



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



**Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en la gobernanza hídrica
de cuencas: aprendizajes internacionales y perspectivas para su
implementación en el centro-sur de Chile**

Seminario de Título presentado a la
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Para optar al título de Biólogo

Tomás Edmundo Guzmán Covarrubias

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Prof. Guía

Dr. Mauricio Iván Aguayo Arias

Prof. Evaluadores

Dr.

Dr.

Prof. Coordinador Seminario de Título

Dr. Víctor Hernández Santander

AGRADECIMIENTOS

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Es complicado pensar en una lista de personas e instituciones a quienes agradecer por estar en este proceso de tesis, pero es fundamental partir por mi familia, quienes me dieron los medios y oportunidades para para estar acá, además del apoyo incondicional para los momentos complicados. También cabe agradecer a todas las amistades y personas queridas que me apoyaron en los días buenos y malos, siendo fundamentales para aclarar los pensamientos y seguir adelante. Quiero agradecer a todos los docentes que fueron parte de mi formación y me maravillaron con el amor a la biodiversidad, siendo cada uno de ellos indispensable para ser quien soy hoy en día, dando énfasis a mi profesor guía, quién además de darme su buena disposición, me permitió entrar en un campo desconocido, entregándome todas las herramientas para el aprendizaje. También agradecer al equipo de la oficina que me recibió con gran amabilidad y me ayudaron con otras perspectivas para este trabajo. Agradezco, además, el financiamiento del Proyecto FONDECYT 1240055 y del Proyecto FONDECYT 1231382 por permitir el financiamiento de la investigación sobre Sbn.

INDICE

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

AGRADECIMIENTOS	3
INDICE.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCION.....	7
OBJETIVOS	13
<i>Objetivo general</i>	13
<i>Objetivos específicos</i>	13
METODOLOGÍA	14
<i>Diseño general</i>	14
<i>Mapeo Sistemático</i>	14
<i>Búsqueda y selección de literatura</i>	15
<i>Análisis bibliométrico</i>	17
<i>Extracción y codificación de datos</i>	17
<i>Análisis factores habilitantes y limitantes</i>	19
<i>Evaluación de la pertinencia y factibilidad</i>	19
RESULTADOS.....	21
<i>Análisis bibliométrico</i>	21
<i>Extracción y codificación de datos</i>	24
Identificación y selección de las principales SbN implementadas.....	26
<i>Análisis factores habilitantes y limitantes</i>	27
Caracterización del contexto chileno.....	29
<i>Evaluación de la pertinencia y factibilidad</i>	30
DISCUSIÓN	35
Síntesis e interpretación de los hallazgos clave a nivel internacional	34

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

La gobernanza entre la literatura y la práctica	36
Aprendizajes de los casos emblemáticos	37
Perspectivas para la implementación en el centro-sur de Chile: aprendizajes, barreras y oportunidades	39
Limitaciones del estudio y proyecciones para investigación futura.....	42
CONCLUSIÓN.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	47

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

RESUMEN

Actualmente, el modelo de sobreproducción basado en la sobreexplotación de la naturaleza ha generado una alteración del ciclo hídrico a escala global. En Chile, esta crisis se agrava por la “megasequía” y un sistema de gestión hídrica que prioriza el uso extractivo sobre el rol ecológico, afectando principalmente a las regiones comprendidas entre el Maule y La Araucanía, concentrando el mayor porcentaje de plantaciones forestales y terrenos agrícolas. Frente a esto, las SbN emergen a nivel global como estrategias para restaurar ecosistemas y mejorar la gobernanza hídrica. Esta investigación analiza críticamente las experiencias internacionales sobre SbN en gestión de cuencas para evaluar su adaptabilidad al contexto socioinstitucional del centro-sur de Chile.

Para ello se realizó un mapeo sistemático y un análisis bibliométrico con VOSviewer. La extracción y codificación de datos se realizó en Excel considerando el análisis PESTEL para abordar la gobernanza y evaluar los factores habilitantes y limitantes en los documentos internacionales y para caracterizar el contexto chileno, después se compararon y recuperamos casos emblemáticos.

Los resultados más emblemáticos son: 1) el cambio de uso de suelo es la principal causa de problemáticas ambientales a nivel internacional diferenciándose del enfoque en el contexto chileno, 2) las SbN son en su mayoría impulsadas por los gobiernos, con financiamiento público, implementadas a escala de cuenca hidrográfica y del tipo “restauración”, 3) existe un vacío en el conocimiento sobre la gobernanza en las SbN, donde 8 de 69 documentos lo abordan, 4) se identificaron barreras normativas (Código de Aguas) e institucionales sobre cuencas (exceso de burocracia) para la implementación de SbN y mejorar la gobernanza hídrica. En definitiva, ante la creciente crisis hídrica en Chile es de suma importancia impulsar desde la academia y el estado la implementación de SbN para reconstruir los ciclos hídricos entre la naturaleza y nuestra sociedad.

Palabras clave: Escasez de recursos hídricos, Biodiversidad y gestión del agua, sequía, cuencas, centro-sur de Chile.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

ABSTRACT

Currently, the overproduction model based on the overexploitation of nature has led to alterations in the hydrological cycle at a global scale. In Chile, this crisis is exacerbated by the "megadrought" and a water management system that prioritizes extractive uses over ecological functions, particularly affecting the regions between Maule and La Araucanía, which concentrate the highest percentage of forest plantations and agricultural land. In response, Nature-based Solutions (NbS) have emerged globally as strategies to restore ecosystems and improve water governance. This research critically analyzes international experiences with NbS in watershed management to assess their adaptability to the socio-institutional context of south-central Chile.

A systematic mapping and bibliometric analysis using VOSviewer were conducted. Data extraction and coding were performed in Excel, applying the PESTEL framework to address governance dimensions and to evaluate enabling factors and constraints in international documents, as well as to characterize the Chilean context. Subsequently, a comparative analysis was carried out, and emblematic case studies were identified.

The main findings reveal that: 1) land use change is the primary driver of environmental problems internationally, contrasting with the predominant focus in the Chilean context; 2) NbS are mostly government-driven, publicly funded, implemented at the watershed scale, and predominantly consist of "restoration" interventions; 3) there is a significant knowledge gap regarding governance in NbS, addressed by only 8 out of 69 documents; and 4) regulatory (Water Code) and institutional barriers (excessive bureaucracy at the watershed level) were identified as hindering NbS implementation and the improvement of water governance. In conclusion, given the growing water crisis in Chile, it is crucial to promote the implementation of NbS from both academia and the state to restore the hydrological cycles between nature and society.

Keywords: Water scarcity, Biodiversity and water management, drought, watersheds / river basins, south-central Chile.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, enfrentamos las consecuencias de un sistema de sobreproducción basado en la sobreproducción de la naturaleza, instaurado desde el siglo XVIII. Este modelo ha generado una desconexión con los ciclos naturales y ha dificultado la recuperación de los ecosistemas (EH2030, 2022). Este escenario se manifiesta en el aumento de la temperatura media global (OMM, 2024), la alteración del equilibrio hídrico superficial, cambios en la distribución de las precipitaciones y una creciente pérdida de biodiversidad asociada a la transformación del uso del suelo (Foley et al. 2005). En este punto se ha tornado sumamente relevante el problema ocasionado al ciclo del agua, ya que atravesamos el umbral a nivel global que nos situaría en escenarios catalogados como “desastres” según el informe de Escenarios Hídricos 2030 realizado el (2018), donde las inundaciones y sequías representan un 51% de todos los desastres, el 51% de las muertes (16% son por las inundaciones y 35% por las sequías) y un 39% de las pérdidas económicas (WMO, 2023). Así mismo, hay un impacto en los recursos hídricos, como se puede apreciar en la cuenca del río Maule, encontrando que el 40% de los casos de escasez hídrica se debe a una mala gestión y por el aumento de la demanda (EH2030, 2025), por lo que esperamos que no llegue a su límite como se ha visto en otros países (Foro Económico Mundial. 2017).

Aunque en 2006 Chile se encontraba entre los países con mayor disponibilidad hídrica en comparación con la media global (CR2, 2023), en 2020 lideraba el ranking de estrés hídrico dentro de Latinoamérica y se ubicaba en el puesto 18 a nivel global (Villamil et al. 2020). Sumado a lo anterior, Chile se ha catalogado como uno de los territorios más vulnerables al impacto del cambio climático según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992 (Font, 2019). Actualmente el aumento de la temperatura en estos 100 años ha aumentado la escasez hídrica (Garreaud, 2015), llegando al fenómeno denominado “megasequía”, que se traduce en un déficit de precipitaciones cercano al 30% en las regiones comprendidas entre Coquimbo y La Araucanía, y cuya recurrencia se proyecta en aumento hacia la zona centro y sur del país (CR2, 2023). No obstante, podemos encontrar otros factores influyentes en el escenario de sequía. Uno de ellos es el uso del recurso hídrico por las industrias, el cual incide significativamente en este escenario. Según los datos que se pueden encontrar en el MMA (2021) y en CONAF (2023), de los 16 km³ de agua de consumo consuntivo a nivel nacional (es decir, que no se restituye al sistema), 12 km³ corresponden al

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

uso en agricultura de riego, agricultura de secano y silvicultura, actividades que se concentran principalmente en las regiones del Maule y La Araucanía, con un total del 87,75 % de las plantaciones forestales del país y el 65,6 % de los terrenos agrícolas. En consecuencia, la forma en que estas industrias utilizan el recurso hídrico tiene un impacto relevante sobre el balance hídrico regional (Galleguillos et al. 2021; Alvarez-Garreton et al. 2019). Por tanto, la suma de estos dos factores se expresa en que el 87 % de la superficie de Chile ha estado afectado por algún grado de sequía en 2020 y 2021 según la plataforma Atlas (SADA) del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2).

Esta crisis no es simplemente por el clima o por la forma de usar los recursos hídricos, también se ha atribuido a las limitaciones del sistema de gestión hídrica de Chile, como lo sería con el Código de Aguas (1981), el cual concibe los recursos hídricos como activos que deben utilizarse sin considerar su función ecológica, es decir, como marco legal para el otorgamiento de derechos de uso del agua, no contempla la variabilidad climática ni la disminución de la disponibilidad de agua (Alvarez-Garreton et al. 2023; Barría et al. 2019; 2021). Repercutiendo en que el 1% de los titulares que poseen derecho de aguas consuntivos concentran el 79,02% del volumen total disponible en Chile (Stubing, 2021), exacerbando conflictos como en la región de Petorca, donde la sobreexplotación ha secado el 60% de los pozos (MMA, 2021). Este problema que se irá extendiendo al sur de Chile si sigue el régimen de sequía y la sobreexplotación que va en aumento por el crecimiento industrial (CR2 2023), y donde el sistema no es capaz de asignar ni priorizar los diferentes usos del agua (Valdés-Pineda, 2014). Como consecuencia tendremos una diversidad de daños causados a las dimensiones sociales, ecológicas, políticas y financieras (gobernanza) las cuales son fundamentales en la toma de decisiones colectiva y en red (Sekulova & Anguelovski, 2017). Dicho de una manera que englobaría el escenario descrito anteriormente, “la crisis hídrica no es solo un problema de recursos, sino de gobernanza, donde las soluciones deben combinar innovación técnica con equidad social” (Gleick, 2000; EH2030, 2022).

Frente a este escenario, se vuelve urgente establecer formas y medidas para remediar estos daños socioambientales y reparar la conexión con el ciclo de la naturaleza. En este contexto, como innovación técnica para la gestión del agua, surgen las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), las cuales, a grandes rasgos, se caracterizan por ser acciones que protegen e intentan imitar los procesos naturales, y buscan la mitigación, recomposición o hasta la compensación de los impactos antropogénicos (Holden et al. 2022). Estas acciones aprovechan

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

los beneficios que se derivan de sistemas naturales saludables, biodiversos y resilientes, proporcionando beneficios simultáneos para el bienestar humano como para la biodiversidad (Martin et al. 2020; Cohen-Shacham et al. 2016). Así, se abordan problemas ambientales y sociales, como la pérdida de hábitat nativo mediante acciones de restauración; el cambio climático, mediante medidas de protección frente a inundaciones; la regulación de la calidad del aire y del agua; y los conflictos sociales asociados a la crisis hídrica (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009; Griscom et al. 2017; Lavorel et al. 2020; Maes & Jacobs, 2017; Seddon et al. 2020; UNESCO, 2018). De hecho, como dice Chausson et al., (2020) “gran parte del atractivo de las SbN reside en su potencial para abordar simultáneamente múltiples objetivos de desarrollo sostenible”, integrando la justicia social con la conservación y la gestión del agua, características fundamentales para llevar a cabo una gobernanza idónea. En este punto, enfatizamos la relevancia que tienen las SbN para las comunidades del Sur Global — del cual formamos parte—, ya que, al ser más vulnerables a los impactos del cambio climático, somos también quienes podríamos obtener mayores beneficios de su implementación (Chausson et al. 2020).

No obstante, para que estas soluciones sean efectivas, se requiere de diseños específicos para cada conflicto, considerando las condiciones ambientales, económicas, culturales y de gobernanza de cada territorio y sus ecosistemas (Schneider-Valenzuela et al. 2023), siendo fundamental tener un enfoque territorial coherente, es decir, la gestión de los recursos hídricos debe basarse en la cuenca hidrográfica como unidad territorial fundamental, reconocida a nivel global como la más adecuada según el consenso alcanzado en la Conferencia Internacional sobre el Agua de 1977 (United Nations 1977). La cuenca hidrográfica se define como todo el territorio drenado por un río y sus afluentes, formado por aguas superficiales y subterráneas, donde se incluyen cuerpos de agua como ríos, lagos, arroyos, humedales; suelos, sean estos de cultivos, bosques, ciudades; etc. (EH2030, 2021). Esta unidad territorial entiende que el recurso hídrico fluye desde la cabecera de la cuenca hasta desembocar en el mar u otro cuerpo de agua. Esto implica que todas las actividades o sucesos tienen un impacto en la cuenca más abajo. A nivel global, se han implementado diversas SbN para remediar la crisis hídrica, sumando experiencias positivas como lo demuestra la caracterización de SbN del SIPAM en Málaga, España, (Sillero-Medina et al. 2023) o la ejemplificación de los desafíos y resultados de las SbN implementadas a nivel latinoamericano por Vela & del Busto (2023). Se presentan aquí ejemplos de documentos cuyo contenido brinda aprendizajes necesarios para el fortalecimiento de la implementación en Chile, donde solo existen experiencias incipientes promovidas por el

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

MMA como la restauración del humedal de Batuco (Región Metropolitana), que contribuyó a reducir las inundaciones y mejorar la recarga hídrica, beneficiando a comunidades agrícolas (MMA, 2023), y el Programa de Restauración Hidrológica y Forestal en Microcuencas de Zonas Rezagadas en la Región de Coquimbo, el cual ha desarrollado iniciativas de cosecha hídrica y ha generado un aumento en el empleo local (MMA, 2025). Estas experiencias incipientes se apoyaron en un marco normativo que ha dado pasos importantes para reconocer las SbN, incluyéndose convenios nacionales e internacionales, políticas públicas, entre otros programas y leyes. Aunque estos sean insuficientes al momento de chocar con el carácter mercantil que posee el recurso hídrico (Valdés-Pineda, 2014), terminan siendo una base importante para proyectar las SbN en el centro-sur de Chile como herramienta de gestión, por lo que es necesario conocerlas y saber sus limitaciones.

En la actualidad, Chile está adoptando lineamientos internacionales en forma de programas y compromisos, los que buscan coordinar a los países en materia medioambiental, incluyendo dentro de sus metas las SbN o acciones propias de estas para promover su uso e inversión (OECD, 2024; Dufey, 2020). Entrando en detalle, existen mecanismos para la conservación y restauración de bosques nativos (CBD, Meta aich y Kunming-Montreal, CMNUCC y REDD+) (CONAF, 2019), la protección y restauración de cuerpos de agua (CNULD Y PANCD), o para financiar estos proyectos al contactarse con el Ministerio de Hacienda (GEF Y Fondo verde para el clima) (Ministerio de hacienda, sf). A pesar de ser avances importantes para fomentar el uso de las SbN, estas no son vinculantes para el uso exclusivo de SbN por su naturaleza, y está siendo cuestionada su efectividad (Muñoz et al. 2023a).

Las políticas nacionales son otra base importante para la incorporación de SbN en Chile. Dentro de ellas estaría la Ley Marco de Cambio Climático que es fundamental para la implementación de las SbN, por mencionar explícitamente en el artículo 13 el uso de estas como instrumento de gestión para la adaptación al cambio climático y además en el artículo 6 obliga a los demás instrumentos de gestión a considerar la restauración de ecosistemas y la infraestructura verde (siendo estos, parte de las SbN). Dentro de los instrumentos de gestión que estarían bajo esta ley, tenemos el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en Recursos Hídricos (PNACC), los Planes de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC), los Planes de Acción Comunal de Cambio Climático (PACCC); los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (Ley 21.445, 2022; MMA, 2015) y el plan nacional Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), siendo este último un complemento a la ley tras integrar las metas de los compromisos internacionales del acuerdo de París al marco de esta ley (MMA,

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

2020). A esto se suma la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales 2017-2025 (ENCCRV), que es un instrumento de política pública liderado por CONAF para cumplir los compromisos a nivel internacional tomados por Chile, siendo un instrumento interesante para implementar las SbN en sus distintas áreas. También se encuentra la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 que reconoce enfoques que son parte de la familia de las SbN, como la Adaptación basada en Ecosistemas (MMA, 2017), El Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022 que se complementa con la Ley 21.202 de Humedales Urbanos, los cuales han aumentado a 122 (13.160,7 las hectáreas) los humedales urbanos bajo protección, concretando la conservación, restauración de humedales y reconociéndolos como SbN para enfrentar el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (MMA, 2018; MMA, 2020; País Circular, 2025). Dinámica similar que adopta la Ley de Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley N° 20.283), que busca la protección de los bosques nativos y su recuperación para la mejor gestión y su aprovechamiento para el resguardo de la calidad de agua.

Es de suma importancia destacar que las políticas nacionales ya mencionadas son vinculantes con el uso y promoción de las SbN, a excepción de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, convirtiendo a Chile en un país que aparentaría tener las facilidades normativas para implementar las SbN. Sin embargo, estos avances normativos no se ven reflejados en la implementación, puesto que hay un bajo número de proyectos relacionados con aquellas, predominando la infraestructura tradicional (gris) (Seddon et al, 2020). La limitada experticia que hay en Chile también se puede verse en otros países (ONWUBIKO & Worlanyo, 2024; Martin et al, 2025)), ocasionando cuestionamientos por parte de las comunidades (Muñoz et al, 2023a; Seddon, 2022) y aludiéndolas al *greenwashing* (Basualto et al, 2019), lo que agudizaría los conflictos ambientales que irán en aumento para las regiones del centro-sur de Chile porque serán más propensa la “Mega sequía” (CR2 2023). Por otro lado, la falta de experiencia también afecta en la confianza para financiar estos proyectos por parte de las instituciones (Martin et al, 2025); sumado a que el estado redujo su rol económico y la política institucional tiende a la planificación desde una perspectiva del mercado (Garreton, 2017), dificultando la acción independiente de la institución pública en aplicar este marco normativo. De este modo y con los antecedentes anteriores nos preguntamos ¿Cuáles aprendizajes internacionales en torno a las SbN pueden ser adaptados al contexto socioinstitucional y climático del centro-sur de Chile con el propósito de fortalecer la gobernanza hídrica ante escenarios crecientes de sequía? Este estudio tiene como objetivo analizar críticamente las experiencias internacionales en la implementación de SbN para la gestión integrada de cuencas

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

hidrográficas, con el propósito de evaluar su potencial de adaptación y transferencia al contexto chileno, con especial énfasis en las regiones del Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

OBJETIVO GENERAL

Analizar críticamente las experiencias internacionales en la implementación de SbN para la gestión integrada de cuencas hidrográficas, con el propósito de evaluar su potencial de adaptación y transferencia al contexto chileno, con especial énfasis en las regiones del Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un análisis bibliométrico de la literatura científica y técnica sobre la aplicación de SbN en la gestión de cuencas hidrográficas a nivel internacional.
2. Identificar y seleccionar las principales SbN implementadas, considerando sus objetivos, escalas de intervención, mecanismos de acción y resultados obtenidos.
3. Analizar los factores habilitantes y las limitaciones que influyen en el éxito y la sostenibilidad de las SbN en diversos contextos socioecológicos.
4. Evaluar la pertinencia y factibilidad de implementar SbN en cuencas hidrográficas de Chile, particularmente en los territorios comprendidos entre las regiones del Maule y La Araucanía, considerando los desafíos ambientales, institucionales y de gestión hídrica propios del país.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

METODOLOGÍA

Diseño general

En este estudio empleamos un mapeo sistemático, inspirado en Chausson et al., (2020), quién a su vez adoptó la metodología de Collaboration for Environmental Evidence (2018), sumado con un análisis bibliométrico usando el software VOSviewer con el fin de identificar las SbN y las tendencias más comunes en la investigación de esta área de estudio a nivel global. Posteriormente, se va a realizar una codificación de los datos cualitativos mediante un marco de codificación, inspirado principalmente en el utilizado por Chausson et al., (2020) combinado con las distintas dimensiones del marco analítico PESTEL. Herramienta útil para abordar el amplio concepto de gobernanza en el área de estudio de las SbN (Martin et al. 2025), lo que permitió recopilar los factores habilitantes y limitantes de la implementación. Por último, para poder evaluar la pertinencia y factibilidad, se caracterizó el contexto chileno mediante la codificación de literatura gris y se obtuvo un valor que fue considerado el criterio para dar puntaje a los documentos internacionales. Luego se seleccionaron los documentos que tuviesen el puntaje más alto. De este modo tuvimos un punto de referencia para la comparación con las distintas SbN halladas.

Mapeo Sistemático

Como inicio, se realizó un Mapeo Sistemático inspirado en el formulado por Chausson et al., (2020), el cual nos permitió desarrollar el alcance para crear la cadena de búsqueda, los criterios de selección de estudios y el desarrollo de un marco de codificación. Esto con el fin de poder responder a la pregunta de investigación de forma transparente. Nuestro alcance incluye: población relevante, intervención (SbNs), resultados, Comparador, factores habilitantes y limitantes. En detalle, la población relevante sería (Individuos humanos, grupos, comunidades, ecosistemas vulnerables y sectores agrícolas/forestales). Las intervenciones (SbNs) que consideraremos están en función de la definición de Cohen-Shacham et al., (2016) siendo estas (acciones en entornos rurales, semirurales o periurbanos que impliquen la gestión, restauración o protección de la biodiversidad, los ecosistemas o los servicios ecosistémicos, o que impliquen la creación de ecosistemas y su posterior gestión), los Resultados serán (efectos de la disponibilidad hídrica, el control de inundaciones, recuperación de biodiversidad y la adaptación al cambio climático), como comparador se seleccionó (Puntos de referencia previos

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

a la intervención, evaluaciones repetidas a lo largo del tiempo, controles cuasi experimentales {donde no se tomaron medidas de adaptación}, contrafácticos modelados o inferencia del evaluador sobre los contrafácticos), Como factor habilitante y limitante se seleccionó (Todos los factores que facilitaron y limitaron la implementación de una SbN, ya sea técnico, político, ecológico, social y legal). Entre nuestros criterios de selección de estudio, tenemos 4. Tipo de estudio (Artículos empíricos y modelos de escenarios), que sean entre los años 2000 y 2025, el idioma (inglés, español y portugués) y el enfoque geográfico, el cual debe priorizar los lugares con climas templados y semi-templados. Para la exclusión, es decir, estudios que no serán considerados, nos basaremos en los implementados por (Chausson et al. 2020). En particular, estos son los estudios en que: 1) los efectos de las intervenciones basadas en la naturaleza sobre factores de estrés no son asociados con el cambio climático o los peligros hidrometeorológicos, 2) los impactos no se informan explícitamente como impulsados (al menos en parte) por fenómenos climáticos, hidrometeorológicos o antrópicos, 3) los efectos sobre la vulnerabilidad (incluida la capacidad de adaptación social) que surgen únicamente de la implementación, la gestión o la gobernanza de las intervenciones, y no del flujo de servicios ecosistémicos 4) las soluciones urbanas basadas en la naturaleza, intervenciones híbridas naturales/de ingeniería, intervenciones agrícolas (como la agroforestería), intervenciones en pastizales o pesquerías que no impliquen la restauración o protección de ecosistemas 5) por último los estudios que hablen sobre la eficacia de los ecosistemas existentes para los servicios relevantes para la adaptación, a menos que haya habido una intervención (por ejemplo, protección o restauración). Finalmente, se realizó un marco de codificación que se abordará más adelante en “Extracción y codificación de datos”.

Búsqueda y selección de literatura

Con los criterios de selección ya establecidos, se procedió con la búsqueda y selección de la literatura. La búsqueda se realizó en las bases de datos Web of Science y Scopus. (La cadena de búsqueda se puede encontrar en ANEXO 1, apartado C)

Tras el establecimiento de la cadena de búsqueda y la recopilación de los estudios pertenecientes a las principales bases de datos de interés, procedimos con la limpieza y la selección de estos mediante varios filtros como muestra la figura 1.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Para llevar a cabo el análisis bibliométrico, se contó con un total de 488 documentos, de los cuales 406 fueron recuperados de la base de datos Scopus y 82 de la Colección principal de la base de datos de Web of Science (WOS) en 2 exportaciones para la fecha 26-10-2025.

Los documentos utilizados en la extracción y codificación de datos fueron recuperados de scopus (406) y web of science en 2 exportaciones, pero con resultados de todas las bases de datos, con un total de 418 en la primera exportación y 93 en la segunda para la misma fecha. A este total de 917 documentos, se les eliminó los duplicados con la aplicación Zotero 7.0.30, lo que nos dio un total de 898 documentos. A posterior, delimitamos los documentos en función de la red de co-palabras claves, tanto de autores como de autores y las identificadas por la aplicación VosViewer.

Las palabras para la delimitación de los datos fueron (ecosystemic services, river basin, governance, water recharge, river management, habitat restoration, resilience y barrier), resultando en un total de 639 documentos. Después, nos basamos en nuestro sistema de exclusión para eliminar los estudios que incluyeran las siguientes palabras (urban, urban solution, fishery, hybrid solution, macroinvertebrates, trout) quedando con un total de 590 estudios. Por último, filtramos los documentos según el título y el resumen utilizando el criterio de selección que se encuentra en el (ANEXO 1), lo que nos dio un total de 69 documentos para revisar a profundidad.

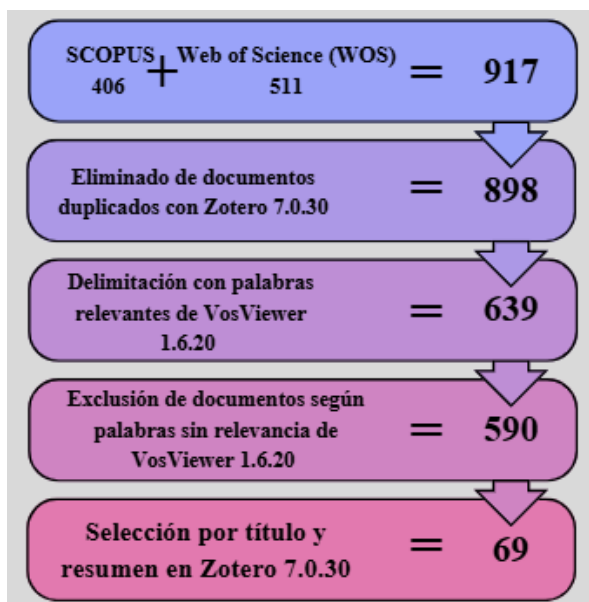


Figura 1: detalle ilustrado del proceso de limpieza y selección de documentos según los distintos filtros.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Análisis bibliométrico

En el análisis bibliométrico, identificamos las SbN y las tendencias en las investigaciones de esta área de estudio más relevantes para poder diseñar a posterior la codificación de los datos. Para ello se ocupó la herramienta “VOSviewer”. El análisis constó de Redes de co-palabras, tanto de co-ocurrencia y de co-autorship, Colaboración entre países/instituciones y Tendencias temporales.

Extracción y codificación de datos

La extracción y codificación de datos nos permitió identificar los objetivos, las escalas de intervención, los mecanismos de acción y los resultados obtenidos de las principales SbN implementadas tras la previa identificación en el análisis bibliográfico. Este marco de codificación se creó en la plataforma “formulario de Google” y se guardaron los datos en la plataforma Excel. Para llevarlo a cabo, se usó como guía el marco de codificación de Chausson et al., (2020) al cual se le integraron las tendencias identificadas en el análisis bibliométrico y se le sumó las distintas dimensiones del análisis PESTEL, contando con un total de 4 ejes (para mayor detalle, ver el ANEXO 1, apartado A):

Primer eje: metadatos del estudio

En este eje se recopilaron todos los metadatos de los estudios como el nombre del estudio, el/los autor/es, el año, el resumen la revista y el doi.

Segundo eje: descripción básica del estudio

Este eje consta de la recopilación de la información descriptiva básica del estudio, donde consideramos las siguientes variables:

- “Tipo de SbN”, la cual se basó en la utilizada por Chausson et al., (2020), quién las agrupó en 6 categorías (Restauración, Gestión, Protección, Combinación, Ecosistemas creados y “Mixto creado/no creado).
- “Ecosistema”, con 28 categorías, fue utilizada por Chausson et al., (2020) tras adaptar las tipologías de Munroe et al., (2012) y el esquema de hábitat de la UICN (v3.1; UICN, 2015).
- “Objetivos”, siendo esta una propuesta para identificar el fin que buscan obtener los estudios tras la implementación de las SbN. Esta posee 3 dimensiones distintas

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

(Objetivos hidrológicos y de abastecimiento, Objetivos ecológicos y de conservación, y Objetivos socioeconómicos y de gobernanza), en las que tenemos 7 categorías en total.

- “Escala de intervención”, que incluye la suma de la escala espacial y temporal, donde en la primera nos basamos en la implementada en la investigación de Yimer et al., (2024) que consta de 2 categorías (pequeña y gran escala), y la segunda como propuesta se divide en 3 dimensiones (Persistencia temporal de los resultados, Tiempo hasta la detección de resultados / efectividad inicial y Duración de la implementación / tiempo de ejecución) con sus respectivas categorías.
- “Mecanismos de acción”, Para recopilar los datos del cómo se realizó físicamente, quienes lo realizaron y el cómo se financió la implementación de las SbN de los respectivos estudios, decidimos dividir en 3 dimensiones que contemplan el lado técnico, de gobernanza y de financiamiento, con un total de 20 categorías. Esta variable nos permite recopilar datos que nos servirán a posterior para comparar los conocimientos, las normas y los medios económicos internacionales con Chile.

Tercer eje: resultados del estudio

En este eje consideramos todos los resultados que se encuentren en el estudio, ya sean estos positivos, negativos o neutros y para abordar el amplio espectro de resultados que pueden derivar de una intervención, acá se incluyen las siguientes variables:

- Efectividad, adoptando la definición de Chausson et al., (2020), siendo esta “el grado en que una intervención afectó un impacto climático en comparación con el comparador” mencionado anteriormente en el apartado “búsqueda y selección de datos”. Al mismo tiempo, para evaluar las distintas dimensiones que acompañan el eje principal, decidimos evaluar si se reportaron resultados sociales, ecológicos, económicos y en qué tiempo se reportan los resultados de la intervención. Para todas estas dimensiones, exceptuando el tiempo de efectividad, las categorías eran “negativa, no clara, no efecto, positiva y mixta”.
- Impacto climático, con 29 categorías de Munroe et al., (2012) para recolectar evidencia de los impactos climáticos abordados con los resultados que se obtuvieron tras la implementación de las SbN. Cabe señalar que no se codificarán los impactos climáticos para los que fueron creadas las intervenciones, sino que todos los resultados que se hayan señalado en los estudios.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Cuarto eje: análisis PESTEL

Este cuarto eje se explica en el apartado de “análisis de factores habilitantes y limitantes”.

Análisis factores habilitantes y limitantes

El análisis de los factores habilitantes y limitantes para el éxito y la sostenibilidad de las SbN depende directamente del concepto de gobernanza, el cual ha tenido muchas interpretaciones y definiciones como muestran los siguientes estudios, (Ruhanen et al. 2010 ; Fukuyama, 2013 ; Rhodes, 2007), aunque en este estudio definimos la gobernanza del mismo modo que Martin et al., (2020), quien lo entiende en su sentido más amplio como “aquella que abarca todos los aspectos relacionados con la toma de decisiones colectiva y en red, incluidas las condiciones sociales, ecológicas, políticas y financieras a través de las cuales se implementan las SbN (Sekulova & Anguelovski, 2017)”.

Para realizar este análisis se utilizó el marco analítico PESTEL (Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales). La elección de este marco se debe a que es idóneo para capturar las dimensiones del concepto amplio de gobernanza que definimos anteriormente. Además, se escogió este marco por ser estandarizado, siendo utilizado anteriormente en distintos estudios sobre gobernanza y SbN (Martin et al. 2020; McQuaid et al. 2021; Fonseca et al. 2022). Se trata de un sistema de codificación de 6 dimensiones que nos permite categorizar los datos contextuales cualitativos que serán extraídos de los estudios sobre las SbN. Por último, hay que mencionar que este eje se complementa con preguntas que se encontrarían en otros en los ejes del apartado de “Extracción y codificación de datos”

Evaluación de la pertinencia y factibilidad

Para evaluar la pertinencia y factibilidad, propusimos como metodología, la comparación de las distintas SbN implementadas a nivel internacional con la caracterización del contexto chileno mediante un puntaje. Esta metodología se basó en realizar la caracterización del contexto chileno a través de la literatura gris y codificándola con el marco analítico PESTEL antes descrito, con el fin de mantener el mismo formato de los estudios recopilados. Esto nos dio de resultado una combinación de respuestas que se evaluaría como el puntaje máximo, y siguiendo la regla de puntuación basada en el contexto chileno, (que se describe en el ANEXO 1, apartado B “Puntuación del contexto chileno”), se le dio puntaje a las SbN implementadas a nivel internacional. De este modo, podemos evaluar la cercanía al contexto chileno de los

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

distintos estudios. Además, existen factores que son obligatorios al momento de filtrar los estudios, los cuales son:

- Que la intervención se haya aplicado en campo
- Que los resultados hayan sido positivos
- Que el proyecto haya sido impulsado por el gobierno nacional y regional
- Que el bioma o ecosistema sea arroyos y ríos, humedales

Por último, dentro de lo más relevante que rescataremos del contexto chileno que se desprende de las regiones del Maule y La Araucanía, será el clima templado y mediterráneo.

Con los resultados que obtendremos, podremos discernir el potencial de las SbN halladas en la extracción y codificación de datos considerando sus factores habilitantes y limitantes para una futura implementación al contexto chileno con todas sus características.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

a su vez se vincularía con otra área de las SbN; por último tenemos el color amarillo, donde se destaca la palabra land-use la cual se relaciona con palabras del ciclo hídrico y sus perturbaciones. Algo a señalar, es que el cambio climático y el uso de las tierras se repite en distintos colores, siendo puntos focales dentro de la red.

Por lo que se refiere a los países que están empeñados en desarrollar conocimiento relacionado a las SbN (Figura 3), obtuvimos que, a nivel internacional los países más interesados en las SbN serían Australia con 44 documentos, Alemania con 41, Reino Unido con 60, Estados Unidos con 176, y China con 37. Además, identificamos que hay mayor interés en la investigación de las SbN en países del norte global. En cuanto a los años de publicación por país (Figura 4), tenemos que todos los países poseen documentos con un promedio de años entre el 2023 y 2025, de los cuales Brasil, Portugal, Colombia serían parte de los países que poseen más documentos actualizados, al igual que China, Inglaterra, Arabia Saudita entre otros. Por lo que se puede señalar que es un tema que está tomando relevancia para el cono sur.

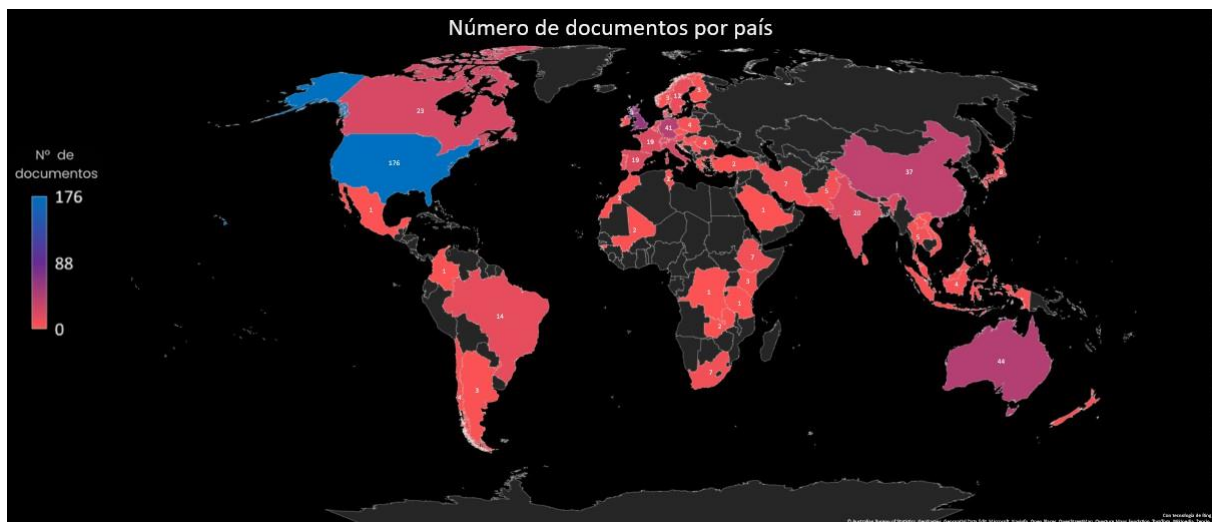


Figura 3: Distribución del número de documentos relacionados a las SbN por país. Acá podemos encontrar países con color azulado, con color rojizo y sin color: los países con un color más azulado poseen un mayor número de documentos, los más cercanos al rojo son aquellos un menor número de documentos y aquellos que no poseen color, significa que no se encontraron documentos en esta revisión para ese país.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

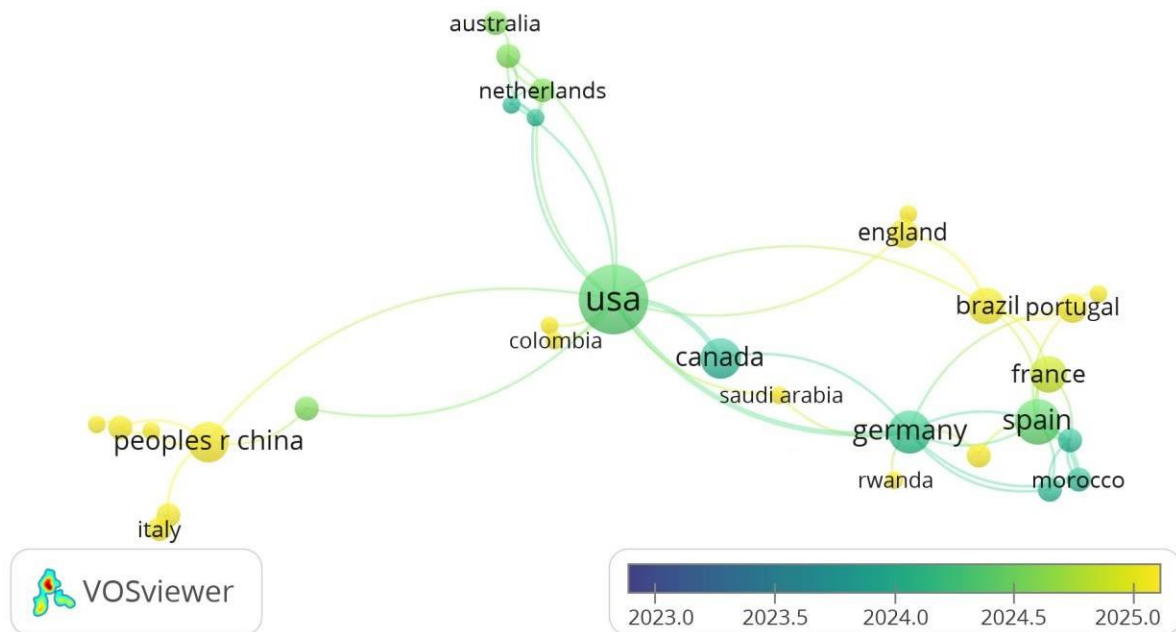


Figura 4: Red de co-palabras para identificar la colaboración entre países, el número de documentos por país según tamaño (mayor número de documentos significa un mayor tamaño) y el promedio del año de publicación según los colores azul y amarillos desde el 2023 hasta el 2025.

2. Extracción y codificación de datos

2.1. Principal causa del impacto climático

Los impactos climáticos tuvieron distintos orígenes, desde causas antropogénicas sin considerar el cambio climático (33 documentos de 69) hasta una combinación de ellos. Específicamente, el cambio climático fue la causa en 15 documentos y el cambio de uso de suelo estuvo presente en 27 documentos, tomando mayor relevancia.

2.2. Principales SbN

Los resultados que se desprenden de la codificación de datos a nivel internacional nos permiten identificar varias tendencias al momento de desarrollar una SbN. Partiendo con los tipos de SbN, identificamos que la más relevante y que se encontraba en 59 de los 69 documentos era la restauración, en segundo lugar, identificamos la protección, estando presente en 13 documentos.

2.3. Objetivos

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Sobre los objetivos, encontramos que en los objetivos hidrológicos y de abastecimiento, se destaca la mitigación de riesgos hidrológicos como las sequías e inundaciones, siendo parte de 42 documentos. Después estaría la mejora de la calidad del agua en 31 documentos y por último mejorar la cantidad de agua en 24 documentos. Además de los 69 documentos, solo 29 tenían un objetivo ecológico y de conservación, y solo 8 un objetivo socioeconómico y de gobernanza.

2.4. Escala espacial y temporal

Con lo que respecta a la escala espacial, hallamos que fue predominante la gran escala, estando presente en 53 documentos, destacándose la cuenca hidrográfica para describir la escala de intervención. Sobre la escala temporal, tenemos el apartado de implementación, detección de resultados y la persistencia temporal de los resultados, partiendo con el primero, identificamos que de los 25 documentos que lo mencionaron, 13 documentos se implementaron a mediano plazo (1-5 años), 6 fueron a corto plazo (menos de 1 año) y 6 a largo plazo (más de 5 años). Sobre el tiempo hasta la detección de resultados, fue mencionado en 24 documentos, donde 4 tuvieron resultados inmediatos (menos de 1 año), 6 a corto plazo (entre 1-5 años), 7 a mediano plazo (entre 5 y 15 años) y 7 a largo plazo (más de 15 años). Sobre la persistencia temporal de los resultados, tuvimos 18 documentos que lo mencionaron, donde 9 documentos tuvieron resultados crecientes, 7 fueron sostenidos, 1 fue efímero y 1 fue decreciente.

2.5. Mecanismos

Los mecanismos de acción se dividen en técnicos y físicos, de gobernanza y participación, y en financiero y económico. Sobre el mecanismo técnicos y físicos, hallamos que por lo general había una combinación de mecanismos, aunque la revegetación / reforestación con especies nativas, fue la alternativa con mayor presencia en los documentos, estando en 37 documentos, de los cuales 20 tenían como impacto abordado las inundaciones, estando alineado con lo descrito en el trabajo de Suttles et al., (2021) quién demostró que la reforestación es una de las intervenciones con evidente resultado contra inundaciones, al igual que los humedales y las llanuras aluviales, aunque estos últimos 2 son, además, útiles para mejorar la calidad del agua.; en segundo lugar, tenemos la restauración hidrológica (recuperación de meandros, desconexión de drenajes, etc.), estando presente en 31 documentos del total, y como tercera opción más relevante tenemos la restauración de humedales (naturales o construidos), estando presente en 24 documentos; el resto de las opciones estaba por debajo de los 11 documentos. El mecanismo de gobernanza y de participación, nos muestra que de los 29 documentos que hablaron sobre

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

el tema, 26 fueron impulsados por el gobierno nacional/regional, 2 fueron en gobernanza colaborativa y 1 fue impulsado por comunidades locales/ONGs. El mecanismo financiero y económico fue principalmente por un financiamiento público directo, siendo este presente en 17 documentos de los 21 que lo mencionaron; 2 fueron por fondos concursables internacionales; 1 por un fondo concursable nacional; y 1 por cooperación internacional / donaciones.

2.6. Resultados

Los resultados obtenidos por los estudios se caracterizan por ser positivos, siendo así en 50 de 69 estudios, con 12 que fueron mixtos, 5 inciertos/poco claro y 1 documento negativo y 1 sin efecto. Estos resultados basaron sus medidas de forma biofísica en 61 documentos, 25 de forma económica, 11 con algún factor social y 3 de forma anecdótica. Además, se reportaron resultados aparte del principal, donde 19 documentos reportaron resultados sociales, de los cuales 15 fueron positivos, 3 mixtos y 1 negativo; 38 documentos reportaron resultados ecológicos, de los cuales 36 fueron positivos y 2 fueron mixtos; y 18 documentos reportaron resultados para mitigar el cambio climático, de los cuales 16 fueron positivos, 1 fue neutral y 1 poco claro.

3. Identificación y selección de las principales SbN implementadas

Para la identificación y selección se estableció como criterio que las intervenciones se aplicaran en campo. Con base en este filtro, obtuvimos que los tipos de SbN más utilizadas fueron: 1) Restauración, presente en 16 documentos; 2) Combinación, presente en 5 documentos. Asimismo, (ver ANEXO 2, hoja 2 “SbN más utilizadas”) identificamos los principales mecanismos técnicos, y a partir de los 3 más utilizados, identificamos sus objetivos hidrológicos, sus escalas temporales y físicas, y sus principales resultados. Otro resultado obtenido es que los mecanismos técnicos con mayor frecuencia en Restauración y Combinación fueron Revegetación y Reforestación, Restauración Hidrológica y Restauración de Humedales. Para cada tipo de SbN se identificó un mecanismo con mayor frecuencia, donde para la Restauración fue la Revegetación y Reforestación, y para Combinación, fue Restauración hidrológica. Todos los mecanismos técnicos para el tipo de SbN de restauración, tenían las siguientes cualidades: 1) los objetivos hídricos fueron “mejorar la cantidad de agua” o “la mitigación de riesgos hidrológicos”; 2) todas las soluciones fueron a gran escala, con

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

un plazo de entre 1 a 5 años de implementación y entre 1-15 años de detección de resultados; 3) tuvieron una persistencia de los resultados sostenida a creciente; 4) con resultados positivos en su mayoría. Ahora, todos los mecanismos técnicos para el tipo de SbN de combinación, tenían las siguientes cualidades: 1) los objetivos hídricos fueron la mitigación de riesgos hidroclimáticos; 2) todas las soluciones fueron a gran escala, con un plazo de entre 1 a 5 años de implementación, entre 1-5 y 5-15 años de detección de resultados; 3) tuvieron una persistencia de los resultados sostenida a creciente; 4) con resultados positivos a inciertos en su mayoría.

4. *Análisis factores habilitantes y limitantes*

3.1. *Político*

Para la dimensión política revisamos la voluntad política, la existencia de SbN en las políticas nacionales y locales, el apoyo político internacional, la estabilidad institucional y si hay coordinación interinstitucional. En primer lugar, notamos que todos los aspectos políticos, exceptuando la coordinación institucional, implican factores favorables cuando están presentes. Con respecto al detalle, tenemos que la voluntad política dentro de los 26 estudios, 20 mencionan que hubo voluntad, considerado un factor habilitante (exceptuando un caso), mientras 6 estudios mencionan que no hay voluntad, lo que fue un factor limitante en todos los casos. La integración SbN en políticas nacionales y locales se mencionó en 26 documentos, de los cuales 23 mencionan que sí, lo que fue considerado un factor habilitante en todos los casos exceptuando uno que en el que se considera incierto y poco claro, y 3 mencionan que no hay una inclusión, considerándose un factor limitante. El apoyo político internacional se mencionó en 12 documentos, de los cuales 10 mencionan que hubo un apoyo internacional, siendo un factor habilitante y 2 mencionan que no lo hubo, siendo un factor limitante. La estabilidad institucional se mencionó en 6 estudios, de los cuales 3 mencionaron que hay, considerándose un factor habilitante y 3 mencionan que no la hay, siendo un factor limitante. La coordinación institucional se menciona en 12 estudios, de los cuales 10 mencionan que hay coordinación, de los cuales 6 son considerados factores habilitantes; 2 son limitantes y 1 fue incierto/poco claro, y de los 2 sin coordinación, fueron factores limitantes.

3.2. *Económico*

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

En este apartado, nos enfocamos en la existencia de alguna dificultad en el financiamiento, de lo cual se obtuvieron 7 respuestas, 3 que no tuvieron problemas, siendo un factor habilitante y 4 que mencionaron que hubo problemas, los cuales se consideraron 2 factores limitantes y 2 inciertos o poco claro.

3.3. Sociales

Para medir los aspectos sociales, evaluamos si hubo o existió apoyo local en el proceso de la intervención, lo cual se mencionó en 10 documentos, donde 2 mencionaron que no hubo apoyo, siendo un factor limitante, y 8 mencionaron que hubo apoyo, de los cuales 4 fueron factores habilitantes, 3 inciertos o poco claros y 1 no tuvo efecto.

3.4. Tecnológicos

Para medir el aspecto tecnológico, decidimos averiguar si existía o no la presencia de expertos, ya sean técnicos o científicos. El total de documentos en el que se mencionó fueron 7, de los cuales 3 mencionaron que no los hubo, siendo un factor limitante y 4 mencionaron que había, siendo en 3 casos un factor habilitante y en 1 un factor sin efecto.

3.5. Ecológicos

Para medir los aspectos ecológicos, evaluamos la disponibilidad de especies nativas y la presencia de conectividad ecológica del paisaje. Sobre la disponibilidad de especies nativas, 26 documentos lo mencionaron, de los cuales 25 si incluyeron especies nativas, siendo 16 factores habilitantes, 8 incierto o poco claro y 1 sin efecto o neutral, y 1 documento mencionó que no los incluyó, siendo un factor limitante. La conectividad ecológica del paisaje se mencionó en 10 documentos, de los cuales 7 mencionaron que había, siendo un factor habilitante en 3 documentos y siendo incierto o poco claro en 4, y 3 mencionaron que no había, siendo un factor limitante.

3.6. Legales

En este apartado identificamos si existía la presencia de un marco legal que favorezca o limite la implementación de las SbN. Para ello tenemos que 20 documentos mencionaron la existencia de un marco legal que favorece la implementación de las SbN, mientras 1 documenta menciona que no lo hay. Por el otro lado, solo 4 documentos mencionan la existencia de un marco legal que limita la implementación de las SbN.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

5. Caracterización del contexto chileno

La caracterización de Chile la enfocamos en identificar los objetivos, preocupaciones y su contexto como tal con relación a las SbN. Para ello vamos a abordar los siguientes puntos que nos permiten obtener esta información: los impactos ambientales, los objetivos, los factores económicos, políticos, sociales, técnicos, ecosistémicos y legales.

4.1. Impactos ambientales

Los impactos más relevantes según la literatura gris fueron la disminución de la disponibilidad de agua, reducción de la calidad del agua y sequía; en segundo lugar, estaban las inundaciones, temporadas lluviosas más cortas y deslizamientos de lodo/tierra. El principal causante de estos impactos es el cambio climático y después los factores antrópicos sin especificación.

4.2. Objetivos

Todos los objetivos hidrológicos y de abastecimiento fueron relevantes, y dentro de los objetivos socioeconómicos y de gobernanza, hubo un enfoque en mejorar la gobernanza y el marco institucional, y en segundo lugar la adaptación social. Por el otro lado, no se habló sobre los objetivos ecológicos y de conservación, por lo que no lo consideramos relevante.

4.3. Política

Sobre los aspectos políticos que se menciona en la literatura gris, tenemos que en todos los documentos se propone como impulsor al gobierno, el cual tiene una voluntad política principalmente mixta, tendiendo al apoyo, considerándose un factor habilitante en 3/5 de los casos, mientras que en el resto es incierto y limitante en la misma proporción. No se menciona la estabilidad institucional, aunque se menciona que en la mayoría de los casos hay coordinación institucional entre el MMA, el MOP y el MINVU, lo que se ha considerado tanto limitante como habilitante, ya que la mayor burocracia ralentizaba los procesos, pero cuando existía un alineamiento, se veía favorecido el proceso. Se evidenció la presencia de una integración de las SbN en las políticas nacionales y locales, siendo un factor habilitante. Por otro lado, identificamos que existe un apoyo político internacional, el cual se basa en apoyo técnico y financiero en la mayoría de los casos, convirtiéndose en un factor habilitante.

4.4. Económico

Entre los aspectos económicos que permitirían la implementación de SbN, tenemos que se reconoce como primera opción el financiamiento público directo, en segunda opción estaría la

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

cooperación internacional y los fondos concursables internacionales (como el fondo verde para el clima) y como tercera opción tenemos la inversión privada y los fondos concursables nacionales. Aunque en todos los casos se reconoce la existencia de problemas financieros, siendo un factor limitante.

4.5. Social

El aspecto social, no fue mencionado en la mayoría de la literatura, pero en un trabajo se plantea que no hay apoyo, lo que se considera como un factor limitante.

4.6. Tecnológico

El aspecto tecnológico lo reducimos a la disponibilidad de técnicos, la cual ha sido deficiente según los textos que lo abordaron, considerándose un factor limitante

4.7. Ecológico

Para los aspectos ecológicos, tenemos que hay la existencia de especies nativas y de corredores biológicos, los que se consideran factores habilitantes.

4.8. Legal

Por último, para los aspectos legales en Chile se puede mencionar que existen varias leyes que favorecen la implementación de SbN, las cuales no son vinculantes. Por su contra parte, también existen leyes que limitan la implementación de SbN, específicamente en zonas de cultivo y en zonas costeras con las algas.

6. Evaluación de la pertinencia y factibilidad

Tras evaluar la pertinencia y factibilidad de las SbN implementadas a nivel internacional, quedamos con 8 documentos que pasaron todos los filtros mencionados anteriormente en la metodología. Entre estos documentos seleccionamos aquellos que tuvieran el puntaje más cercano al máximo (55pts), quedándonos con 3 de ellos que tienen las siguientes puntuaciones 15, 20 y 23 pts. A esto se le suma la relevancia para Chile por las amenazas hídricas abordadas (inundaciones, sequía, degradación):

- ***Reserva natural Kopački rit como zona de retención natural de inundaciones (Potočki., et al. 2021).***

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

La intervención, impulsada por el gobierno nacional/regional, se aplicó entre los años 1970 y 1980 en la cuenca del río Danubio, Croacia, fue una SbN mixta, ya que combinaba la creación de infraestructura gris, con la integración de llanuras aluviales al río y la conservación de áreas verdes. El impacto abordado fue la inundación de agua dulce causados por el cambio climático y los cambios en el uso de suelo.

La principal SbN implementada en el río Danubio, específicamente en la confluencia con el río Drava en Croacia, es el uso de la reserva natural Kopački rit como una zona de retención natural de inundaciones. El sector que se inunda se compone de un delta interior y un humedal ribereño, que funciona como una depresión geomorfológica utilizada para la retención de agua. Esta zona tiene una capacidad de retención de hasta 1,000 millones de m³ de agua abarcando un área de aproximadamente 20,000 hectáreas.

Para realizarlo, se construyó un sistema que utiliza canales de alivio artificiales, compuertas (como las de Prevlaka y Trebež) y diques para dirigir el caudal de agua desde los ríos hacia las llanuras de inundación naturales Lonjsko polje. Además, se aumentó la superficie de inundación en Lonjsko polje en aproximadamente 7,000 hectáreas adicionales, por no encerrar la zona con diques, para aumentar la capacidad de retención.

La escala de intervención fue a nivel de cuenca hidrográfica, específicamente la cuenca del Río Danubio, considerándose una solución a gran escala, la implementación tardó 10 años en la construcción del área de retención de Lonjsko polje.

Los resultados obtenidos muestran una menor profundidad máxima del agua y condiciones de flujo similares a las del estado casi natural. Además, los principales elementos aguas arriba del sistema reducen la descarga máxima de 3600 m³ /s (inundación de 1000 años) del río Sava cerca del área urbana de Zagreb en 1000 m³ /s.

Esta intervención cuenta con un marco normativo fuerte y considerado como factor habilitante. Constituido por:

La Directiva Marco del Agua, la Directiva de Inundaciones, la Directiva de Hábitats, la Directiva de Aves, la estrategia Europa 2020: una Europa eficiente en el uso de los recursos, el Plan para la protección de las aguas europeas, la Estrategia de Biodiversidad, incluida la estrategia de Infraestructura Verde, la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático, el Plan de gestión de cuencas hidrográficas (PGCH) y la Ley de aguas.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

- **Restauración de tierras a gran escala para la resiliencia a la sequía (Constenla-Villoslada et al. 2022)**

Esta intervención se aplicó en el año 2011, ubicándose en las cuencas hidrográficas críticamente degradadas de las tierras altas de Etiopía gracias a los proyectos de gestión sostenible de la tierra (SLMP I y II), los cuales incluyeron la combinación entre la restauración y gestión como tipo de SbN (World Bank. 2020).

El impacto abordado fue la sequía, la reducción de la calidad del suelo y la baja productividad o pérdida de producción alimentaria debido a la degradación antropogénica de la tierra, exacerbada por fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos debido al cambio climático.

La SbN aplicada fue la restauración de tierras mediante un conjunto de mecanismos técnicos, entre estos podemos identificar: 1) la reforestación y la forestación de árboles y arbustos perennes multiuso en zonas degradadas, dando un total de 26,112 hectáreas en la fase SLMP II, 2) construcción de terrazas con piedras y diques de tierra para la estabilizar la ladera y reducir la velocidad de escorrentía, 3) Tratamiento de Barrancos utilizando presas de control reforzadas con gaviones (mallas de alambre llenas de piedras) para rehabilitar barrancos profundos y de rápido crecimiento. También se realizaron zanjas profundas para infiltración de agua, 4) Se establecieron áreas protegidas en tierras comunales degradadas para permitir la regeneración natural de la vegetación y limitar el sobrepastoreo

El conjunto de toda la intervención abarcó 135 cuencas hidrográficas y 1820 microcuencas, realizándose en un trayecto de 11 años, encontrando resultados a los 5 años de implementación efectiva. El mecanismo de acción se basó principalmente en el manejo sostenible de suelos, la revegetación y reforestación, la restauración hidrológica y conservación de bosques o pradera. El mecanismo político fue impulsado por el gobierno nacional/regional. El financiamiento provino de múltiples fuentes, incluyendo donaciones y créditos de instituciones internacionales. Por ejemplo, se mencionan: una subvención y un crédito propuestos al Gobierno de Etiopía, unas subvenciones del Fondo Fiduciario del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environmental Facility Trust Fund), crédito de la Asociación Internacional de Fomento (IDA), subvenciones del Fondo Fiduciario del Proyecto de Gestión Sostenible de la Tierra de Etiopía (Noruega) y subvenciones del Fondo Fiduciario del Fondo para los Países Menos Desarrollados (Least Developed Countries Fund Trust Fund)

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Para los resultados relacionados a las zonas de sequía, tenemos que la productividad creció entre 13.48% y 16.71%, mientras que en áreas sin sequía severa el aumento fue de solo 3.08%, lo que sugiere importantes efectos de amortiguación de la sequía.

En este estudio no se especificó un marco normativo para apoyar la intervención.

- Rehumidificación de turberas drenada para el aumento de disponibilidad hídrica (Karimi et al. 2024)

La intervención se aplicó en noviembre de 2020, impulsado por gobierno nacional/regional y con un financiamiento público directo. Fue realizado en el Área Experimental Trollberget (TEA), Suecia. Se aplicó una restauración de la función hídrica de las turberas como tipo de SbN.

El impacto abordado fue la disminución de la disponibilidad de agua, las inundaciones de agua dulce y la sequía. La causante de estos impactos es la degradación de los humedales debido al drenaje humano en combinación con el cambio climático en curso.

La SbN implementada fue la rehumidificación de las turberas, rellenando y bloqueando las zanjas en noviembre de 2020. Las zanjas se rellenaron con turba del sitio (en zonas que anteriormente fueron perturbadas con excavaciones) y se construyeron presas adicionales a intervalos regulares utilizando los troncos de árboles cosechados en el sitio. Los troncos se colocaron horizontalmente, pero perpendiculares a la zanja, excepto en los dos lugares de salida, donde los troncos se insertaron verticalmente en la turba y se cubrieron adicionalmente con geotextil. Además, la escasa cubierta arbórea que crecía en la turbera se cortó para reducir la evapotranspiración y complementar el bloqueo de la zanja.

La intervención se aplicó a los bosques boreales y taiga, y humedales de turba, en una escala de cuencas hidrográficas R1 y R2, considerándose una solución a gran escala. Además, esto se aplicó en noviembre de 2020, siendo una implementación rápida con resultados entre el primer y el tercer año de forma sostenida.

El mecanismo de acción fue la revegetación/ reforestación (con especies nativas), la restauración hidrológica, manejo sostenible de suelos, cosecha de aguas lluvias (atrapanieblas, pequeñas represas, trincheras), construcción de pequeños proyectos de irrigación.

Los resultados mostraron que la rehumidificación de turberas condujo a un aumento significativo en el nivel freático de 60 mm en comparación con el control. El análisis de la

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

curva de duración del flujo (FDC) demostró que el umbral de bajo flujo aumentó hasta en un 150% en los sitios rehúmedados. Además, nuestros hallazgos sugirieron que la rehúmedación resultó en un aumento en el umbral del nivel freático en el que se genera la escorrentía fluvial. Además, nuestros hallazgos mostraron un cambio notable en el coeficiente de escorrentía mensual, con un aumento durante los meses secos y una disminución durante los períodos húmedos. Combinadas, estas observaciones apuntan hacia una mejora en el almacenamiento de agua de la turbera y la capacidad de amortiguación hidrológica

En este estudio no se especificó un marco normativo para apoyar la intervención

DISCUSIÓN

1. Síntesis e interpretación de los hallazgos clave a nivel internacional

Las SbN enfocadas en la temática hídrica se han ido convirtiendo en una innovación relevante en los últimos años, ya que hay un amplio número de países en donde se ha realizado su investigación y aplicación, lo que se ve complementado por los estudios de Sillero-Medina et al., (2023) y Vela & del Busto (2023). De estas experiencias, se obtuvieron aprendizajes dentro

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

de las dimensiones que enmarcan el concepto de gobernanza que pueden ser útiles para importar al contexto chileno. Sin embargo, aún existe un vacío importante de conocimiento y experiencias sobre la implementación (Martin et al. 2025) y otros factores de la gobernanza como indican nuestros resultados sobre las dimensiones sociales, tecnológicas y en parte económicas. Por lo tanto, se espera identificar y aportar evidencia con nuestra investigación.

Para empezar, los resultados de la red de co-palabras (Figura 2) y de la codificación a nivel internacional nos muestran que el cambio de uso de suelo es la principal causa de las problemáticas ambientales en los últimos años, diferenciándose de los datos recolectados en la literatura gris para el contexto chileno, donde el enfoque está principalmente en el cambio climático y después sin dar una razón clara, en los factores antrópicos. Creemos que este estudio permite demostrar el potencial de enfocarnos en el cambio de uso de suelo por sobre el cambio climático en Chile. En particular para las regiones entre el Maule y la Araucanía, siendo las que concentran el mayor % de las plantaciones agrícolas y forestales (Galleguillos et al. 2021; Alvarez-Garreton et al. 2019).

Con lo que respecta al total de las SbN identificadas, son en su mayoría impulsadas por los gobiernos, con un predominio de las intervenciones de "restauración" como tipo de SbN, las cuales se implementan generalmente a escala de cuenca hidrográfica y se financian de forma pública. Los mecanismos técnicos más frecuentes en estas intervenciones fueron la revegetación y reforestación, la restauración hidrológica y la restauración de humedales. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Suttles et al., (2021), quienes identificaron que estos mecanismos poseen alta capacidad para reducir inundaciones y mejorar la calidad del agua, lo que confirma la efectividad de la SbN para abordar problemas hídricos. Por otro lado, nos llama la atención la diferencia que se presenta con los resultados de Chausson et al., (2020) sobre el tipo de SbN, quien obtuvo como principal opción "ecosistemas creados". Esto nos sugiere dos cosas: la primera, es que en los 5 años transcurridos ha habido un cambio de paradigma hacia SbN que priorizarían las funciones ecológicas de un ecosistema nativo por sobre los creados. La otra explicación puede ser la perspectiva de nuestro estudio, viéndose representado en la cadena de búsqueda (ANEXO 1, apartado C), donde intentamos resaltar la restauración con especies nativas y endémicas, como también la restauración de ecosistemas a su estado natural. Con lo que respecta la cuenca hidrográfica, vemos señalado el lineamiento de los documentos con la Conferencia Internacional sobre el Agua de 1977 (United Nations 1977), lo que puede sugerir que se está estandarizando esta escala espacial para implementar las SbN. Sin embargo, por lo general no se problematizan las dificultades operativas que ello representa, en particular

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

por involucrar muchos actores o instituciones pertenecientes a estas escalas territoriales para la gestión (Rincón Díaz et al, 2022; Winograd, 2021). En cuanto a la iniciativa por los gobiernos y el financiamiento público, se expresa la naturaleza pública que tienen las SbN, ya que, en ese sentido es difícil o imposible excluir a los usuarios de sus cobeneficios. Por esta razón, el financiamiento y la iniciativa privada es severamente limitada, ya que las SbN no pueden ser tasadas ni vendidas para crear un flujo de ingresos (Linnerooth-Bayer et al. 2023), lo que explicaría el predominio de este mecanismo económico por sobre otros.

El análisis PESTEL revela que el éxito de las SbN involucra muchos factores en conjunto, dependiendo menos de un factor aislado y más de la sinergia entre ellos, por ejemplo, la voluntad política no basta si es que no hay políticas que estén abaladas por la legislación, o que no cuenten con un financiamiento público estable, además de involucrar la participación local. Por otro lado, los resultados revelan que la ausencia frecuente de reportes sobre factores ecológicos (como conectividad) muestran una brecha crítica entre el discurso de la biodiversidad y la práctica de implementación. Esto representa la misma problemática para la dimensión social y tecnológica, algo problemático al considerar que la efectividad de las SbN depende de ellas para su diseño (Schneider-Valenzuela et al. 2023).

2. La gobernanza entre la literatura y la práctica

A pesar de que la conceptualización de la SbN aborda características fundamentales para lograr una gobernanza hídrica idónea, esta no se ve reflejada en los resultados. El bajo número de documentos que presentan objetivos socioeconómicos y de gobernanza (8 de 69), como el Desarrollo Local o la Adaptación Social, o los bajos reportes de las dimensiones ecológicas, tecnológicas y sociales, pueden ser indicadores del bajo interés por evaluar si las SbN dan resultados a la reducción de conflictos o la equidad de los recursos hídricos tanto para la sociedad, como para los ecosistemas, siendo datos fundamentales para la toma de decisiones colectivas y en red (Sekulova & Anguelovski, 2017). En este punto, se crea una incongruencia entre la teoría de las SbN y la práctica en relación con la gobernanza de los recursos hídricos, lo que le otorga un rol más técnico y enfocado en los resultados biofísicos.

En lo que respecta a las dimensiones no abordadas por los documentos, cabe señalar la social, donde el apoyo local, que fue mencionado solo en 8 documentos, toma un rol importante para favorecer la implementación de las SbN (Martin et al. 2025), ya sea por ser los principales

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

impulsores, por proveer una base de datos o por involucrarse en la selección e implementación de las medidas de gestión. De este modo, se permite a futuro una distribución más equitativa de los costos y beneficios (Scolobig et al. 2020), por ende, favorecer a una buena gobernanza de los recursos hídricos.

Creemos que esta omisión puede deberse a dos causas: la primera, es la dificultad metodológica para evaluar resultados de gobernanza en periodos de estudio cortos, y la segunda, es por la dominancia de enfoques biofísicos en las ciencias ambientales, que priorizan variables hidrológicas por sobre las sociales. Esto termina siendo un obstáculo al momento de buscar aprendizajes internacionales para basar una intervención en Chile, en particular, si aún se señalan dudas sobre su efectividad por distintos autores (Muñoz et al. 2023a; Seddon et al. 2020; Martin et al. 2025). Además, esto tiene implicancias directas sobre los tomadores de decisiones, ya que se vuelve mucho más complicado recabar información en la literatura internacional.

3. Aprendizajes de los casos emblemáticos

Antes que nada, la existencia de experiencias internacionales exitosas no garantiza que sean replicables para el contexto de otros países. La transferibilidad de una SbN depende de la similitud de condiciones favorables y limitantes, además de que se requieren diseños específicos para cada conflicto, considerando las condiciones propias de la gobernanza de cada territorio (Schneider-Valenzuela et al. 2023). Estos casos emblemáticos nos sirven como un bosquejo de lo que podría ser una SbN en el contexto chileno, más bien, no esperamos replicarlos en el futuro. A continuación, se analizan críticamente los tres casos que obtuvieron mayor puntuación en la evaluación de pertinencia.

- **Caso Croacia (Danubio):** El caso de Croacia se caracteriza por tener una gobernanza transnacional, al ser integrante de la Unión Europea (UE), donde su ley de aguas cumple con las normas de la Directiva Marco del Agua (DMA). Este marco legal vinculante le exige el cumplimiento de objetivos ecológicos y le brinda una base económica importante. En este punto se presenta una diferencia que no podría ser transferible al contexto chileno, por la naturaleza de ser un país latinoamericano. Sin embargo, esto nos fuerza a enfocarnos en poseer un marco legal fuerte en la perspectiva ecológica. Además, se necesita fortalecer el rol económico del Estado para tener una base sólida de financiamiento para implementar las SbN. Por otro lado, este caso nos ofrece otro aprendizaje, que es la experiencia de combinar la

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

infraestructura verde y gris, siendo esta efectiva. Para Chile esta experiencia se vuelve importante, dado que, en la mayor parte de los proyectos chilenos se ve favorecido el uso de infraestructura gris por sobre las SbN (Seddon et al. 2020), por lo que puede ser útil este escenario para acumular experiencias de SbN.

- **Caso Etiopía:** El caso etíope (SLMP) representa una intervención a gran escala en contexto de un país con bajo desarrollo y degradación de la tierra. Sus factores habilitantes fueron: la inversión pública sostenida (Banco Mundial + gobierno), la organización comunitaria activa y las metas explícitas de productividad. Si bien, este caso nos presenta la fortaleza de realizar un proyecto a una escala tan grande, formado por un conjunto de micro proyectos, esta no se vería viable en el contexto chileno, ya que Chile no posee una base sólida de financiamiento para proyectos de esta naturaleza. Pero se vuelve interesante el factor acumulativo que puede desprenderse del conjunto de SbN presentadas en este estudio, lo que nos permite pensar en una intervención a gran escala con aplicación paulatina o de un conjunto de proyectos que puedan ser escalables. Otro aprendizaje es la capacidad del apoyo local que está presente en los proyectos de Etiopía. En Chile no es replicable por la estructura fragmentada de la propiedad, pero nos obliga a buscar distintos métodos como los incentivos económicos directos y sostenidos para modificar prácticas de uso de suelo.
- **Caso Suecia (Turbera Boreal):** La rehúmedación de turberas drenadas demuestra que la restauración hidrológica puede tener efectos rápidos en caudales de estiaje. Aunque las turberas no son el ecosistema dominante del centro-sur de Chile, el principio es transferible a humedales degradados en condiciones similares de estiaje. La lección interesante es la baja intensidad de la intervención (bloqueo de zanjas, revegetación con especies nativas) y los resultados en plazos relativamente cortos (<3 años). Es un modelo útil para proyectos piloto de bajo costo en humedales urbanos y periurbanos bajo la Ley 21.202 de Humedales Urbanos.

En conjunto, los casos evidencian que no existe una forma única exportable. La transferibilidad no es textual, sino gradual y con condiciones. Para Chile, el camino más plausible no es la réplica de grandes proyectos, sino la traducción de principios (combinación de enfoques, anclaje normativo, incentivos económicos, intervenciones de baja intensidad) adaptados a las

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

oportunidades que nos dan los instrumentos como las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP), las cuales se enmarcan en la Ley Marco de Cambio Climático y son un vínculo con los compromisos a nivel internacional (Marquet et al. 2021).

4. Perspectivas para la implementación en el centro-sur de Chile: aprendizajes, barreras y oportunidades

Aprendizajes y barreras legales

Como indican nuestros resultados, las SbN siguen siendo una novedad a nivel internacional, fenómeno que se refleja en la legislación, ya que estas “aún no están plenamente integradas en los sistemas jurídicos” (Davies y Laforteza, 2019; Cohen-Shacham et al. 2016). Con esto se quiere decir que podemos encontrar muchos mecanismos jurídicos sobre SbN no vinculantes (Davis et al. 2018). Sobre esa base, entendemos que la legislación chilena tiene limitantes e incluso trabas al momento de querer implementar las SbN. Por su contra parte, hay países con un sistema jurídico que integra de mejor forma o que facilita la implementación de estos proyectos. Sobre esto, hemos identificado aprendizajes y experiencias relevantes que pueden ser útiles para identificar barreras y facilitar la implementación de SbN.

Uno de estos casos es la Ley de Protección de la Vegetación Nativa (Brasil), que es un marco legal sumamente importante para la protección de los ecosistemas. Lo relevante de esta ley en comparación con la Ley Chilena de Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley N° 20.283), siendo esta la que cumple un rol similar, es que la primera contempla los ecosistemas a su amplio espectro y no solo en bosques arbóreos, lo que permite distinguir los roles ecosistémicos al momento de seleccionar zonas forestales, protegiendo los ecosistemas.

Otra ley interesante para considerar es la Ley de Aguas, que está presente con sus distintas peculiaridades en Croacia, Inglaterra y Australia, la cual está alineada con los objetivos de la Directiva Marco del Agua de la UE, y puede ser comparable con el Código de aguas en Chile, ya que ambas leyes buscan regular el uso de agua, prevenir la contaminación, proteger los ecosistemas acuáticos, entre otras. Las diferencias que se presentan son importantes, en particular porque Chile es uno de los casos más extremos de privatización y mercantilización del agua a nivel global (Bolados et al. 2025), siendo esta la principal diferencia con la Ley de Aguas, que considera el agua como un recurso público sin derecho de aprovechamiento privado, evitando la especulación y la compra y venta del agua como bien inmueble. Esto

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

impacta directamente en el uso del recurso hídrico para los proyectos de SbN, ya que, por ejemplo: La ley de Aguas da prioridad de forma jerárquica, donde el uso como agua potable está en primer lugar, el uso ecológico en segundo, la agricultura en tercero y por último el uso industrial, diferenciándose del código de aguas, que prioriza al primero en llegar (de forma temporal). Además, es incompatible con la naturaleza pública que tienen las SbN (Linnerooth-Bayer et al. 2023).

Por otro lado, encontramos que hay leyes limitadoras del actuar de las SbN a nivel internacional, en particular aquellas que se vinculan con la restauración hidrológica y restauración de humedales. Estas leyes son las que protegen las tierras privadas, generalmente de campesinos (Los artículos 11° y 12° de la Ley de Gestión de Tierras de la República Popular China, Ley Agrícola de 2008 de Estados Unidos y los Derechos de Propiedad y Compensación en Australia), siendo un obstáculo ya mencionado en la investigación de Martin et al., (2025) y que es sumamente pertinente al contexto chileno, en particular al territorio comprendido entre la región del Maule y la Araucanía por ser sectores con el mayor porcentaje de plantación forestal y agrícola. La problemática podría ser explicada por lo mencionado por Toxopeus et al., (2020), quienes abordan las desigualdades en la distribución de los costos y beneficios entre la población local. Sumado a lo anterior, hay una mayor cantidad de tierra que necesitan las SbN en comparación con las infraestructuras grises, lo que aumenta los costos de implementación y por ende los conflictos (Scolobig et al. 2020). Con respecto a una solución creemos al igual que Guida et al., (2016), que es necesario monetizar los beneficios derivados de las SbN y evaluar la reducción de los costos que esto significaría además de brindar mayores certezas al momento de su implementación. De este modo abordar los incentivos monetarios de forma más eficiente y disminuir los conflictos.

Barreras institucionales

Un tema que resulta importante destacar, es la coordinación u operatividad al momento de implementar las SbN, dado que, aunque la coordinación institucional en la mayoría de los casos sea considerada un factor habilitante, esta puede pasar a ser un factor limitante debido a que obtener un consenso entre muchos actores se vuelve complicado, o sea, la burocracia limitaría las acciones (Moss, 2007; Rincón Díaz et al, 2022; Winograd, 2021).

El contexto chileno posee el potencial de sufrir este fenómeno, ya que resulta complejo por la fragmentación de competencias entre diversos órganos de la administración del estado, como lo sería la DGA, el MMA o la CONAF, constituyendo un obstáculo significativo para la

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

implementación de SbN (Rojas, 2024). En este punto, si queremos tener una gobernanza hídrica efectiva, es urgente la creación de un organismo enfocado en la gestión hídrica a nivel de cuenca, lo que en palabras de Escenarios Hídricos 2030 (2025) “Esto no solo refleja un atraso político, sino también una compleja debilidad institucional”

Barrera económica

La primera barrera y que es un problema general de las SbN es la novedad del término, lo que conlleva una falta de información y experiencias sobre el financiamiento, un obstáculo importante señalado en el estudio de Martin et al., (2025).

Aunque este problema esté perpetuado en esta línea de investigación, encontramos que en nuestros resultados existe el predominio por un financiamiento público a nivel internacional, el cual a menudo es limitado (Sekulova & Anguelovski, 2017), esto va hasta cierto punto alineado al contexto chileno, ya que en los documentos nacionales (literatura gris) se entiende el rol del gobierno en tomar la iniciativa y en su deber de ser el principal financiero, aunque, por otro lado, surgen complicaciones al momento de llevarlo a la realidad, en particular por dos cosas: la primera es que el estado redujo su rol económico (Garreton, 2017) y lo segundo, es que el gasto público en restauración de ecosistemas es marginal frente al destinado a infraestructura hídrica gris (Martin et al. 2025). Estos problemas influyen en la dependencia de fondos concursables internacionales (GEF, Fondo Verde) o un financiamiento exterior, lo cual es insostenible, en particular si queremos pensar en la viabilidad de los proyectos a largo plazo (Muñoz et al. 2023a).

Oportunidades

A pesar de las barreras existentes, hay oportunidades en los instrumentos legales. La Ley Marco de Cambio Climático (21.445) y sus Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas, constituyen el instrumento con mayor potencial para incorporar SbN. El desafío es operacionalizar el artículo 13 que las menciona como infraestructura verde, para transformarlo en metas cuantitativas, presupuestos específicos y carteras de proyectos priorizados. Sin esto, la mención a SbN seguirá siendo únicamente declarativa.

En la misma línea, está la Ley 21.202 de Humedales Urbanos, la cual ha demostrado capacidad de generar protección efectiva en plazos cortos (13.160,7 hectáreas protegidas en 5 años). Su enfoque expedito podría exportarse a otros ecosistemas críticos para la regulación hídrica, como bosques esclerófilos de cabecera o humedales altoandinos. En este sentido, los Gobiernos

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Regionales, con nuevas competencias en ordenamiento territorial y recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, son actores clave para impulsar estas leyes y favorecer la implementación de SbN.

Por último y en forma de síntesis, la implementación de SbN en el centro-sur de Chile, no depende exclusivamente del conocimiento técnico, sino que la mayor limitante sería la falta de voluntad política para remover barreras legales e institucionales. Dicho de otro modo, mientras no haya un financiamiento destinado a las SbN, el agua sea concebida como mercancía y las cuencas como unidades administrativas sin poder, las SbN como herramienta para la gobernanza hídrica seguirán siendo marginales.

5. Limitaciones del estudio y proyecciones para investigación futura

Limitaciones

Encontramos que nuestra investigación viene en parte a confirmar ciertos descubrimientos hechos por otros autores, como a su vez, creemos haber aportado nuevos conocimientos con respecto a las SbN para una futura implementación en el contexto chileno. No obstante, esta investigación posee sus limitaciones, que creemos deben considerarse para obtener resultados más nítidos sobre este tema.

La primera limitación metodológica fue lo amplio del estudio. El estudio incluyó la suma del mapeo sistemático enfocado en los resultados biofísicos y el análisis PESTEL orientado a los factores de gobernanza. Si bien esto nos permitió abordar lo complejo del concepto SbN, esto implicó una disminución de la profundidad del estudio.

La segunda limitación, fue el método propuesto para evaluar la pertinencia y factibilidad. La disponibilidad de información no se correlacionaba con la mayor similitud al contexto chileno, por lo que encontramos ejemplos de cuencas boreales y de sistemas tropicales. En cambio, las experiencias en ecosistemas más similares como los mediterráneos y templados no presentaban mucha información. Por otro lado, esto demuestra que aún no hay suficiente literatura o metodologías que permitan evaluar la transferibilidad de distintas SbN internacionales a un contexto específico.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

La tercera limitación, fue el sesgo de búsqueda, la que se restringió a inglés, español y portugués, excluyendo literatura en otros idiomas (ej: francés, alemán, mandarín) que podría contener experiencias relevantes. Adicionalmente, la literatura científica tiende a contener más casos exitosos, por lo que las barreras identificadas podrían estar subestimadas.

La última limitación fue que, aunque se priorizaron ecosistemas análogos a los del centro-sur de Chile (clima templado/mediterráneo), la revisión evidenció una escasa literatura sobre SbN en climas mediterráneos y templados, ecosistemas dominantes en las cuencas de interés. Esto limita la transferibilidad directa de aprendizajes y evidencia la necesidad de un mayor número de investigaciones en este territorio.

Proyecciones

Pensamos que, relacionado a las SbN, se requieren investigaciones que evalúen la relación costo-efectividad de SbN versus infraestructura gris en cuencas chilenas, incorporando beneficios no transables (biodiversidad, recreación, identidad cultural). Estudios de este tipo son indispensables para que el Ministerio de Hacienda y la Dirección de Presupuestos evalúen la viabilidad de los proyectos y a futuro el financiamiento de estos. Sumado a lo anterior y considerando que la mayoría de los estudios analizados reportan resultados en al menos 5 años, pensamos que para las SbN incipientes que se están implementando en Chile, es necesario establecer sistemas de monitoreo de largo plazo que permitan evaluar su efectividad hidrológica, resiliencia al cambio climático y sostenibilidad social en el tiempo para generar antecedentes claros en el contexto chileno.

CONCLUSIÓN

Esta investigación se propuso a responder la siguiente pregunta: ¿Cuáles aprendizajes internacionales en torno a Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) pueden ser adaptados al contexto socioinstitucional y climático del centro-sur de Chile, con el propósito de fortalecer la gobernanza hídrica ante escenarios crecientes de sequía?

En síntesis, existen aprendizajes internacionales transferibles al contexto chileno, aunque para implementarlas efectivamente en las regiones del Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía se requiere remover las barreras estructurales que limitan la gobernanza hídrica. Se destacan

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

limitaciones importantes en las dimensiones económicas, políticas y legales, las que se vuelven problemáticas al entender que la implementación de SbN depende de la sinergia entre las dimensiones y no de su acción aislada.

Dentro de los principales resultados, obtuvimos que a nivel internacional existe un mayor predominio de SbN para abordar el cambio de uso de suelo por sobre el cambio climático, lo que terminó siendo una diferencia con el contexto chileno, abriendo las puertas a cuestionarnos cuáles son los factores más relevantes para considerar en las políticas públicas según las distintas regiones de Chile. También obtuvimos una generalidad de las SbN a nivel internacional, las que se caracterizó por ser en su mayoría impulsada por los gobiernos, con un predominio de las intervenciones de “restauración” como tipo de SbN, las cuales se implementan generalmente a escala de cuenca hidrográfica, con financiamiento predominantemente público y con revegetación y reforestación, restauración hidrológica y restauración de humedales como los principales mecanismos técnicos. Con respecto a esta generalización, encontramos que se está estandarizando el uso de la cuenca hidrográfica como escala espacial, estando en línea con la Conferencia Internacional sobre el Agua de 1977. Además, que el gobierno sea impulsor y principal financiero, plantea la naturaleza pública de las SbN por la dificultad de privatizar y excluir a los usuarios de sus cobeneficios. Por otro lado, la gobernanza en nuestro estudio muestra un bajo número de estudios que incluyen un objetivo socioeconómico y de gobernanza o que abordaran temáticas ligadas a esta, como el apoyo local. Debido a esto, no pudimos identificar las experiencias en la reducción de conflictos o la equidad de los recursos hídricos, convirtiéndose en un obstáculo al momento de buscar aprendizajes internacionales para basar una intervención en Chile. Los aprendizajes que se desprenden de los casos emblemáticos fueron muy específicos, donde: 1) el caso de Croacia destaca su fortaleza económica y legislativa para permitir la implementación de una SbN, 2) en Etiopía se mostró el factor acumulativo del conjunto de SbN además de la capacidad del apoyo local, 3) en Suecia pudimos observar el potencial de intervenciones sencillas con resultados en plazos cortos (<3 años). Ahora, con lo que respecta a los aprendizajes, barreras y oportunidades para la implementación en el centro sur de Chile, encontramos que hay países con leyes que nos brindan aprendizajes y pueden mostrarnos una ruta a seguir, como Brasil con la Ley de Protección de la Vegetación Nativa o los países pertenecientes a la UE con la Ley de Aguas; por otro lado, hay leyes que limitaron la intervención estatal, por ende, la implementación de SbN, como lo fue en Estados Unidos, China y Australia, con las leyes que protegen las tierras privadas. Además, existe una barrera institucional y varias económicas, la

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

institucional es el exceso de burocracia al incluir muchos organismos para la gestión de recursos hídricos, problema que plantea la necesidad de crear un organismo enfocado en la gestión hídrica a nivel de cuenca, y la segunda es la escasez económica que poseen los gobiernos para estos proyectos y la falta de información sobre experiencias en el financiamiento de las SbN. Las oportunidades existentes para el contexto chileno son sus instrumentos legales, destacando especialmente la Ley Marco de Cambio Climático (21.445) y sus Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas, la Ley 21.202 de Humedales Urbanos, las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP).

Estos hallazgos aportan conocimientos y antecedentes para cuestionar y abordar la gobernanza hídrica en Chile de otra forma, junto con los aprendizajes sobre implementación de SbN. En esta investigación se evidenciaron distintos vacíos en el conocimiento de las SbN y de las SbN en el contexto chileno. De este modo nos podemos hacer varias preguntas como ¿Podrá existir una metodología para importar experiencias internacionales de SbN a otros contextos específicos? ¿Qué impacto climático es más relevante a considerar en las distintas regiones de Chile? ¿Qué tan importante es el rol del apoyo local para la viabilidad de una SbN en el contexto chileno? ¿Existe un factor acumulativo de las SbN a pequeña escala, y estas serán más fácil de implementar en Chile? Estos son algunos ejemplos de los vacíos de información que pueden investigarse para seguir favoreciendo la implementación de esta innovación técnica en Chile.

En definitiva, ante la creciente inseguridad hídrica en Chile debido a su marco normativo, uso de suelo y el cambio climático, es más importante que nunca impulsar por parte de la academia y del estado, en conjunto, proyectos que permitan reconstruir los ciclos hídricos entre nuestra sociedad y la naturaleza, siendo fundamental considerar las SbN como una herramienta sumamente útil para aquello. El desafío pendiente es trabajar con los aprendizajes internacionales y aumentar la voluntad política para remover las barreras estructurales presentadas en este estudio.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. ALVAREZ-GARRETON, C., BOISIER, J.P., BILLI, M., LEFORT, I., MARINAO, R. & BARRIA, P. 2023. Protecting environmental flows to achieve long-term water security. Journal of Environmental Management 328:116914.**
- 2. ALVAREZ-GARRETON, C., LARA, A., BOISIER, J.P. & GALLEGUILLOS, M. 2019. The impacts of native forests and forest plantations on water supply in Chile. Forests 10(6):473.**
- 3. BARRIA, P., ROJAS, M., MORAGA, P., MUÑOZ, A., BOZKURT, D. & ALVAREZ-GARRETON, C. 2019. Anthropocene and streamflow: Long-term perspective of streamflow variability and water rights. Elem Sci Anth 7:2.**

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

4. **BARRIA, P., SANDOVAL, I.B., GUZMAN, C., CHADWICK, C., ALVAREZ-GARRETON, C., DÍAZ-VASCONCELLOS, R. & FUSTER, R. 2021. Water allocation under climate change: A diagnosis of the Chilean system. *Elem Sci Anth* 9(1):00131.**
5. **BASUALTO, S., DEL VALLE, J., GIL, M.V., FIGUEROA, R., PARRA, O., GONZÁLEZ, A. & STEHR, A. 2019. Modelos de gestión, conflictos y mediación en cuencas hidrográficas: los casos de España y Brasil y su aplicabilidad a Chile.**
6. **BOLADOS, P., PAVEZ, O.A. & CELUMA, T. 2025. La crisis social del agua: Entre conflictos y colaboraciones en un contexto de mega sequía y cambios al Código de Aguas en Chile. *Pléyade* (35):105-125.**
7. **CENTRO DE CIENCIA DEL CLIMA Y LA RESILIENCIA (CR2). 2023. Informe a las Naciones: Seguridad hídrica en Chile.**
8. **CENTRO DE CIENCIA DEL CLIMA Y LA RESILIENCIA (CR2). s.f. Atlas Sudamericano de Sequías (SADA).**
9. **CHAUSSON, A., TURNER, B., SEDDON, D., CHABANEIX, N., GIRARDIN, C.A., KAPOS, V. & SEDDON, N. 2020. Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology* 26(11):6134-6155.**
10. **COHEN-SHACHAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C. & MAGINNIS, S. 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN, Gland. 97 pp.**
11. **CONSTENLA-VILLOSLADA, S., LIU, Y., WEN, J., SUN, Y. & CHONABAYASHI, S. 2022. Large-scale land restoration improved drought resilience in Ethiopia's degraded watersheds. *Nature Sustainability* 5(6):488-497.**
12. **CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CBD) SECRETARIAT. 2009. Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: Report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change. CBD Technical Series 41.**
13. **CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2019. Preguntas frecuentes sobre la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). URL: <https://www.enccrv.cl/preguntas-frecuentes> Accesado: 30 de marzo, 2026.**
14. **CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2023. Informe de Plantaciones Forestales año 2023. URL: <https://www.conaf.cl/manejo-de->**

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

ecosistemas/gestion-forestal-suelos-y-agua/plantaciones-forestales/ Accesado: 30 de marzo, 2026.

- 15. DEWAN, C. & NUSTAD, K.G. 2024. 'Fluid Dispossessions': Contested waters in capitalist natures. Ethnos 89(3):389-400.**
- 16. DUFEY, A. 2020. Iniciativas para transparentar los aspectos ambientales y sociales en las cadenas de abastecimiento de la minería: Tendencias internacionales y desafíos para los países andinos. CEPAL, Serie Medio Ambiente y Desarrollo 169.**
- 17. EGGERMONT, H., BALIAN, E., AZEVEDO, J.M.N., BEUMER, V., BRODIN, T., CLAUDET, J. & LE ROUX, X. 2015. Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 24(4):243-248.**
- 18. ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 (EH2030). 2021. ¿Qué entendemos por cuenca hidrográfica y por qué es la unidad territorial óptima para gestionar los recursos hídricos. URL: <https://escenarioshidricos.cl/noticia/cuenca-hidrografica-la-unidad-territorial-optima-para-gestionar-recursos-hidricos/> Accesado: 8 de abril, 2025.**
- 19. ESCENARIOS HÍDRICOS 2030 (EH2030). 2022. Soluciones basadas en la Naturaleza, ¿por qué son necesarias? URL: <https://escenarioshidricos.cl/noticia/soluciones-basadas-en-la-naturaleza/> Accesado: 8 de abril, 2025.**
- 20. ESCENARIOS HÍDRICOS 2030. 2018. Radiografía del Agua: Brecha y riesgo hídrico en Chile. Fundación Chile, Santiago. 120 pp.**
- 21. ESCENARIOS HÍDRICOS 2030. 2022. Cuencas regenerativas, de la crisis a la seguridad hídrica: Hoja de ruta Maipo y Maule. Fundación Chile, Santiago. 85 pp.**
- 22. ESCENARIOS HÍDRICOS 2030. 2025. Escasez del agua en la cuenca del Maule. URL: <https://escenarioshidricos.cl/noticia/escasez-de-agua-en-cuenca-maule/> Accesado: 29 de enero, 2025.**
- 23. ESCENARIOS HÍDRICOS 2030. 2025. Escenarios Hídricos 2030 realizó ronda de encuentros con los equipos de las candidaturas presidenciales. URL: <https://escenarioshidricos.cl/noticia/escenarios-hidricos-2030-realizo-ronda-de-encuentros-con-los-equipos-de-las-candidaturas-presidenciales/> Accesado: 30 de marzo, 2026.**

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

24. FOLEY, J.A., DEFRIES, R., ASNER, G.P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S.R. & SNYDER, P.K. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309(5734):570-574.
25. FONSECA, K., ESPITIA, E., BREUER, L. & CORREA, A. 2022. Using fuzzy cognitive maps to promote nature-based solutions for water quality improvement in developing-country communities. *Journal of Cleaner Production* 377:134246.
26. FONT, E.V. 2019. Institucionalidad del cambio climático en Chile. Biblioteca del Congreso Nacional, Santiago. 45 pp.
27. FORO ECONÓMICO MUNDIAL. 2017. Informe de riesgos mundiales 2017. Ginebra. 78 pp.
28. FUKUYAMA, F. 2013. What is governance? *Governance* 26(3):347-368.
29. GALLEGUILLOS, M., GIMENO, F., PUELMA, C., ZAMBRANO-BIGIARINI, M., LARA, A. & ROJAS, M. 2021. Disentangling the effect of future land use strategies and climate change on streamflow in a Mediterranean catchment dominated by tree plantations. *Journal of Hydrology* 595:126047.
30. GARRETON, M. 2017. Perfil de ciudad: Neoliberalismo realmente existente en el Gran Santiago. *Ciudades* 65:32-50.
31. GLEICK, P.H. 2000. A look at twenty-first century water resources development. *Water International* 25(1):127-138.
32. GRISCOM, B.W., ADAMS, J., ELLIS, P.W., HOUGHTON, R.A., LOMAX, G., MITEVA, D.A. & FARGIONE, J. 2017. Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(44):11645-11650.
33. HOLDEN, P.B., REBELO, A.J., WOLSKI, P., ODOULAMI, R.C., LAWAL, K.A., KIMUTAI, J. & NEW, M.G. 2022. Nature-based solutions in mountain catchments reduce impact of anthropogenic climate change on drought streamflow. *Communications Earth & Environment* 3(1):51.
34. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). 2015. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro. Centro de Información de Recursos Naturales, Santiago. 60 pp.
35. IUCN. 2015. Habitats classification scheme (version 3.1). URL: <https://www.iucnredlist.org/resources/habitat-classification-scheme> Accesado: 15 de marzo, 2024.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

36. KARIMI, S., HASSELQUIST, E.M., SALIMI, S., JÄRVEÖJA, J. & LAUDON, H. 2024. Impact of rewetting on the hydrological function of a drained peatland in the boreal landscape. *Journal of Hydrology* 641:131729.
37. LAVOREL, S., LOCATELLI, B., COLLOFF, M.J. & BRULEY, E. 2020. Co-producing ecosystem services for adapting to climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 375(1794):20190119.
38. LINNEROOTH-BAYER, J., MARTIN, J., FRESOLONE-CAPARRÓS, A., SCOLOBIG, A., RODRIGUEZ, J.A., SOLHEIM, A. & REUTZ, E.H. 2023. Learning from NBS implementation barriers.
39. MAES, J. & JACOBS, S. 2017. Nature-based solutions for Europe's sustainable development. *Conservation Letters* 10(1):121-124.
40. MARQUET, P.A., ROJAS, M., STEHR, A., FARÍAS, L., GONZÁLEZ, H., MUÑOZ, J.C., WAGEMANN, E., ROJAS, C., RODRÍGUEZ, I. & HOYOS, J. 2021. Soluciones basadas en la naturaleza. Comité Científico de Cambio Climático, Santiago. 180 pp.
41. MARTIN, E.G., COSTA, M.M. & MÁÑEZ, K.S. 2020. An operationalized classification of nature-based solutions for water-related hazards: From theory to practice. *Ecological Economics* 167:106460.
42. MARTIN, J.G., SCOLOBIG, A., LINNEROOTH-BAYER, J., IRSHAID, J., RODRIGUEZ, J.J.A., FRESOLONE-CAPARRÓS, A. & OEN, A. 2025. The nature-based solution implementation gap: A review of nature-based solution governance barriers and enablers. *Journal of Environmental Management* 388:126007.
43. MCKINNON, M.C., CHENG, S.H., DUPRE, S., EDMOND, J., GARSIDE, R., GLEW, L., HOLLAND, M.B., LEVINE, E., MASUDA, Y.J., MILLER, D.C. & OLIVEIRA, I. 2016. What are the effects of nature conservation on human well-being? A systematic map of empirical evidence from developing countries. *Environmental Evidence* 5(1):8.
44. MCQUAID, S., KOOLJMAN, E.D., RHODES, M.L. & CANNON, S.M. 2021. Innovating with nature: factors influencing the success of nature-based enterprises. *Sustainability* 13(22):12488.
45. MINISTERIO DE HACIENDA. s.f. Fondo Verde para el Clima.
46. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2015. Plan nacional de adaptación al cambio climático. Santiago. 150 pp.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

47. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2017. **Estrategia nacional de biodiversidad 2017-2030**. Santiago. 90 pp.
48. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2018. **Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022: Compromiso con la biodiversidad**. Santiago. 65 pp.
49. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2020. **Contribución determinada a nivel nacional (NDC) Chile: Actualización 2020**. Santiago. 50 pp.
50. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2021. **Sexto reporte del estado del medio ambiente: Tierra**. Santiago. 120 pp.
51. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2025. **Guía para incorporar soluciones basadas en la naturaleza en los planes de adaptación al cambio climático en Chile**. Santiago. 80 pp.
52. MUNROE, R., ROE, D., DOSWALD, N., SPENCER, T., MÖLLER, I., VIRA, B. & STEPHENS, J. 2012. **Review of the evidence base for ecosystem-based approaches to climate change adaptation**. *Environmental Evidence* 1:1-11.
53. MUÑOZ NAVARRO, A., FUENTES PEREIRA, C., SCHNEIDER VALENZUELA, I., CONTRERAS FIGUEROA, V., UGALDE PRIETO, A., RUBIO ÁLVAREZ, E., GONZÁLEZ, M. & GIBBS ROBLES, M. 2023a. **Marco conceptual de soluciones basadas en la naturaleza**. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago. 45 pp.
54. MUÑOZ NAVARRO, A., FUENTES PEREIRA, C., SCHNEIDER VALENZUELA, I., CONTRERAS FIGUEROA, V., UGALDE PRIETO, A., RUBIO ÁLVAREZ, E., GONZÁLEZ, M. & GIBBS ROBLES, M. 2023b. **Lineamientos para la incorporación de soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático en Chile**. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago. 60 pp.
55. NUNES, S., GASTAUER, M., CAVALCANTE, R.B., RAMOS, S.J., CALDEIRA JR, C.F., SILVA, D. & SIQUEIRA, J.O. 2020. **Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species**. *Forest Ecology and Management* 466:118120.
56. OLSON, D.M. & DINERSTEIN, E. 2002. **The Global 200: Priority ecoregions for global conservation**. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89(2):199-224.
57. ONWUBIKO, C. & WORLANYO, D. 2024. **A Review: Nature-Based Solutions**.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

- 58. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). 2024. G20/OECD report on approaches for financing and investment in climate-resilient infrastructure. OECD, París. 120 pp.**
- 59. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). 2024. Estado del clima en América Latina y el Caribe 2024. Ginebra. 80 pp.**
- 60. PAÍS CIRCULAR. 2025. Chile suma 13 mil hectáreas de humedales urbanos protegidas en cinco años de vigencia de la Ley 21.202. URL: <https://www.paiscircular.cl/agua/chile-suma-13-mil-hectareas-de-humedales-urbanos-protegidas-en-cinco-anos-de-vigencia-de-la-ley-21-202/> Accesado: 3 de febrero, 2025.**
- 61. POTOČKI, K., BEKIĆ, D., BONACCI, O. & KULIĆ, T. 2021. Hydrological aspects of nature-based solutions in flood mitigation in the Danube River Basin in Croatia: Green vs. Grey approach. En: Nature-based solutions for flood mitigation: environmental and socio-economic aspects (Eds. Ferreira, C.S.S., Kalantari, Z., Hartmann, T. & Pereira, P.), pp. 263-288. Springer International Publishing, Cham.**
- 62. PULLIN, A.S., FRAMPTON, G., LIVOREIL, B. & PETROKOFISKY, G. 2022. Guidelines and standards for evidence synthesis in environmental management: Version 5.1. URL: <https://eprints.soton.ac.uk/477961/> Accesado: 30 de marzo, 2026.**
- 63. QUEVEDO CASTRO, F.L. 2022. Gobernanza hídrica como alternativa para enfrentar los desafíos de disponibilidad de agua de Chile en el siglo XXI en contexto de cambio climático: un estudio sobre el Gran Concepción, casos del Humedal los Batros y Humedal Paicaví. Tesis de Magíster. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.**
- 64. RHODES, R.A. 2007. Understanding governance: Ten years on. Organization Studies 28(8):1243-1264.**
- 65. RICHEY, A., THOMAS, B., LO, M., REAGER, J., FAMIGLIETTI, J., VOSS, K. & RODELL, M. 2015. Quantifying renewable groundwater stress with GRACE. Water Resources Research 51(7):5217-5238.**
- 66. RINCÓN DÍAZ, D. & ARTEAGA MORALES, S. 2022. Soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para la gestión del cambio climático en Colombia:**

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

potencialidades y limitantes de implementación. Tesis de Pregrado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

- 67. ROJAS, M.A. 2024. Soluciones Basadas en la Naturaleza: Regulación y oportunidad para promover su integración en proyectos de inversión. Tesis de Doctorado. Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile.**
- 68. RUHANEN, L., SCOTT, N., RITCHIE, B. & TKACZYNSKI, A. 2010. Governance: a review and synthesis of the literature. *Tourism Review* 65(4):4-16.**
- 69. SCHNEIDER-VALENZUELA, I., BRITO-ESCUADERO, C., AGUILERA-BETTI, I., KLOCK-BARRÍA, K., SALDES-CORTÉS, A., CELIS-DIEZ, J.L. & MUÑOZ, A.A. 2023. Soluciones de base Natural (SbN) para conflictos de escasez hídrica en la Ecorregión Mediterránea de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande* (85):115-135.**
- 70. SCOLOBIG, A., MARTIN, J.G.C., LINNEROOTH-BAYER, J., BALSIGER, J., BARUFFA, C., ANDREA, A. & STACCIONE, A. 2020. Policy innovation for nature-based solutions in the disaster risk reduction sector.**
- 71. SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 2010. Aichi biodiversity targets.**
- 72. SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 2022. 2030 targets (with guidance notes).**
- 73. SEDDON, N. 2022. Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science* 376(6600):1410-1416.**
- 74. SEDDON, N., CHAUSSON, A., BERRY, P., GIRARDIN, C.A., SMITH, A. & TURNER, B. 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 375(1794):20190120.**
- 75. SEKULOVA, F. & ANGUELOVSKI, I. 2017. The governance and politics of nature-based solutions. *Naturvation Deliverable 1*.**
- 76. SHACKLE, L. 1998. Citing Electronic Resources. Arizona State University Libraries. URL: http://www.asu.edu/lib/noble/library/cit_elec.htm Accesado: 30 de marzo, 2026.**
- 77. SILLERO-MEDINA, J.A. & DAMIÁN RUIZ-SINOGA, J. 2023. Nature-based solutions to address water threats in the Mediterranean region. A characterisation of the GIAHS area of Axarquía (Málaga, Spain). EGU General Assembly Conference Abstracts, pp. EGU-1521.**

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

78. SUTTLES, K.M., EAGLE, A.J. & MCLELLAN, E.L. 2021. Upstream solutions to downstream problems: Investing in rural natural infrastructure for water quality improvement and flood risk mitigation. *Water* 13(24):3579.
79. TOXOPEUS, H., KOTSILA, P., CONDE, M., KATONA, A., VAN DER JAGT, A.P. & POLZIN, F. 2020. How 'just' is hybrid governance of urban nature-based solutions? *Cities* 105:102839.
80. UNESCO. 2018. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua.
81. UNITED NATIONS. 1977. Report of the United Nations Water Conference, Mar del Plata, 14-25 March 1977 (E/CONF.70/29). United Nations, Nueva York. 200 pp.
82. VALDÉS-PINEDA, R., PIZARRO, R., GARCÍA-CHEVESICH, P., VALDÉS, J.B., OLIVARES, C., VERA, M. & HELWIG, B. 2014. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology* 519:2538-2567.
83. VELA, C. & DEL BUSTO, E. 2023. Soluciones basadas en la naturaleza para el agua en cooperación al desarrollo: Experiencias realizadas y herramientas de análisis. ONGAWA, Madrid. 90 pp.
84. VILLAMIL, J.J., BRAILOVSKY, A., BRZOVIC, F., CARRIZOSA, J., ALONSO, G., DURÁN, H. & SUNKEL, O. 2020. La tragedia ambiental de América Latina y el Caribe. CEPAL, Santiago. 458 pp.
85. WINOGRAD, M. 2021. Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN): implementación, implicaciones y barreras para la agricultura y los sistemas agroalimentarios. CEPAL. URL: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/webinar_cepal_winograd_sb_n_para_cadena_alimenticia_y_agricultura_5_de_agosto_2021.pdf Accesado: 30 de marzo, 2026.
86. WORLD BANK. 2020. Ethiopia—Sustainable Land Management Project I and II (Report No. 153559). Independent Evaluation Group, Washington D.C.
87. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). 2023. Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water-related hazards (1970–2021). WMO, Ginebra. 150 pp.

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

- 88. YIMER, E.A., DE TRIFT, L., LOBKOWICZ, I., VILLANI, L., NOSSENT, J. & VAN GRIENSVEN, A. 2024. The underexposed nature-based solutions: A critical state-of-art review on drought mitigation. Journal of Environmental Management 352:119903.**