.org/10.3390/d17020124>

Radic-Schilling, S., Corti, P., Muñoz-Arriagada, R., Butorovic, N., & Sánchez-Jardón, L. (2023). *Steppe ecosystems in Chilean Patagonia: Distribution, climate, biodiversity, and threats to their sustainable management*. En J. C. Castilla, J. J. Armesto, M. J. Martínez-Harms, & D. Tecklin (Eds.), *Conservation in Chilean Patagonia: Assessing the state of knowledge, opportunities, and challenges* (pp. 175–204). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9_7)

Rafferty, N. E. (2017). Effects of global change on insect pollinators: Multiple drivers lead to novel communities. *Current Opinion in Insect Science*, 23, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.06.009>

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020). *Global Biodiversity Outlook 5: Summary for policy makers*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/GB05>

Sekar, K. C., Thapliyal, N., Bhojak, P., Bisht, K., Pandey, A., Mehta, P., Negi, V. S. & Rawat, S. R. (2025). Early signals of climate change impacts on alpine plant diversity in Indian Himalaya. *Biodiversity and Conservation*, 34, 207–233. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02966-y>

Shaw, R. E., Farquharson, K. A., Bruford, M. W., Coates, D. J., Elliott, C. P., Mergeay, J., Ottewell, K. M., Segelbacher, G., Hoban, S., Hvilson, C., Pérez-Espona, S., Ruñís, D., Aravanopoulos, F., Bertola, L. D., Cotrim, H., Cox, K., Cubric-Curik, V., Ekblom, R., Godoy, J. A., Konopiński, M. K., Laikre, L., Russo, I.-R. M., Veličković, N., Vergeer, P., Vilà, C., Brajkovic, V., Field, D. L., Goodall-Copestake, W. P., Hailer, F., Hopley, T., Zachos, F. E., Alves, P. C., Biedrzycka, A., Binks, R. M., Buiteveld, J., Buzan, E., Byrne, M., Huntley, B., Iacolina, L., Keehnen, N. L. P., Klinga, P., Kopatz, A., Kurland, S., Leonard, J. A., Manfrin, C., Marchesini, A., Millar, M. A., Orozco-terWengel, P., Ottenburghs, J., Posledovich, D., Spencer, P. B., Tourvas, N., Unuk Nahberger, T., van Hooft, P., Verbylaite, R., Vernesi, C., & Grueber, C. E. (2025). Global meta-analysis shows action is needed to halt genetic diversity loss. *Nature*, 638, 704–710. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08458-x>

Soler, M. G. (2021). Science Diplomacy in Latin America and the Caribbean: Current Landscape, Challenges, and Future Perspectives. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 6, 670001. <https://doi.org/10.3389/frma.2021.670001>



Sunday, J. M., Bates, A. E., Kearney, M. R., Colwell, R. K., Dulvy, N. K., Longino, J. T., & Huey, R. B. (2014). Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(15), 5610-5615. <https://doi.org/10.1073/pnas.1316145111>

Surtiningtyas, S. R., Purwaningtyas, D. A., & Putriekapuja, R. A. (2022). Systematic literature review of workload calculation using NASA-TLX. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 34(2), 178–190. <https://doi.org/10.52155/ijpsat.v34.2.4619>

Terton, A., Qi, J., & Jang, N. (2024). *Tracking progress on the integration of nature-based solutions and ecosystem-based adaptation in National Adaptation Plan processes* (NAP Global Network synthesis report). International Institute for Sustainable Development. <https://napglobalnetwork.org>

Titley, M. A., Snaddon, J. L., & Turner, E. C. (2017). Scientific research on animal biodiversity is systematically biased towards vertebrates and temperate regions. *PLOS ONE*, 12(12), e0189577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189577>

Tomas, W. M., Berlinck, C. N., Chiaravalloti, R. M., Faggioni, G. P., Strüssmann, C., Libonati, R., Abrahão, C. R., Do Valle Alvarenga, G., De Faria Bacellar, A. E., De Queiroz Batista, F. R., Bornato, T. S., Camilo, A. R., Castedo, J., Fernando, A. M. E., De Freitas, G. O., Garcia, C. M., Gonçalves, H. S., De Freitas Guilherme, M. B., Layme, V. M. G., ... Morato, R. (2021). Distance sampling surveys reveal 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal, Brazil. *Scientific Reports*, 11(1), 23547. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02844-5>

Trew, B. T., & Maclean, I. M. D. (2021). Vulnerability of global biodiversity hotspots to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 30(4), 768–783. <https://doi.org/10.1111/geb.13272>

Troudet, J., Grandcolas, P., Blin, A., Vignes-Lebbe, R., & Legendre, F. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports*, 7(1), 9132. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6>

United Nations Environment Assembly (UNEA). (2022, 2 de marzo). 5/5. *Nature-based solutions for supporting sustainable development* [Resolución UNEP/EA.5/Res.5]. United Nations Environment Programme.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), & International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2024). *Protected Planet Report 2024: Executive summary*. UNEP-WCMC and IUCN.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023). *Monitoring and evaluation of adaptation at the national and subnational levels: Technical paper by the Adaptation Committee*. UNFCCC.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2025). *The NAP technical guidelines: Updated technical guidelines for the process to formulate and implement national adaptation plans*. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

World Meteorological Organization (WMO). (2024). *State of the Climate in Asia 2023* (WMO-No. 1350). World Meteorological Organization.

Valencia, B. G., Matthews - Bird, F., Urrego, D. H., Williams, J. J., Gosling, W. D., & Bush, M. (2016). Andean microrefugia: Testing the Holocene to predict the Anthropocene. *New Phytologist*, 212(2), 510-522. <https://doi.org/10.1111/nph.14042>

Vélez, D., Silva, D. P., & Vivallo, F. (2021). Where could *Centris nigrescens* (Hymenoptera: Apidae) go under climate change? *Journal of Apicultural Research*, 62(5), 1082–1090. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1929746>

Wang, C., Zhang, W., Li, X., & Wu, J. (2022). A global meta-analysis of the impacts of tree plantations on biodiversity. *Global Ecology and Biogeography*, 31(3), 576–587. <https://doi.org/10.1111/geb.13440>

West, J., & Schandl, H. (2013). Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean. *Ecological Economics*, 94, 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.06.015>

Woker, H., Schartmüller, B., Dølven, K. O., & Blix, K. (2020). The law of the sea and current practices of marine scientific research in the Arctic. *Marine Policy*, 115, 103850. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103850>

Xu, Q., Vandenkoornhuyse, P., Li, L., Guo, J., Zhu, C., Guo, S., Ling, N., & Shen, Q. (2022). Microbial generalists and specialists differently contribute to the community diversity in farmland soils. *Journal of Advanced Research*, 40, 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.12.003>

Zhang, Y., West, P., Thakholi, L., Suryawanshi, K., Supuma, M., Straub, D., Sithole, S. S., Sharma, R., Schleicher, J., Ruli, B., Rodríguez-Rodríguez, D., Rasmussen, M. B., Ramenzoni, V. C., Qin, S., Pugley, D. D., Palfrey, R., Oldekop, J., Nuesiri, E. O., Nguyen, V. H. T., ... Agyei, F. K. (2023). Governance and Conservation Effectiveness in Protected Areas and Indigenous and Locally Managed Areas. *Annual Review of Environment and Resources*, 48(1), 559-588. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112321-081348>

Zhou, Y., Wang, J., Zhou, L., Zhi, W., Zhang, Y., Qin, B., Wu, F., Woolway, R. I., Jane, S. F., Jeppesen, E., Hamilton, D. P., Xenopoulos, M. A., Spencer, R. G. M., Battin, T. J., & Leavitt, P. R. (2025). Episodic flooding causes sudden deoxygenation shocks in human-dominated rivers. *Nature Communications*, 16(1), 6865. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-62236-5>

