



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Implicaciones de la descarga de agua subterránea submarina en  
los servicios ecosistémicos: Revisión Sistemática**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Cruz Choque, Giuliano Bautista (0000-0002-8482-0916)

Beltran Vilca, Luis Alberto (0000-0001-6473-6154)

**ASESOR:**

Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald (0000-0003-4418-7009)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A nuestros padres y familiares, ustedes siempre estuvieron apoyando para poder cumplir nuestros sueños y metas, hoy les dedicamos este logro tan importante. A los docentes por sus palabras sabias, conocimientos rigurosos y precisos, los llevaremos siempre en nuestro camino profesional.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a dios por guiarnos y bendecirnos la vida a lo largo de nuestra trayectoria, por ser nuestro apoyo y fortaleza en aquellos momentos de impedimento y debilidad. De igual manera a la Universidad Cesar vallejo, a toda la facultad en general, por la oportunidad de ser un profesional digno.

## Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	17
3.3. Escenario de estudio	18
3.4. Participantes	18
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.6. Procedimientos	18
3.7. Rigor científico	19
3.8. Método de análisis de información	19
3.9. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina	26
4.2. Compensación de DAS	39
4.3. Perspectivas futuras	43
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. REFERENCIAS	53

## Índice de Tablas

<b>Tabla Nº 1.</b> Matriz de categorización apriorística	17
<b>Tabla Nº 2.</b> Criterios de selección de datos.	20
<b>Tabla Nº 3.</b> Búsqueda sistemática en WoS por categoría ES	21

## Índice de Figuras

<b>Figura Nº 1.</b>	Diagrama conceptual de una sociedad costera influenciada por la descarga de aguas subterráneas submarinas y sus cuatro categorías de servicios ecosistémicos	10
<b>Figura Nº 2.</b>	Marco conceptual DAS-SE	14
<b>Figura Nº 3.</b>	Distribución mundial de ubicaciones donde se identificaron e informaron los servicios ecosistémicos proporcionados por DAS en la literatura científica	24
<b>Figura Nº 4.</b>	Número de casos reportados en la primera etapa para cada DAS-SE para la búsqueda sistemática de palabras clave mediante WoS.	27
<b>Figura Nº 5.</b>	Número de casos notificados para cada categoría DAS-SE y resultados derivados de la cuarta etapa.	28
<b>Figura Nº 6.</b>	Diagrama que ejemplifica cómo se aplica el marco DAS-SE a un caso hipotético descrito en el texto	40

## Resumen

La descarga de agua subterránea submarina (DAS) se reconoce como un proceso hidrológico fundamental que sustenta muchos ciclos costeros biogeoquímicos y sistemas socioecológicos. Sin embargo, se ha investigado muy poco sobre cómo afecta la DAS a la sociedad y el ambiente, específicamente, al bienestar humano. Este estudio examina sistemáticamente la literatura científica publicada sobre las implicaciones socioambientales de la DAS utilizando una perspectiva de Servicio Ecosistémico (SE). Los servicios costeros proporcionados por ecosistemas dependientes de DAS se analizan y agrupan en las cuatro categorías principales de servicios ecosistémicos (aprovisionamiento, apoyo, regulación y culturales), que a su vez se dividen en subcategorías definidas como resultados. Esto permite identificar y discutir tanto los beneficios como las amenazas para las sociedades costeras como resultado de los resultados del DAS. De los 1532 artículos encontrados inicialmente, la categoría mencionada con más frecuencia fue la de servicios de apoyo (835) debido a la tendencia generalizada en la literatura científica a enfocarse en el papel de los DAS como un proceso que influye en los ciclos biogeoquímicos costeros. Por el contrario, los SE culturales se mencionaron solo en 49 casos, lo que no necesariamente debe interpretarse como una falta de investigación o interés en este tema, puesto que no se encuentran a menudo en la literatura científica sino en la literatura gris. Además, se realizó una revisión detallada de la publicación, identificando 114 estudios de casos de 96 lugares diferentes en todo el mundo que informaron casos en los que el DAS tenía implicaciones socioambientales en el bienestar. La revisión también muestra cómo los diferentes tipos de servicios del ecosistema pueden tener múltiples sinergias y compensaciones entre ellos, lo que resulta en impactos desiguales entre los grupos de partes interesadas.

**Palabras clave:** Agua submarina, Océano costero, Servicios ecosistémicos, Socioambiental

## Abstract

Submarine Groundwater Discharge (DAS) is recognized as a fundamental hydrological process that supports many coastal biogeochemical cycles and social-ecological systems. However, very little has been investigated about how DAS affects society and, specifically, human well-being. This study systematically examines the published scientific literature on the social implications of DAS by using an Ecosystem Service (SE) perspective. Coastal services provided by ecosystems dependent on DAS are analyzed and clustered in the four main categories of Ecosystem Services (i.e., Provisioning, Supporting, Regulating and Cultural), which are in turn divided into subcategories defined as outcomes. This allows identifying and discussing both benefits and threats to coastal societies resulting from DAS outcomes. From the 1532 articles initially reviewed, the most frequently mentioned category was the supporting services (835) due to the mainstream trend in scientific literature to focus on the role of DAS as a process influencing coastal biogeochemical cycles. Conversely, cultural SE were mentioned in only 49 cases, which should not necessarily be interpreted as a lack of research or interest in this topic, but that this type of references is often not found in the scientific literature but in the grey literature. A detailed publication review was additionally conducted, identifying 114 case-studies from 96 different locations worldwide that reported cases in which DAS had social implications on the well-being. Our review also shows how the different types of Ecosystem Services can have multiple synergies and trade-offs between them, resulting in unequal impacts among stakeholder groups.

**Keywords:** Submarine groundwater discharge, Coastal Ocean, Ecosystem Services, Socio-environmental implication



## I. INTRODUCCIÓN

Históricamente, los seres humanos han utilizado y gestionado los ecosistemas costeros y sus recursos como servicios para su propio beneficio. Algunas vías materiales de la tierra al mar son obvias, mientras que otras no lo son tanto. Los ríos, por ejemplo, erosionan lentamente los continentes y transportan materiales disueltos de la tierra al océano. Aun así, los ríos son uno de los principales contribuyentes de materiales disueltos al mar, pero también hay otros contribuyentes (World Conservation Monitoring Centre 2006).

El agua subterránea terrestre fluye pendiente abajo y finalmente se descarga en el mar. Este proceso, que forma parte de lo que ahora se denomina “descarga de aguas subterráneas submarinas”, ha sido reconocido como un factor importante en el intercambio tierra-mar (World Conservation Monitoring Centre 2006).

Entre estas fuentes, la Descarga de Agua Subterránea Submarina (DAS) ha recibido una atención creciente desde la década de 1980, cuando se reconoció que desempeñaba un papel relevante en los ciclos biogeoquímicos hidrológicos y costeros (Santos et al. 2021).

En los últimos años ha surgido el reconocimiento de que, en algunos casos, la descarga de aguas subterráneas al mar puede ser importante tanto volumétrica como químicamente. La mayoría de los ríos grandes están calibrados y sus descargas a menudo se pueden encontrar en línea. Si bien no existe un indicador directo de DAS, en las últimas décadas se han elaborado técnicas que nos permiten estimar estos flujos. (García-Orellana et al. 2021).

El DAS se caracteriza por sus afluencias a menudo difusas a lo largo de grandes áreas y por debajo de la superficie del agua, lo que resulta en un proceso "invisible" en comparación con la descarga fluvial superficial y de

origen puntual. La DAS también se caracteriza por una firma biogeoquímica única (es decir, parámetros fisicoquímicos característicos y concentraciones de solutos) en comparación con otras fuentes, debido a las transformaciones biogeoquímicas que ocurren en el acuífero costero, que a menudo son mediadas por bacterias (Santos et al. 2021; Ruiz-González, Rodellas y Garcia-Orellana 2021).

El DAS es una fuente importante de agua dulce subterránea que representa entre el 0,6% y el 1% del total de las mundiales de aportaciones agua dulce a los océanos (Luijendijk, Gleeson y Moosdorf 2020). Aunque representa una pequeña fracción de la descarga de agua dulce en el océano a escala global, la alta variabilidad espacial de los flujos de DAS da como resultado flujos de importancia local en áreas específicas (Luijendijk, Gleeson y Moosdorf 2020). Por lo tanto, el DAS fresco podría garantizar los recursos hídricos para el sustento de las personas, particularmente en las regiones costeras áridas o semiáridas donde los recursos de agua dulce son limitados (Erostate et al. 2020).

Además, DAS suministra solutos al océano costero que impactan directamente en la productividad de los ecosistemas costeros (Taniguchi et al. 2019). DAS también puede suministrar contaminantes disueltos al océano costero derivados de fuentes antropogénicas (p. ej., agricultura, industria, actividades mineras, aguas residuales domésticas) (Szymczycha et al. 2020), que pueden poner en peligro los ecosistemas costeros y el bienestar de la población local que vive a su alrededor.

En este sentido, las sociedades que viven alrededor de zonas influenciadas por DAS podrían beneficiarse o verse perjudicadas por los servicios y bienes proporcionados por los ecosistemas influenciados por DAS.

Los beneficios que se obtienen de los ecosistemas que sustentan, directa o indirectamente, la supervivencia y la calidad de vida se pueden definir como Servicios Ecosistémicos (SE) (Costanza et al. 2017). Los SE en las zonas

costeras han sido los cimientos de muchas civilizaciones costeras, por ejemplo, los entornos costeros han proporcionado agua y alimentos para el consumo humano durante milenios y han mantenido los arrecifes de coral o los manglares, que han amortiguado las tormentas de olas y protegido la erosión de la costa (Hassan, Scholes y Ash 2005).

Está demostrado que todos estos recursos y servicios ecosistémicos no se pueden considerar de forma aislada, sino que están intensamente interconectados (Sebens, Sarà y Nishizaki 2016). Debido a estos complejos mecanismos de retroalimentación, los impactos en elementos aislados del ecosistema pueden tener impactos inesperados en otros elementos o incluso en todo el ecosistema. (World Conservation Monitoring Centre 2006).

Se proporcionados por ríos o arroyos, los lagos, los estuarios o los manglares están bien estudiados, pero faltan estudios que examinen la DAS desde una perspectiva de SE o evaluando las sinergias y compensaciones derivadas de los SE relacionados con DAS. Solo dos estudios han explorado este tema de manera preliminar; Erostate et al. (2020), que discutió las políticas y la gestión de los SE vinculados a los ecosistemas costeros dependientes de las aguas subterráneas en las regiones mediterráneas; y Moosdorf y Oehler (2017), quienes revisaron los usos sociales del agua dulce derivada de DAS (por ejemplo, bebida, higiene, agricultura, pesca, turismo o cultura).

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Qué implicaciones tiene la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuáles son los Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina?

- **PE2:** ¿En qué consisten las compensaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina?
- **PE3:** ¿Cuáles son las perspectivas socioambientales futuras de la Descarga de Agua Subterránea Submarina?

El objetivo general fue Identificar las implicaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Reconocer los Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina.
- **OE2:** Determinar las compensaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina.
- **OE3:** Esbozar las perspectivas socioambientales futuras de la Descarga de Agua Subterránea Submarina.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan los antecedentes más relevantes en respuesta a identificar las implicaciones que tiene la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos

Ruiz-González, Rodellas y Garcia-Orellana (2021) revisaron el estado del arte de la dimensión microbiana de DAS, con énfasis en los procariontes, e identificaron los desafíos actuales y las direcciones futuras. Los principales desafíos incluyen mejorar la descripción de la diversidad del microbiota de las aguas subterráneas, caracterizada por taxones ultra pequeños, inactivos y nuevos, y por altas proporciones de células adheridas a sedimentos frente a células de vida libre. Los autores concluyen en que los estudios deben explorar la dinámica microbiana y su papel en los ciclos químicos en los acuíferos costeros, la dispersión bidireccional de los microorganismos del agua subterránea y del agua de mar, y las respuestas del bacterio-plancton marino al DAS. Esto requeriría no solo combinar métodos de secuenciación, visualización y vinculación de la taxonomía a la actividad, sino también considerar todo el continuo agua subterránea-marina.

Garcia-Orellana et al. (2021) en su revisión se centraron en la aplicación de isótopos Ra como trazadores de DAS y aportes asociados de agua y solutos al océano costero. Además, revisaron i) los procesos que controlan el enriquecimiento y el agotamiento de Ra en el agua subterránea costera y el agua de mar; ii) la sistemática aplicada para estimar la DAS usando isótopos Ra y iii) resumieron aplicaciones adicionales de isótopos Ra en estudios marinos y de aguas subterráneas. También proporcionan algunas consideraciones que ayudarán a refinar las estimaciones de DAS e identificar las brechas críticas de conocimiento y las necesidades de investigación relacionadas con el uso actual de isótopos Ra como trazadores de DAS.

Santos et al. (2021) en su revisión examinaron los flujos de nutrientes DAS en más de 200 ubicaciones a nivel mundial, explicaron su impacto en la biogeoquímica y discutieron implicaciones de gestión más amplias. Los flujos de nutrientes de DAS excedieron los aportes de los ríos en ~ 60% de los sitios de estudio, con una mediana de los flujos de DAS totales de 6,0 mmol m<sup>-2</sup> por día para nitrógeno inorgánico disuelto, 0,1 mmol m<sup>-2</sup> por día para fósforo inorgánico disuelto y 6,5 mmol m<sup>-2</sup> por día para el silicato disuelto. El aporte de nitrógeno del DAS a menudo mitiga la limitación de nitrógeno en las aguas costeras, ya que la DAS tiende a tener altas concentraciones de nitrógeno en relación con el fósforo (el 76% de los estudios mostró valores de N: P por encima de la proporción de Redfield). Es de destacar que la mayoría de las investigaciones no distinguen DAS salino y fresco, aunque tienen propiedades diferentes. Concluyen en que los flujos de nutrientes derivados de DAS deben tenerse en cuenta en los planes de gestión de la calidad del agua, ya que estos insumos pueden promover la eutrofización si no se gestionan adecuadamente.

Spalt, Murgulet y Abdulla (2020) utilizaron una combinación espacial y temporal geoquímica de agua y agua superficial combinada con flujos de solutos derivados de DAS y tiempos de rotación para examinar la importancia de DAS en la entrega de nutrientes a sistemas de paleovalle en ensenadas costeras, arrecifes de ostras. Un área de 1 km<sup>2</sup> que abarca un sistema de paleovalle, en Copano Bay, Texas, exhibió diferencias significativas en las características hidro geoquímicas espaciales y temporales (iones principales, isótopos estables y nutrientes) a lo largo del arrecife en comparación con otros ambientes (paleovalle, todo el estuario). Los flujos de solutos (carbono orgánico disuelto (DOC), nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), alcalinidad total, DIC, etc.) fueron ligeramente mayores en el arrecife, seguidos por el margen y litoral. Los resultados de este estudio sugieren que la DAS dentro de un sistema de paleovalle es un componente importante en el balance de del estuario a nutrientes través de importantes insumos y procesos cíclicos entre el subsuelo y la columna de agua, particularmente durante los flujos superficiales bajos.

Luijendijk, Gleeson y Moosdorf (2020) presentaron un modelo global resuelto espacialmente de descarga de agua subterránea costera para mostrar que la contribución de agua subterránea dulce representa ~ 0.6% (0.004% – 1.3%) de la entrada total de agua dulce y ~ 2% (0.003% – 7.7%) de la entrada de solutos para carbono, nitrógeno, sílice y estroncio. Sin embargo, la descarga costera de agua subterránea dulce y nutrientes muestra una alta variabilidad espacial y para aproximadamente el 26% (0,4% -39%) de los estuarios del mundo, el 17% (0,3% -31%) de las marismas y el 14% (0.1-26%) de los arrecifes de coral, el flujo de agua subterránea terrestre excedió el 25% del flujo del río y representa un riesgo de contaminación y eutrofización.

Szymczycha et al. (2020) diseñaron un estudio para determinar la aparición de dieciséis productos farmacéuticos y cafeína en aguas subterráneas, descargas de aguas subterráneas submarinas (DAS), ríos y aguas marinas costeras en el sur del Mar Báltico. Se reconoció que la carga de sustancias químicas asociadas con la DAS puede afectar a los ecosistemas costeros por igual o incluso más que la escorrentía superficial. La Bahía de Puck fue elegida un sitio de estudio modelo para evaluar el riesgo preliminar del suministro de residuos farmacéuticos y de cafeína en el ecosistema costero. Se rastreó las posibles fuentes de contaminación de las aguas subterráneas y DAS en función de la composición de las muestras recogidas. Se detectaron cinco fármacos y cafeína en concentraciones variables desde por debajo del límite de detección hasta 1528,2 ng L<sup>-1</sup>. La cafeína y el diclofenaco fueron los compuestos más difundidos. El agua subterránea se enriqueció principalmente con los compuestos analizados y, en consecuencia, el DAS fue reconocido como una fuente importante de residuos farmacéuticos y de cafeína.

Taniguchi et al. (2019) recopilaron y resumieron el progreso significativo en las metodologías de evaluación de DAS, considerando las fuerzas impulsoras terrestres y marinas, y las evaluaciones locales y globales de la descarga de aguas subterráneas con énfasis en las investigaciones

publicadas durante la última década. Su tratamiento presenta el progreso de vanguardia de los estudios de DAS desde perspectivas geofísicas, geoquímicas, bioecológicas, económicas y culturales. Identificaron y resumieron las preguntas de investigación restantes, hacen recomendaciones para futuras direcciones de investigación y discutimos los posibles desafíos futuros, incluidos los impactos del cambio climático en la DAS y estimaciones mejoradas de la magnitud global de la DAS.

Andrisoa et al. (2019) investigaron el impacto de la descarga de agua subterránea en el crecimiento del mejillón mediterráneo (*Mytilus galloprovincialis*) en una laguna costera. Se midieron las tasas de crecimiento y el índice de condición (peso del tejido / peso de la concha) de los mejillones que crecen en sitios expuestos al agua subterránea y en un sitio de control en la laguna Salses-Leucate (Francia). Los mejillones de esta laguna producen incrementos de crecimiento circadiano (ritmo diario) en su caparazón, en oposición a incrementos semidiurnos en los sistemas influenciados por las mareas. Los mejillones de sitios influenciados por aguas subterráneas tienen una mayor tasa de crecimiento e índice de condición en comparación con los de un sitio de control. Es importante destacar que las tasas de crecimiento de los sitios influenciados por las aguas subterráneas se encuentran entre las tasas más altas notificadas para la región del Mediterráneo ( $41 \pm 9 \mu\text{m d}^{-1}$ ).

Zhou et al. (2019) estimaron las tasas de descarga de agua subterránea a través de la costa casi global (60 ° N a 60 ° S) a alta resolución utilizando un enfoque de balance hídrico. Encontraron que las costas tropicales exportan más del 56% de todos las DAS frescos, mientras que las regiones áridas de latitudes medias exportan solo el 10%. Las tasas de DAS recientes de los márgenes tectónicamente activos (líneas costeras a lo largo de los límites de las placas tectónicas) también son significativamente mayores que los márgenes pasivos, donde se han centrado la mayoría de los estudios de campo. Los márgenes activos combinan un rápido levantamiento y meteorización con altas tasas de DAS fresco y, por lo tanto, pueden albergar



flujos de solutos excepcionalmente grandes en el agua subterránea hacia la costa.

Se procede a explicar las bases teóricas y conceptos asociados a la Descarga de Agua Subterránea Submarina, los Servicios Ecosistémicos, y su mutua dependencia, con el fin de esclarecer previamente conceptos para facilitar la comprensión de los resultados.

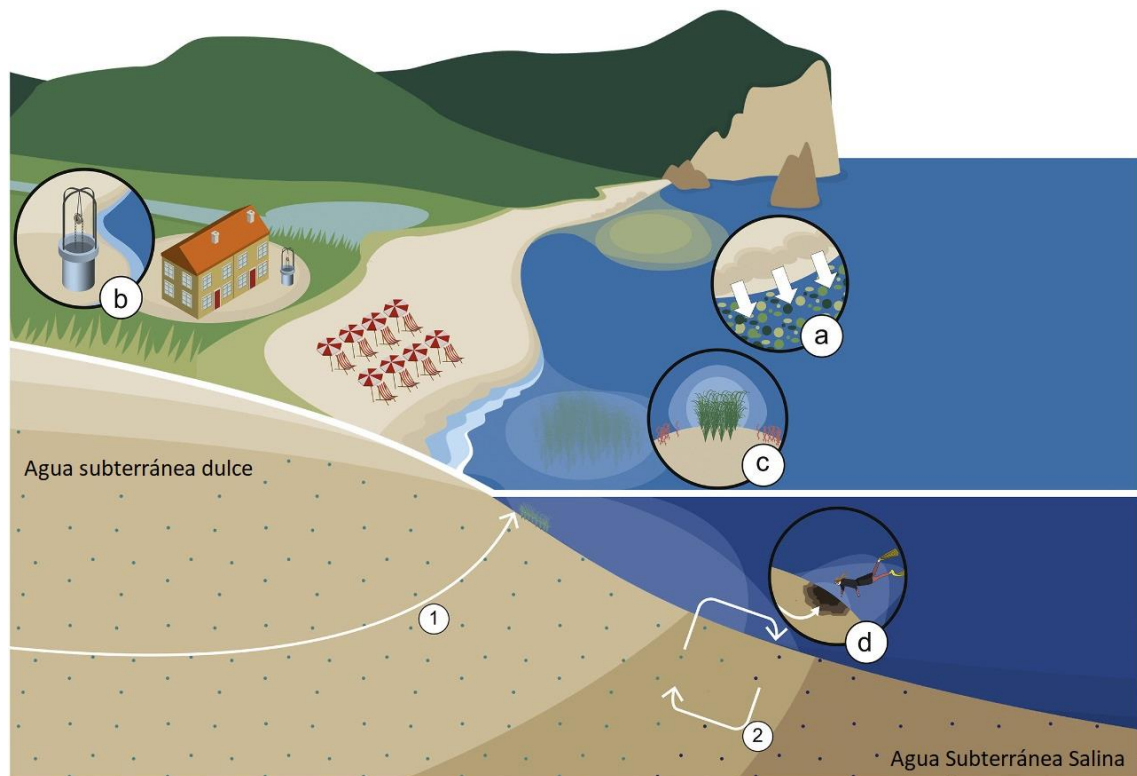
El DAS se define como “el flujo de agua a través de los márgenes continentales e insulares desde el lecho marino hasta el océano costero, independientemente de la composición del fluido o la fuerza impulsora” (García-Orellana et al. 2021; Taniguchi et al. 2019). La DAS incluye, por tanto, tanto la descarga de agua subterránea dulce (DAS dulce o terrestre) como el agua de mar que circula a través del acuífero costero (DAS salina o marina).

Los DAS frescos y marinos se pueden suministrar a través de 5 vías diferentes: 1) Descarga de agua subterránea terrestre (generalmente agua subterránea dulce); 2) Circulación de agua de mar impulsada por la densidad; 3) Intercambio estacional de agua de mar; 4) Circulación de agua de mar en la superficie de la costa; y 5) escala a cm de intercambio de agua intersticial (IAI) (García-Orellana et al. 2021). Mientras que las vías 1 y 2 pueden representar una entrada neta de agua dulce al océano costero, las vías 3, 4 y 5 solo involucran la recirculación de agua de mar a través de sedimentos permeables. En este estudio, solo se refiere a la fracción fresca o salina de DAS, independientemente de la vía que impulsa la descarga de agua subterránea (Figura 1).

Siguiendo a Erostate et al. (2020) y Richardson et al. (2011), se define al ecosistema dependiente de las aguas subterráneas costeras (GDE costero) como los ecosistemas costeros marinos que requieren acceso permanente o intermitente a las aguas subterráneas (incluidas las DAS frescas y salinas) para mantener sus comunidades biológicas, sus procesos ecológicos y los

servicios ecosistémicos asociados. Además, se definen los servicios ecosistémicos inherentes a la GDE costera, que son proporcionados directamente por la descarga de aguas subterráneas submarinas como DAS-SE.

**Figura N° 1. Diagrama conceptual de una sociedad costera influenciada por la descarga de aguas subterráneas submarinas y sus cuatro categorías de servicios ecosistémicos**



*a) apoyo; b) Aprovisionamiento; c) Regular; d) Cultural. También se muestran los diferentes componentes de DAS: 1) Componente fresco de DAS; 2) Componente salino de DAS. Figura basada en García-Orellana et al. (2021).*

La Evaluación de Ecosistemas Milenio consiste en un marco interdisciplinario común para evaluar las implicaciones de las DAS bajo un enfoque de servicios ecosistémicos (Biggs et al. 2005). Puesto que representa el primer marco robusto para clasificar y cuantificar los beneficios y pérdidas en los servicios ecosistémicos y repercusiones en los humanos, se utiliza como línea base el MEA (2005).

Aún persiste controversia respecto a cómo clasificar los servicios ecosistémicos que tienen efectos perjudiciales en el ser humano, estos procesos ecológicos se caracterizan por generar daños o costos, algunos acuñan el término Desservicios (Barnaud et al. 2018). Sin embargo, en el ambiente académico se entiende que esta dicotomía está sujeta a percepciones puesto que estos daños podrían ser circunstanciales de las sociedades en donde ocurren, pudiendo incluso algunas beneficiarse de ellos, lo opuesto a lo que sucedería en otros casos.

(Saunders y Luck 2016).

Siguiendo esta segunda línea de pensamiento, en este estudio se considera el impacto de los procesos costeros tanto positivos como negativos en el bienestar humano como SE. Esto facilita la detección y discusión de posibles compensaciones y sinergias entre organismos, ecosistemas y actividades humanas que no pueden relacionarse con un único SE (Saunders y Luck 2016).

Se divide el marco conceptual en las cuatro categorías generales de SE identificadas en el MEA (Fig. 2): (i) Apoyo; (ii) Aprovechamiento; (iii) Regulación; y (iv) Cultural, que a su vez se subdivide en resultados, reflejando los diferentes servicios de cada categoría. En el marco de los acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente (2005) ya se había establecido una amplia gama de resultados derivados de cada categoría de servicios de los ecosistemas, pero en el marco solo se han seleccionado los que guardan relación con los ecosistemas influenciados por el DAS.

A aquellos servicios proporcionados por la DAS que son el sustento de otros, se les define como **SE de apoyo**. Puesto que su afectación al ser humano no es directa, sino lo contrario, son servicios ecosistémicos indirectos, a su vez, fundamentales para otras categorías de servicios contemplados en el MEA.

En esta categoría se contemplan nutrientes, bacterias, metales traza, oxígeno o elementos de tierras raras, propios de cualquier entrada de agua y/o solutos impulsados por DAS, a su vez, la salinidad, temperatura o pH, como c características fisicoquímicas modificadas por entradas de agua dulce y sus implicaciones biogeoquímicas.

Por ejemplo, las sociedades humanas costeras no usan nutrientes cuando se entregan al medio ambiente, pero son esenciales para sustentar la zona fótica, donde se producirá la producción primaria y, por lo tanto, podrán sustentar la producción de alimentos (por ejemplo, algas) o pescado) para consumo humano y animal, o para mantener el hábitat. El hábitat, la producción primaria, así como el ciclo de nutrientes y el ciclo del agua, son resultados derivados de esta categoría, siendo así:

El ciclo hidrológico que contempla el ciclo del agua en el espectro de las DAS.

La entrega de nutrientes por la DAS desde los acuíferos costeros, partiendo desde los compuestos inorgánicos, hasta contemplar en la parte superior de la cadena la asimilación de predadores.

La transformación hacia compuestos orgánicos de los organismos que habitan los hábitats costeros, desde compuestos inorgánicos propios de la producción primaria.

La sustentación de condiciones biológicas y fisicoquímicas por parte de las DAS promovida por las condiciones de los hábitats costeros.

Los **SE de aprovisionamiento** se definen como productos que DAS proporciona a la sociedad. Como resultados consideramos el agua dulce y los alimentos:

Agua dulce como componente fresco de DAS que se utiliza directamente como recurso hídrico para consumo humano, agricultura u otros fines industriales.

Organismos que son consumidos por la sociedad y cuya supervivencia depende de la DAS que tienen su hábitat en los GDE costeros.

Aquellos servicios que resultan en el control biológico y de enfermedades humanas, puesto que son cruciales para hábitats costeros influenciados por las DAS, los **SE reguladores**:

Aquellos que limitan la entrada de especies y que afectan la prevalencia de otras a GDE costeros, control biológico inducido por las DAS.

Compuestos contaminantes o patógenos entrantes por medio de las DAS, que comprometen la salud humana debido a su transporte o restricción.

Los **SE culturales** se definen como los beneficios no materiales proporcionados por DAS que contribuyen a los valores humanos e influyen en el comportamiento. La percepción de esos SE puede variar entre las partes interesadas o las comunidades, debido a la subjetividad del observador. Como Resultados se consideran Actividades Recreativas o Ecoturismo, Sentido del Lugar, Religión, Patrimonio Cultural y Valores Estéticos o Inspiradores.

Actividades recreativas o Ecoturismo como cualquier actividad de ocio (explotada económicamente o no) desarrollada en un entorno influenciado por DAS.

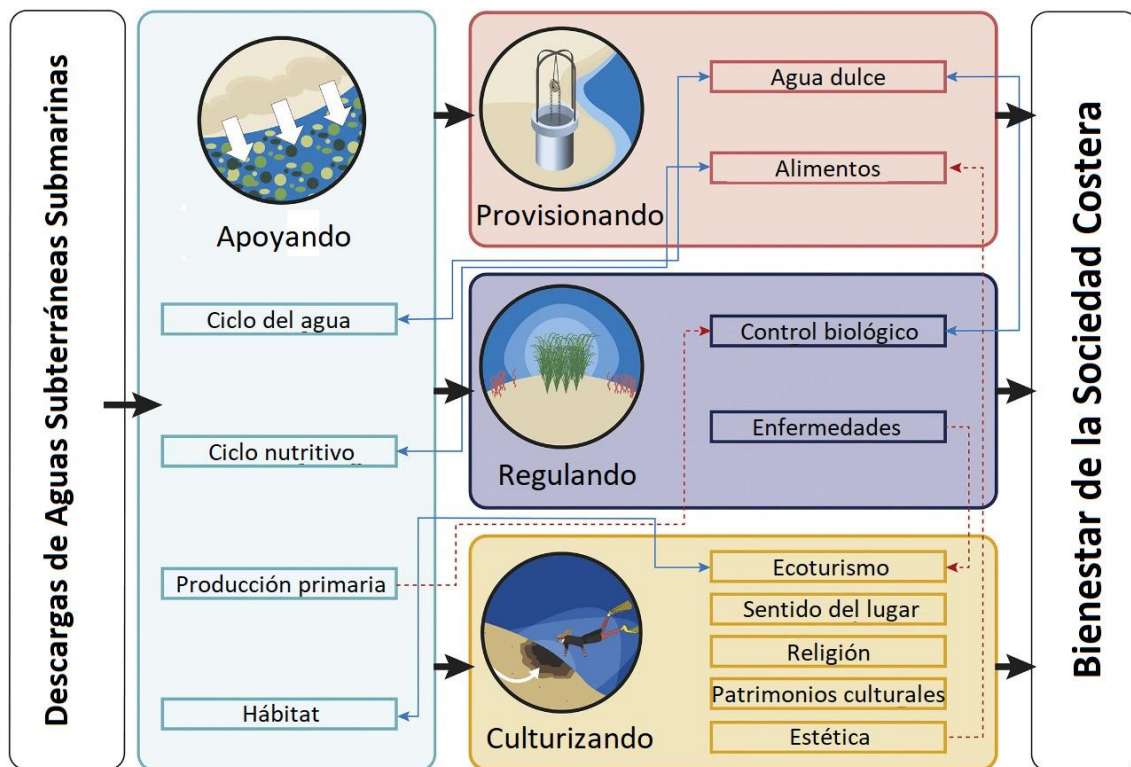
Sentido de lugar como el sentimiento de pertenencia a un determinado sitio o topónimos que se han dado a determinados lugares después de la aparición de DAS, así como los nombres de los edificios.

Religión como aquellas historias, cuentos, mitos o ceremonias religiosas que se basan en DAS.

Aquel patrimonio cultural que actualmente la sociedad perdura desde generaciones anteriores, valores, tradiciones relacionadas con las DAS.

La inspiración y valores asociados a la naturaleza y a su belleza proporcionados por las DAS, valores estéticos subjetivos sensoriales y/o emocionales.

**Figura N° 2. Marco conceptual DAS-SE. El DAS se deriva en las cuatro categorías de SE y sus resultados (representados por casillas cuadradas)**



Esos resultados dependen unos de otros al crear sinergias o compensaciones que se muestran con flechas azules y rojas, respectivamente, como ejemplo. Finalmente, esas interacciones influyen en el bienestar de la sociedad costera, según el (MEA 2005). (Para la interpretación de las referencias al color en la leyenda de esta figura, se remite al lector a la versión web de este artículo).

Cada uno de esos Resultados puede relacionarse entre sí mediante sinergias o puede ser priorizado por sociedades costeras mediante compensaciones para lograr su bienestar. Siguiendo el MEA (2005) se define:

El bienestar como “la capacidad de un SE de brindar las condiciones para la realización física, social, psicológica y espiritual”.

Sinergias como la relación entre dos o más resultados que se benefician mutuamente debido a su existencia.

*Trade-off* como la elección que toma la sociedad que implica priorizar un resultado a cambio de otro o más.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Una revisión sistemática implica un resumen crítico y reproducible de los resultados de las publicaciones disponible sobre un mismo tema o pregunta clínica concreta (Linares-Espinós et al. 2018). El carácter sistemático de la investigación da por certero que se basó en una disciplina, y que el análisis se basó en estrictos procedimientos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p.34).

Un estudio de enfoque cualitativo es representado por el análisis sistemático de fenómenos, contrario a lo que comúnmente sucede, no se inicia con una teoría marcada para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, sino que el proceso empieza examinando los hechos en sí y revisando los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p.46).

La presente investigación se propuso indagar el nivel o estado de una o más variables en una población, en cómo se encuentran representadas las Descargas de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos; en este caso, en un tiempo único, referido a cómo se encuentran desarrollados esos conceptos en la actualidad, tratándose de una investigación Transversal descriptiva (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p.217).

Que el diseño cualitativo sea sistemático implica que hay una disciplina para realizar la investigación científica y que no se dejan los hechos a la casualidad. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018, p.34). Esta investigación cumple con el propósito fundamental de producir conocimiento y teorías, investigación básica (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018, p. 29), puesto que responde al propósito de Identificar las implicaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos.



### 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla Nº 1. Matriz de categorización apriorística

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
Identificar las implicaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos	Reconocer los Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina.	¿Cuáles son los Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina?	Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios ecosistémicos de Soporte</li> <li>• Servicios ecosistémicos de Aprovechamiento</li> <li>• Servicios ecosistémicos de Regulación</li> <li>• Servicios ecosistémicos Culturales</li> </ul>
	Determinar las compensaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina.	¿En qué consisten las compensaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina?	Compensaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina	Sinergias entre Servicios ecosistémicos
	Esbozar las perspectivas socioambientales futuras de la Descarga de Agua Subterránea Submarina.	¿Cuáles son las perspectivas socioambientales futuras de la Descarga de Agua Subterránea Submarina?	Perspectivas futuras de la Descarga de Agua Subterránea Submarina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración de la literatura gris</li> <li>• Una perspectiva de cambio global</li> <li>• Valoración de los servicios ecosistémicos de descarga de aguas subterráneas submarinas</li> </ul>

### **3.3. Escenario de estudio**

Por lo que describen Aguilera y Arroyo (2016), puesto que se trata del escenario en dónde se ha dado respuesta a las preguntas de investigación, la de Identificar las implicaciones que tiene la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos. Los escenarios contemplados fueron el Preliminar, Primero, Segundo, Tercero y Cuarto, a los que corresponde respectivamente los escenarios especificados en la sección 3.8.

### **3.4. Participantes**

Se registró un total de 1532 estudios con los términos de búsqueda descritos en la Tabla. 2 desde 1900 hasta abril de 2020. Teniendo en cuenta el MEA (2005) como línea de base, se realizó una investigación dentro de esta muestra de artículos estableciendo un conjunto de palabras clave para cada categoría de SE y resultado derivado de DAS-SE.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El proceso de revisión de la literatura científica se ha realizado en cinco etapas (Tabla 2). Petticrew y Roberts (2008) detallan pautas para revisiones sistemáticas, en base a ello, con el fin de realizar una reseña general del estado de las DAS-SE, se empleó el motor de búsqueda *Web of Science* para realizar la revisión sistemática.

### **3.6. Procedimientos**

Como se había mencionado, el marco conceptual se basa en la *Millennium Ecosystem Assessment* (Biggs et al. 2005), siendo así, esta investigación realiza un revisión sistemática con el fin de acopiar lo hasta ahora estudiado acerca de las implicaciones de los DAS en los SE en todo el mundo. Con especial énfasis en las publicaciones científicas en inglés revisadas por

pares para analizar los SE costeros derivados del DAS, además de entender los efectos negativos y positivos de los mismos sobre la calidad de vida humana.

Respecto a las compensaciones y sinergias hacia el bienestar humano, se revisaron los impactos socioambientales directos de la DAS, además de dirigir la atención hacia posibles estudios futuros adicionales y las actuales brechas de información. La guía para investigaciones futuras acerca de las DAS basado en un marco analítico en torno a los SE puede derivar en nuevos conocimientos respecto a las implicaciones ambientales. Siendo así, se cierran las brechas entre las ciencias ambientales y sociales enmarcándolas en esta revisión.

### **3.7. Rigor científico**

El empleo de las investigaciones identificadas para un análisis sistemático riguroso de las estrategias de difusión y aplicación de las directrices garantiza una muestra amplia y representativa (Moher et al. 2010). Sin embargo, no se busca explícitamente evaluaciones de procesos publicadas junto con los estudios identificados que podrían ser más propensos a reportar consideraciones teóricas. En la presente se consideraron las bases *Web of Science*.

### **3.8. Método de análisis de información**

Respecto a la revisión preliminar, los términos de búsqueda fueron "*underwater groundwater discharge*" y "*environmental*" analizadas en el motor de búsqueda de *WoS*. Al término de esta búsqueda preliminar, se obtuvieron un total de 30 estudios entre artículos y capítulos de libro.

En respuesta al bajo número de artículos obtenidos de la búsqueda preliminar, se amplió la revisión añadiendo los términos de búsqueda

“underwater groundwater discharge ecosystem services” y “underwater springs”.

**Tabla N° 2. Criterios de selección de datos.**

<b>Escenario</b>	<b>Criterios</b>	<b>Estudios seleccionados</b>	<b>Estudios seleccionados</b>
Preliminar	<i>Palabras clave</i>	30	2
	"Descarga de aguas subterráneas submarinas"		
	"Miembros *"		
Primero	<i>Palabras clave</i>	1532	503
	"Descarga de aguas subterráneas submarinas"		
	"Submarine Spring"		
Segundo	<i>Análisis de títulos</i>	503	92
	Impactos SGD		
Tercero	<i>Análisis abstracto</i>	92	32
	Implicaciones sociales		
Cuarto	<i>Revisión detallada</i>	32	32 (114 casos)
	Implicaciones sociales		

El contenido de los artículos (informado en material complementario) indicó que la mayoría de los estudios podrían clasificarse como SE de apoyo, lo que sugiere que estos artículos no examinaron explícitamente las implicaciones socioambientales de la DAS.

De todos los estudios identificados en la primera etapa (n = 1532), con el fin de centrar la investigación y abordar las cuestiones puntuales, se incluyeron las investigaciones que centraron los DAS como la segunda etapa de la revisión sistemática. Con el resto (n = 503), se realizó una revisión detallada de la publicación para verificar que las publicaciones adecuadas establecieran relaciones directas entre los procesos de DAS, SE e implicaciones socioambientales.

Ahora bien, con el fin de captar únicamente las publicaciones que refieren a las implicaciones socioambientales de la DAS, se analizaron los resúmenes de las publicaciones para corroborar ello, esto consistió en la tercera etapa de análisis de la información.

**Tabla N° 3. Búsqueda sistemática en WoS por categoría ES**

<b>Categoría de servicios ecosistémicos</b>	<b>Resultados de los servicios ecosistémicos</b>	<b>Número de resultados</b>	<b>Criterios de búsqueda ("Palabras clave")</b>
<b>Apoyo</b>	Ciclo del agua	21	Ciclo del agua Ciclo hidrológico
	Ciclo de nutrientes	781	Nutriente Nitrato Nitrito Fosfato Amoníaco Sílice Carbono Metano Micronutrientes Macronutrientes
	Producción primaria	198	Producción primaria* Clorofila Fitoplancton
	Hábitat	76	Hábitat Zonación
<b>Aprovisionamiento</b>	Agua dulce	21	Suministro de agua Agua potable Minería de agua
	Viveres	89	Viveres Pescadores Pesca

<b>Categoría de servicios ecosistémicos</b>	<b>Resultados de los servicios ecosistémicos</b>	<b>Número de resultados</b>	<b>Criterios de búsqueda ("Palabras clave")</b>
			Pesquería Mariscos Granja Acuicultura Cultivo de algas marinas Cultivo de peces
<b>Regulación</b>	Control biológico	9	Control biológico Zonación
	Enfermedades humanas	110	Enfermedad Gérmenes Salud humana Virus Fecal E. coli Escherichia HAB Enfermedades humanas Algas nocivas
<b>Cultural</b>	Recreativo	32	Recreativo Turismo Ecoturismo Recreación Vacaciones Ocio Baño Natación Buceo Navegación

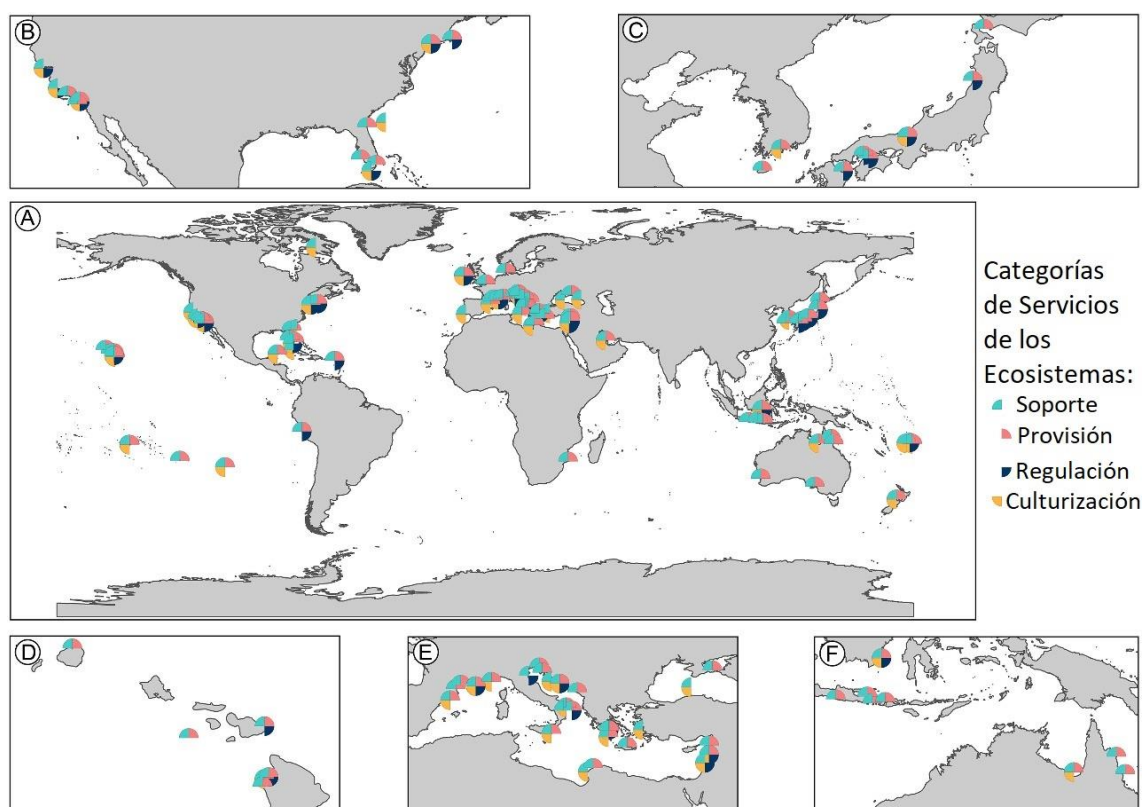
Categoría de servicios ecosistémicos	Resultados de los servicios ecosistémicos	Número de resultados	Criterios de búsqueda ("Palabras clave")
	Sentido del lugar	0	Sentido del lugar Topónimo Nombrado después de
	Patrimonio cultural	19	Patrimonio cultural Conocimiento local Conocimientos indígenas Conocimientos tradicionales Tradiciones Cultura
	Religión	0	Religi* Mitos Cuentos Creencias Tradición
	Estético	20	Estético Inspiración* Cultura Educación Artes Poesía Poema

*Todas las búsquedas corresponden a la "Descarga de Aguas Subterráneas Submarinas" O "Manantiales Submarinos" y todas las palabras clave correspondientes para cada resultado de la categoría SE. El \* corresponde a cualquier terminación de esa palabra.*

Con el fin de remarcar aún más las implicaciones socioambientales de las DAS, la cuarta etapa de análisis de información correspondió a la lectura de los manuscritos completos seleccionados en la etapa anterior (n = 92)

Como resultado, finalmente se incluyeron 32 publicaciones en el análisis de implicaciones socioambientales, en las que se identificaron y analizaron un total de 114 casos de diferentes lugares del mundo utilizando el marco basado en MEA descrito en el apartado de Procedimientos como línea de base (Fig. 3).

**Figura N° 3. Distribución mundial de ubicaciones donde se identificaron e informaron los servicios ecosistémicos proporcionados por DAS en la literatura científica**



(A). El cuadrante rosa, turquesa, azul oscuro y amarillo del círculo corresponde a los sitios donde se identificaron los Servicios de Aprovechamiento, Apoyo, Regulación y Servicios de los Ecosistemas Culturales, respectivamente. También se proporcionan acercamientos a las áreas donde se encuentran la mayoría de los estudios: B) América del Norte; C) península de Japón y la Corea; D) archipiélago hawaiano; E) Mar Mediterráneo; F) Indonesia y Australia del Norte. (Para la interpretación de las referencias al color en la leyenda de esta figura, se remite al lector a la versión web de este artículo).



### **3.9. Aspectos éticos**

Con el fin de exponer el interés por indagar la realidad en forma sistemática proponiendo soluciones a las problemáticas ambientales respecto a qué tanto se conoce sobre las implicaciones de la Descarga de Agua Subterránea Submarina en los Servicios Ecosistémicos, además de su práctica sostenible a futuro. Siendo así, se destaca lo siguiente sobre esta investigación:

- A. Respeto a la autoría de las fuentes de información. Esto se logra citando apropiadamente con estilos internacionales.
- B. Cumplimiento de los principios éticos del colegio profesional al que pertenecerán los autores.
- C. Cumplimiento de los aspectos relevantes del código de ética de la investigación de la universidad o de la institución que autoriza la investigación

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En los párrafos siguientes se describen las dependencias entre la DAS y los SE, como estos se relacionan directamente, sus interacciones, y como es que afectan a los hábitats costeros. Como se explicará, los SE de apoyo, aprovisionamiento, regulación y culturales pueden tener múltiples sinergias entre ellos (ver Sección 4.1). Ahora bien, la interacción de los SE con el proceso de la DAS no ocurre espontáneamente, sino que los diferentes componentes de las sociedades costeras permiten esta interacción. Ya sea para aprovechar o eliminar la amenaza para garantizar su bienestar, existen compensaciones entre los SE que se llevarán a cabo en cada sociedad (ver Sección 4.2). Por lo tanto, esas situaciones dificultarán la consecución de un escenario en el que todos ganen, lo que puede derivar en conflictos socioambientales.

### **4.1. Servicios ecosistémicos que dependen del agua subterránea submarina**

Se encontró que la mayoría de los estudios están orientados a comprender las relaciones entre el ciclo del agua y sus impactos biogeoquímicos respecto a la DAS y a su vez, sus subsecuentes impactos en los ecosistemas costeros. Un 55 % del material científico en la etapa uno del análisis se centró en los SE de apoyo relacionados a la DAS

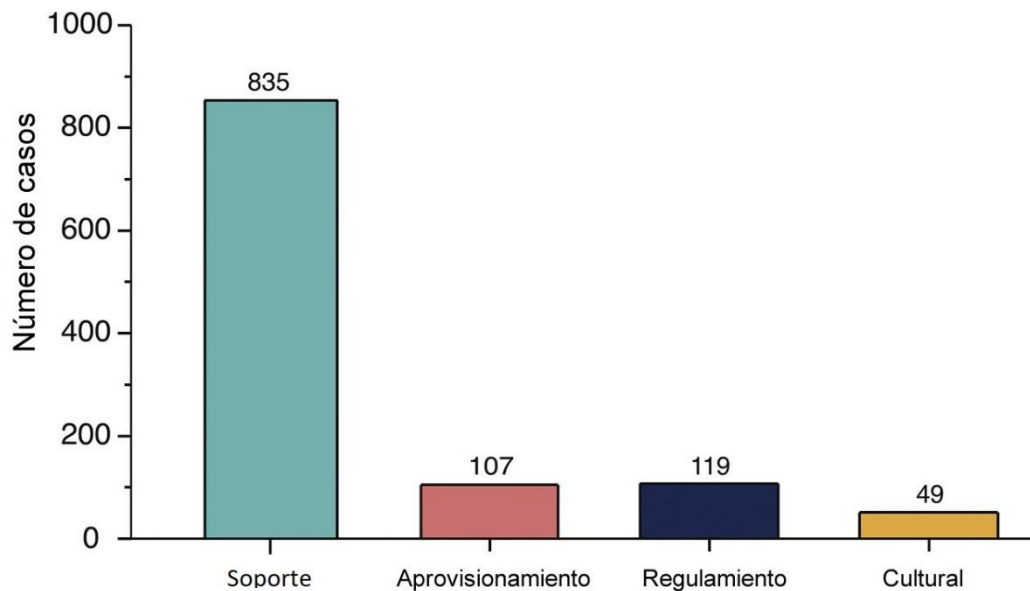
Ello sugiere que los SE de proporcionamiento, regulación y culturales, servicios directos, están contemplados en menor medida alcanzando el 7%, 8% y 3% respectivamente del total de literatura analizada relacionada con la DAS (Fig. 4).

Cabe recalcar que, en base a la información proporcionada por el MEA (2005), los SE de apoyo se caracterizan por construir interrelaciones entre categorías, además de que sus impactos o efectos son a largo plazo y que por lo mismo, no son perceptibles a simple vista por las sociedades costeras

(Fig. 2). En este sentido, los SE culturales, reguladores, de aprovisionamiento están ligados a la categoría de Apoyo, sugiriendo una superposición entre SE relacionados a las DAS.

En razón a ello, este estudio también está sujeto a ello, pudiendo considerarse en la categoría de apoyo y a las que ella se relaciona. Por ejemplo, Duarte et al. (2010) demostraron que una acuicultura macroalgas de granja de que es proporcionada por los nutrientes de DAS está directamente relacionada con el suministro de alimentos por parte de la granja de algas (aprovisionamiento de SE) e, indirectamente, pero no menos importante, el sustento de hábitat para esos organismos (apoyo SE). En este sentido, los SE descritos en adelante guardarán cierta relación con los SE de soporte.

**Figura N° 4. Número de casos reportados en la primera etapa para cada DAS-SE para la búsqueda sistemática de palabras clave mediante WoS.**

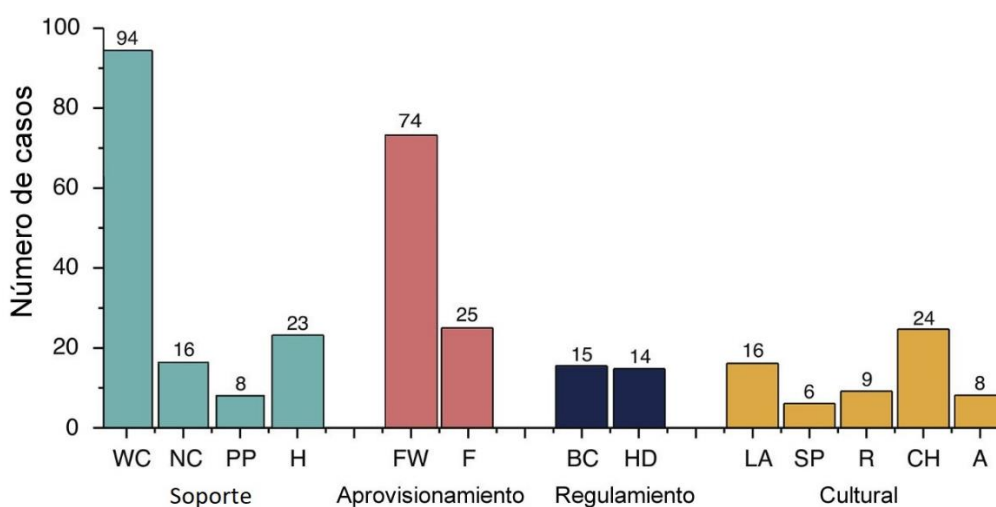


Centrándose en los estudios que se refieren explícitamente a las implicaciones sociales del DAS (cuarta etapa), los 114 casos identificados de las 32 publicaciones en la revisión sistemática mostraron los siguientes resultados en términos de los SE informados: 100% de apoyo, 80% de aprovisionamiento, 25% de regulación, y 41% Cultural SE (Fig. 5).

Los esfuerzos de los últimos cuarenta años de la comunidad científica por entender la relación entre el recurso de agua de dulce y las DAS parece explicar la mayor incidencia en estudios relacionados a los SE de aprovisionamiento (Taniguchi et al. 2019). Ahora bien, una menor densidad de estudios científicos relacionados a los SE Reguladores y Culturales podría interpretarse de la forma en que estos temas cobraron atención en años recientes.

Los 114 casos analizados en los que se puede identificar al menos un DAS-SE con implicación social directa corresponden a 96 localizaciones diferentes en todo el mundo (Fig. 3). Si bien la literatura sobre los SE proporcionados por la DAS es amplia, está es escasa en ciertas partes del mundo donde no se ha realizado investigación al respecto, como, por ejemplo, la Antártida, la Península Arábiga, América del Sur y África, que en su conjunto contemplan menos del 10 % de la literatura revisada (Fig. 3). Ahora bien, esto podría tener también una explicación en sesgo propio de la búsqueda que ha realizado esta revisión, puesto que se restringió al idioma inglés que respondería a estudios realizados en áreas específicas.

**Figura N° 5. Número de casos notificados para cada categoría DAS-SE y resultados derivados de la cuarta etapa.**



*WC: ciclo del agua; NC: ciclo de nutrientes; PP: producción primaria; H: hábitat; FW: agua dulce; F: comida; BC: control biológico; EH: enfermedad humana; LA: actividades de ocio o ecoturismo; SP: sentido de lugar; R: religión o mito; CH: patrimonio cultural; A: valores estéticos.*

### **Apoyar los servicios de los ecosistemas**

Como un proceso que involucra la transferencia de agua a través de la interfaz tierra-océano, el DAS tiene un papel en el ciclo global del agua (Zhou et al. 2019), que se entiende como un DAS-SE. Durante la década de 1960, se llevaron a cabo varios estudios para evaluar el agua subterránea dulce impulsada por DAS, se estimó que representaba el 5% de la escorrentía superficial (Nace 1967).

Desde entonces, se realizaron otros intentos para estimar la contribución fresca de DAS al ciclo del agua, incluidas las investigaciones recientes que han estimado que el componente fresco de DAS representa ~ 1.3% de la descarga del río (Zhou et al. 2019) o ~ 0,6% del agua dulce total en el océano global (Luijendijk, Gleeson y Moosdorf 2020).

Sin embargo, cuando se integra el componente salino o salobre del DAS, el DAS tiene una influencia más amplia en los océanos del mundo y representa entre el 80% y el 160% de la cantidad de agua dulce que ingresa al Océano Atlántico desde los ríos, o hasta 4 veces teniendo en cuenta también los océanos Indo-Pacífico (Devries et al. 2014).

Por cómo se ha descrito, las DAS tienen principal importancia para el ciclo hidrobiológico, pero no solo ello, también para la entrada de nutrientes tanto naturales como antropogénicos al océano costero, aquellos que una vez introducidos se adhieren e interactúan con la biota (Santos et al. 2021). En particular, el fitoplacton y bacterioplancton son los primeros organismos dedicados a transformar aquellos nutrientes y disponibilizarlos a organismos productores secundarios (Lecher y Mackey 2018).

Los nutrientes impulsados por DAS tienen especial atención en la literatura respecto a su contribución en las floraciones de cianobacterias (Blanco et al. 2011) y floraciones de fitoplancton en áreas costeras (Machado y Imberger 2014), floraciones de macroalgas (Amato et al. 2016) o mejorar la cobertura espacial de macrófitas, el crecimiento de hojas y la productividad de la

pradera (Dadhich et al. 2017), aportando a la producción primaria dentro del ciclo de nutrientes

Los productores primarios, tanto del bentos como de la columna de agua, son capaces de incorporar nutrientes inorgánicos en la cadena trófica manteniendo el ciclo de nutrientes y la alimentación de organismos más complejos (Lecher y Mackey 2018).

La absorción directa de nutrientes inorgánicos por parte del fitoplancton (p y dinoflagelados) y macrófitos, ha sido posible gracias al análisis isotópico de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  y la relación N: P (Amato et al. 2016). Pudiendo esos nutrientes transferirse al zooplancton y posteriormente a niveles más elevados de la red trófica (Lecher y Mackey 2018).

La descarga de agua subterránea al mar costero también puede modificar o estabilizar las condiciones de temperatura, pH, salinidad o transparencia del agua de los cuerpos de agua receptores, lo que puede ser esencial para mantener o sustentar muchos hábitats y ecosistemas costeros (por ejemplo, arrecifes de coral o praderas de pastos marinos). Por otro lado, la DAS puede ocasionar también efectos negativos, como reducir la capacidad neta de calcificación de los corales en los manantiales kársticos, lo que a su vez puede suministrar altas cantidades de  $\text{CO}_2$  que estabilizan el pH bajo en consecuencia de la extinción del hábitat (Crook et al. 2012).

También se informó que las bajas salinidades proporcionadas por DAS fresco reducen la diversidad y riqueza en los arrecifes de coral y las comunidades de meiofauna (Kotwicki et al. 2014). Por el contrario, diatomeas, cianobacterias de comunidades bentónicas y caracoles juveniles mostraron encontrar hábitats estables debido a las condiciones del agua dulce respaldadas por DAS ( Stieglitz y Dujon, 2017 ). Además, los aportes de DAS de manantiales kársticos demostraron representar la principal fuente de agua dulce para algunas lagunas costeras, contribuyendo a mantenerlas en condiciones no hipersalinas durante la mayor parte del año y, por lo tanto,

desempeñando un papel relevante para el funcionamiento del ecosistema de la laguna costera (Rodellas et al. 2018).

La DAS podría suponer un papel importante en el debilitamiento o mantenimiento de los hábitats costeros debido a que tiene la capacidad de estabilizar las temperaturas de los ecosistemas costeros. Por un lado, los aportes de nutrientes impulsados por DAS acompañados de temperaturas estables promueven la producción primaria y sustentan organismos más complejos a lo largo de la cadena trófica y hábitats más ricos.

Se sabe que tales efectos crean puntos críticos biológicos, donde se potencian la biomasa, la riqueza, la diversidad, la producción comunitaria neta y la complejidad del ecosistema (Foley 2018). Por ejemplo, en la laguna costera de Salses - Leucate (Francia), la mayor temperatura y disponibilidad de nutrientes relacionados con la DAS se correlacionaron con el mayor crecimiento de mejillones mediterráneos (Andrisoa et al. 2019).

Puede ocurrir también un fenómeno caracterizado por la aparición de especies oportunistas, que a su vez pueden desplazar a otras en efecto cascada debido al constante suministro de nutrientes y temperatura estable (Lecher y Mackey 2018).

El predominio de especies oportunistas reduce inevitablemente la riqueza y diversidad de algunos ecosistemas costeros. Estas consecuencias se estudiaron en arrecifes de coral de Japón (Blanco, Nadaoka y Yamamoto 2008) y comunidades bentónicas en Delaware (EE. UU.) (Miller y Ullman 2004), donde las zonas directamente influenciadas por DAS tenían comunidades con menos riqueza ecológica que otras que no lo eran.

Además, dichos procesos pueden favorecer las floraciones de algas nocivas (FAN) como las mareas rojas, las marrones, las cianobacterias o las mareas verdes de macroalgas (Kwon et al. 2017) mejorando la producción primaria

pero al mismo tiempo destruyendo el hábitat de otras especies y ecosistemas.

La presencia de FAN respaldados por nutrientes antropogénicos impulsados por DAS puede tener efectos en cascada en ecosistemas enteros, como las muertes masivas observadas en los EE. UU. y Corea del Sur (Lee et al. 2010). Se informó que la presencia de densas floraciones de fitoplancton reduce la disponibilidad de luz para las comunidades bentónicas, de praderas pastos marinos y arrecifes de coral (Richardson et al. 2017). La presencia masiva de floraciones de macroalgas en los arrecifes de coral de Hawai produjeron efectos similares cubriendo los bentos originando cambios en el hábitat (Amato et al. 2016).

### **Aprovisionamiento de servicios ecosistémicos**

En cuanto a los asentamientos humanos en zonas áridas o semiáridas, resultan de vital importancia los recursos de agua dulce costera. Siendo así, el DAS se ha analizado como recurso de agua dulce en países con hábitats con dichas características como las costas del sur de Francia, Líbano, Libia y Grecia (Bakalowicz 2018).

Los DAS frescos también se utilizan para otros fines, como la agricultura o la ganadería (Moosdorf y Oehler 2017). Todavía hoy, el DAS fresco se usa para beber, lavar o para la higiene en varias islas de Indonesia (por ejemplo, Java, Lombok, Bali) (Moosdorf y Oehler 2017) o instalaciones de agua del grifo integradas en el Mediterráneo (por ejemplo, la bahía de Trieste , Italia; Port-Miou, Francia; Chekka, Líbano; o Bengasi, Libia).

Para las regiones semiáridas que dependen en gran medida de los recursos hídricos subterráneos y que, a su vez enfrentan condiciones calientes debido a su sensibilidad a las perturbaciones climáticas, estos DAS-SE pueden ser de vital importancia (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014). Los modelos de pronóstico predicen cambios en la estacionalidad de las patrones de lluvia, un aumento de la evapotranspiración y una disminución



de las reservas de agua subterránea (Change 2007). Se producen muchas sinergias en los SE de apoyo, reguladores y culturales con la DAS fresca, que sumado a su importancia como un bien directo, se exploran muchos otros beneficios en las siguientes secciones.

El aprovisionamiento de alimentos a través de actividades de pesca o acuicultura es otro SE proporcionado por DAS (UNESCO 2015). DAS puede desempeñar un papel clave en el apoyo de la productividad y el funcionamiento de los ecosistemas costeros, lo que resulta en condiciones de hábitat favorables para proporcionar alimentos a las sociedades humanas. Esto crea una sinergia entre el SE de apoyo y este SE de aprovisionamiento.

Debido a la mejora de la alta productividad derivada de los nutrientes impulsados por DAS, los productores secundarios pueden crecer, los hábitats y los ecosistemas pueden desarrollarse y, en última instancia, las especies consumidas por el hombre están presentes en esas áreas.

Los lugares donde DAS contribuye al aprovisionamiento de alimentos incluyen la acuicultura de algas en Hawái, crustáceos en Portugal, peces en Japón, mejillones en el sur de Francia, u ostras en China y EE. UU. (Spalt, Murgulet y Abdulla 2020).

DAS también puede poner en peligro el suministro de alimentos a través del suministro de contaminantes al deteriorar los ecosistemas que sustentan la acuicultura y la pesca y poner en peligro la salud de las comunidades locales (Erostate et al. 2020).

Las actividades mineras pueden introducir metales pesados a través de la fluencia de las DAS (Alorda-Kleinglass et al. 2019), afectando a los micronutrientes, a su vez a los productores primarios e introducirse a niveles más altos de la cadena trófica hasta llegar a los humanos. También tienen el potencial de afectar a los humanos, aunque no de forma directa los FAN

introducidos por las DAS, esto puesto que sus toxinas pueden acumularse en los alimentos que luego serán consumidos por los humanos (Lee et al. 2010).

### **Regular los servicios de los ecosistemas**

Se ha observado un control biológico cuando el DAS fresco influye en los niveles de salinidad de las zonas costeras, dependiendo de la tolerancia de las especies a niveles bajos de salinidad, se puede regular la presencia de las mismas, como en Okinawa (Japón) (Blanco, Nadaoka y Yamamoto 2008), Florida (USA) (Lirman et al. 2003) y Roscoff Aber Bay (Francia) (Migné et al. 2011).

También puede ocurrir este fenómeno debido a la reducción de pH por la influencia de la DAS, a ello se le denomina zonificación, lo que origina dificultades para organismos cuya estructura externa está compuesta de carbonato o silicato, como los foraminíferos o arrecifes de coral (Prouty et al. 2017).

Se ha reconocido que en la GDE costera, peces como los teleósteos juveniles tienen tasas de crecimiento más altas (Lilkendey et al. 2019), también se ha observado que ciertas especies encuentran refugio en invierno gracias a las temperaturas más altas proporcionadas por la DAS. Por lo tanto, DAS puede proporcionar al mismo tiempo hábitat (SE de apoyo) y control biológico (que regula SE).

Las cargas excesivas de nutrientes o contaminantes suministradas por DAS pueden permitir la presencia de aquellas especies que están adaptadas a estas condiciones de vida (p. Ej., *Ulva* spp.) (Kwon et al. 2017) o especies oportunistas de diatomeas, dinoflagelados o cianobacterias (Blanco et al. 2011).

Las investigaciones del DAS mostraron que la hierba marina que vive en la costa de GDE puede tener menos herbívoros organismos (Peterson et al.

2012). El pasto tortuga (*Thalassia testudinum*) puede cambiar su estrategia biológica, en niveles altos de nutrientes, al no cultivar flores y desarrollar hojas más grandes (Darnell y Dunton 2017), mientras que el delfínaustraliano (*Glaucosoma hebraicum*) puede usar salinidades bajas para eliminar parásitos (Pironet y Jones 2000).

Los seres humanos aprovechan directamente estos sitios, donde la abundancia de ciertas especies son una fuente de alimento para pescar en Australia, o crear acuicultura en Japón (Utsunomiya et al. 2017).

Puesto que los microorganismos pueden ser impulsados por el agua subterránea, las DAS pueden introducir bacterias y virus que pueden ocasionar efectos negativos a la salud humana (Abaya et al. 2018), entregando comunidades extranjeras bacterianas o virus (Futch, Griffin y Lipp 2010) en los entornos costeros.

También puede ocurrir que en consecuencia de las actividades industriales que generan aguas residuales, estas puedan infiltrarse en los acuíferos costeros contaminando con altas concentraciones de virus y bacterias fecales las aguas subterráneas, que a su vez pueden ser transportados por la DAS al agua de mar costera.

El suministro de agua dulce también se utiliza para reducir las enfermedades humanas y mejorar la higiene, Moosdorf y Oehler (2017) informaron del uso de agua subterránea para lavar la ropa, bañarse o curar heridas en Indonesia, Fiji y Mozambique.

El uso de DAS en estas sociedades contribuye a la salud de los ciudadanos de dos maneras: directamente, utilizando DAS con fines de higiene, e indirectamente, al permitir ahorrar sus recursos de agua dulce más limpios solo para beber.

El DAS también puede representar una vía que transporta contaminantes al océano costero desde actividades y asentamientos antropogénicos (p. Ej., Ciudades, puertos o minas), que podrían representar una gran amenaza para la salud de las personas que aún no se han evaluado. Estos contaminantes suministrados por DAS incluyen nutrientes, que pueden desencadenar FAN que pueden liberar toxinas y contaminar especies comerciales de mariscos (Anderson et al. 2000), y finalmente poner en peligro la salud de los consumidores; metales, que pueden acumularse en especies comerciales de mejillón (p. ej., *M. edulis* cultivado en sitios influenciados por DAS tuvo el doble de concentración de Hg en los tejidos blandos en comparación con los mejillones sin influencia de DAS (Laurier et al. 2007); así como otros contaminantes como radionucleidos de accidentes en centrales nucleares (Fukushima, Japón) (Sanial et al. 2017) o de áreas altamente radiactivas naturales, que pueden bioacumularse en la biota (Garcia-Orellana et al. 2016).

Otros estudios han informado que DAS también puede suministrar residuos farmacéuticos y de cafeína (CEC), pesticidas y contaminantes orgánicos persistentes (COP) (Dzierzbicka-Głowacka et al. 2019) al océano costero.

### **Servicios ecosistémicos culturales**

Los manantiales marinos son los que se asocian en mayor medida a las DAS relacionadas con SE de ecoturismo o recreativos (Moosdorf y Oehler 2017). Estos manantiales representan un gran potencial respecto a estos servicios puesto que son fuente de una gran biodiversidad que es regulada y apoyada por la DAS.

Existen hábitats de poca luz pero de mucha biodiversidad como las costas de las Islas Baleares compuesta por cuevas calcáreas alimentadas por la DAS visitadas por pescadores, bañistas y otros en búsqueda de actividades recreativas (Rützler 1996). Durante los fríos inviernos de Canadá, también se informó que una polinia se mantuvo debido a la descarga de aguas

subterráneas con temperaturas más altas, lo que permitió el transporte marítimo ártico (Oward, FreelandDavid y Levings 1980).

El DAS también puede afectar las actividades recreativas, particularmente cuando se producen HAB impulsados por DAS o cuando las playas para nadar están cerradas por razones sanitarias debido a la presencia de FIB derivado de los insumos de DAS (Yau et al. 2014). Aunque menos frecuente, se observó que la navegación de pequeñas embarcaciones de recreo se veía comprometida a lo largo de las costas como resultado de la descarga de aguas subterráneas de gran caudal de origen puntual (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2013).

También se realizaron construcciones y lugares simbólicos en áreas vinculadas al DAS. Algunos asentamientos humanos ubicados en áreas costeras con un clima semiárido se construyeron cerca de los manantiales de DAS porque dependían del recurso de agua dulce proporcionado por DAS. Estas fuentes de agua dulce a menudo se protegían o veneraban mediante la construcción de edificios defensivos, estratégicos o místicos.

En Rapa Nui (Isla de Pascua), se cree que la civilización original que construyó las famosas estatuas faciales (moai) alrededor de la isla pudo sobrevivir gracias a la construcción de pozos y “punas” (presas) aprovechando los nuevos DAS, lo que generó un sentido de pertenencia al lugar (Brosnan, Becker y Lipo 2019). El Castillo Yokokujo de Hiji, Prefectura de Ohita (Japón), fue construido a orillas de la playa para permitir la captación de la platija (jaspeada *Pseudopreulonectes yokohamae*), una especie de pez muy apreciada que prospera en un ecosistema dependiente de DAS (Shoji y Tominaga 2018).

Estos mitos, historias, edificios y pueblos vinculados al DAS se han convertido en parte del actual Patrimonio Cultural. Diferentes culturas alrededor del mundo dan un gran valor a mantener vivos los viejos usos que DAS tenía para sus antepasados. En Australia, la comunidad aborígen de

Kurna encuentra una parte importante de su identidad en la historia del antiguo creador Tjilbruke, quien lloró por su sobrino, y de sus lágrimas se crearon manantiales de agua dulce en la playa (Moosdorf y Oehler 2017). En la isla de Kona, Hawái (EE. UU.), Muchas de las algas (p. Ej., *Limu manaua* (*Gracilaria coronopifolia*), que se recolectan en sitios influenciados por DAS, son valoradas por las culturas indígenas durante siglos (Pongkijvorasin et al. 2010). Los lugares de pesca relacionados con DAS han sido parte del conocimiento tradicional de las comunidades, que se ha transmitido a las generaciones de pescadores. Ejemplos de puntos críticos de pesca vinculados al DAS que pueden considerarse patrimonio cultural incluyen los "agujeros irregulares" del Gran Arrecife de Coral en Australia, el "Mud Hole" en Florida (EE. UU.) y en la Península de Yucatán (México) (Stieglitz y Dujon 2017).

Además, Zektser et al. (1973) mencionan los manantiales submarinos como "la manifestación más espectacular de descarga de agua subterránea a los mares", lo que indica el valor estético de DAS. Los manantiales submarinos o DAS continúan inspirando y motivando a las nuevas generaciones de autores e investigadores. La inspiración ha pasado de uno de los primeros documentos que explica el DAS, donde Aristóteles en su tratado "Meteorología" (ca. 350 a. C.), explica cómo las corrientes cársticas se hundían bajo tierra y viajan distancias cortas para descargarse en el mar (Clendenon 2009), a últimas publicaciones de hoy sobre DAS. Este valor estético de DAS ha llegado a poetas antiguos como Lucrecio o geógrafos como Pausanias y Estrabón, para inspirar canciones en el folclore hawaiano (Pukuy 1968).

Hoy en día, las personas continúan encontrando el valor estético de DAS visitando manantiales submarinos en experiencias de buceo o descubriendo nuevas características en nuevas investigaciones de DAS.

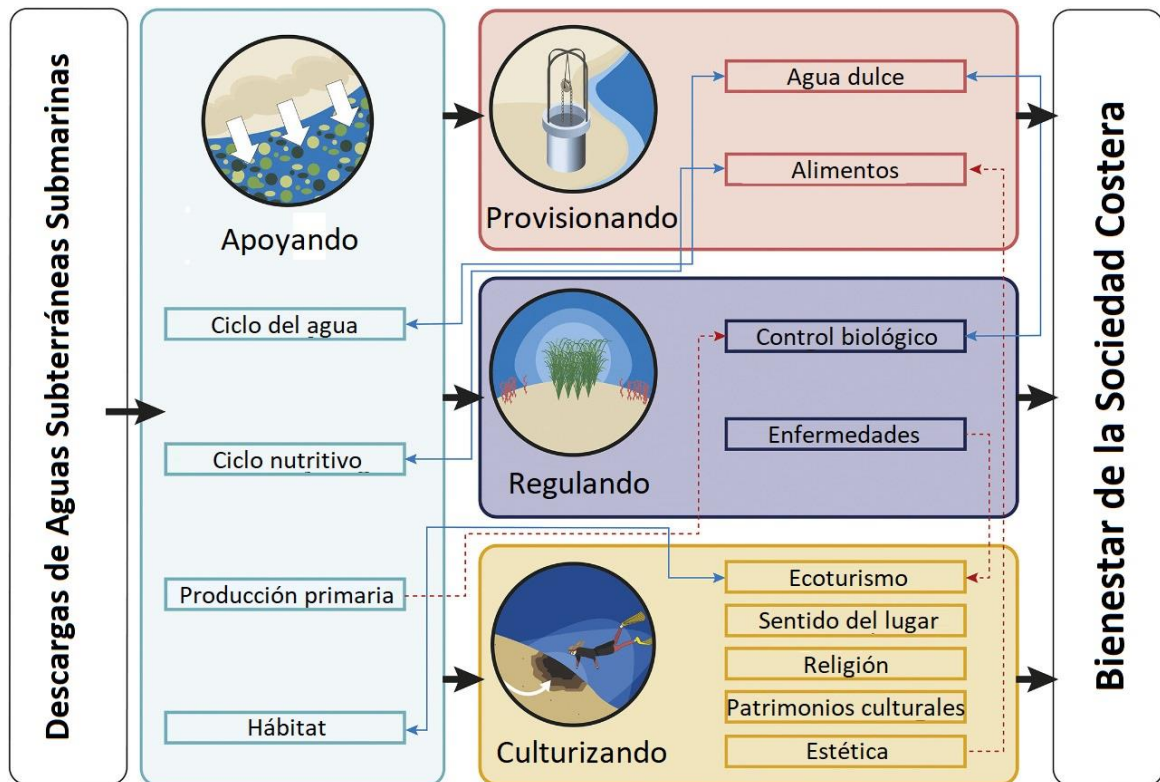
## 4.2. Compensación de DAS

Entendiendo que las sociedades costeras están muy influenciadas por los SE que a su vez están fuertemente interrelacionados con las DAS, estos SE no pueden entenderse de otra forma que no sea contemplando estas sinergias. En ese sentido, la priorización de un servicio o grupo de servicios sobre otros es clave para conseguir entender los impactos de la DAS en las sociedades.

Suponiendo que una sociedad tiene acceso limitado al recurso de agua dulce y encuentra oportuno hacer empleo de la DAS para suplementar ese recurso, esto podría impactar de forma indirecta el flujo de agua y a su vez solutos hacia el ecosistema costero. En ese caso, la comunidad compensará la provisión de recursos de agua dulce a cambio de reducir los SE reguladores y de apoyo de DAS derivados del suministro de agua y nutrientes al ecosistema. Las comunidades costeras afectadas por estas acciones podrían ver reducido su suministro de alimentos (Pongkijvorasin et al. 2010), además de la posible afectación a su patrimonio cultural dependiendo del uso que la otra comunidad le dio a la DAS (McDermid, Martin y Haws 2019).

Este ejemplo se resume en la Fig.6, destacando las sinergias entre las cuatro categorías de SE (flechas azules dobles) y los efectos de una decisión humana que elige compensar la mayoría de los resultados con solo el suministro de agua dulce (flechas rojas). Otras compensaciones relacionadas con DAS-SE pueden volverse especialmente complejas cuando están en juego intereses económicos, culturales o políticos. Por lo tanto, para lograr o mantener el bienestar de una comunidad costera, se deben desarrollar políticas y estrategias de manejo considerando las sinergias y compensaciones entre los diferentes DAS-SE.

**Figura N° 6. Diagrama que ejemplifica cómo se aplica el marco DAS-SE a un caso hipotético descrito en el texto.**



Los recuadros llenos corresponden a los resultados identificados y los recuadros vacíos a los resultados que se han eliminado o no existen. Las flechas dobles azules corresponden a las sinergias entre los resultados y las flechas rojas corresponden a las compensaciones entre los resultados que se prefirieron (recuadro lleno) a cambio de los que se renunciaron (recuadro vacío).

La sostenibilidad también forma parte de estos procesos, los SE costeros garantizan el suministro de bienes o materiales necesarios para la subsistencia humana, esto gracias a estrategias de gestión costeras y políticas objetivas (Costanza et al. 2017). En este sentido, DAS se ha utilizado y gestionado durante siglos como recurso de agua dulce, hoy en día, la sequía inducida por el cambio climático y la alta presión antropogénica (p. Ej., agua subterránea, riego) hacen que la gestión de la fresca sea más necesaria (Stigter et al. 2014).



Esto sería fundamental para aquellas sociedades que tienen escasos suministros de agua dulce (por ejemplo, las costas del norte de África y Oriente Medio). Sin embargo, las estrategias de manejo rara vez toman en cuenta las compensaciones. Los resultados de la investigación han evaluado, conceptual y económicamente, los impactos de las intervenciones de gestión destinadas a explotar dichos recursos en estas regiones. A través de proyecto de bombeo de agua dulce en Liba, Ayoub et al. (2002) identificaron el costo beneficio de la viabilidad de la explotación de DAS a través del desarrollo de una encuesta.

Por el contrario, los ciudadanos y las industrias locales obtendrían un volumen adicional de agua dulce y, por lo tanto, seguridad para su futuro bienestar. Otras compensaciones preocupantes que existen entre el agua dulce y las especies comerciales dependientes de DAS se han descrito para las algas en Hawái (EE. UU.) y pescar en Obama Bay (Japón) (Burnett et al. 2018).

En estos casos, existían vínculos directos entre el uso de agua subterránea como recurso de agua dulce y la explotación de la productividad de la biomasa cercana a la costa impulsada por DAS, donde una ganancia de una va en detrimento de la otra. Garantizar una provisión mínima de existencias de alimentos puede requerir una disminución significativa de la extracción de agua subterránea (Pongkijvorasin et al. 2010).

Por el contrario, según otra investigación en Japón (Burnett et al. 2018), los beneficios económicos que el suministro de agua subterránea podría proporcionar, en términos de existencias de agua dulce, podrían ser mayores que las pérdidas para las pesquerías cercanas a la costa. Por lo tanto, la estrategia de gestión implementada debe abordar la dicotomía entre los beneficios del aprovisionamiento de agua dulce y los beneficios del aprovisionamiento de alimentos.

Los SE también pueden verse afectados por la construcción de presas subterráneas, cortinas de lechada, conductos o tuberías y plantas de agua, debido al manejo antropogénico de los recursos costeros hidrológicos o biológicos (Tamborski et al. 2020). De manera similar, en la explotación de manantiales submarinos salobres como recurso de agua dulce, desalinización se requiere la del agua subterránea extraída y la salmuera producida puede tener consecuencias peligrosas para el sistema socioecológico cuando se vierte al mar (por ejemplo, destrucción de los hábitats circundantes y especies comerciales potenciales) (Bakken, Ruden y Mangset 2012).

Las estrategias de gestión costera que configuran el DAS-SE pueden conducir a la confrontación entre los diferentes actores involucrados. La ocurrencia de conflictos sociales en estos temas puede ocurrir cuando dos sociedades o grupos de individuos hacen uso a la vez de los recursos que ofrece el DAS-SE.

El acceso al agua dulce es el SE proporcionado por DAS que tiene más probabilidades de generar conflictos, debido a su importancia para la supervivencia humana. Debido a la necesidad política y la voluntad de explorar el DAS como una opción para enfrentar la escasez de agua dulce, el agua subterránea dulce se estudia ampliamente en todo el Mediterráneo (Bakalowicz 2018; Reservoir Sedimentation and Water Resources 2015)

En Hawái (EE. UU.) ya se están librando serias batallas políticas con respecto a los impactos antropogénicos terrestres en a la entornos cercanos costa relacionados con el suministro de contaminantes antropogénicos terrestres a través de DAS (Pongkijvorasin et al. 2010). Estos impactos pueden, a su vez, afectar la acuicultura de algas, alimentando conflictos sociales porque los SE culturales de la acuicultura de algas están profundamente arraigados en la comunidad hawaiana (McDermid, Martin y Haws 2019).

Por un lado, la mayoría de los partidos políticos entienden que la extracción de agua subterránea reduce la DAS y puede afectar los ecosistemas marinos costeros. En el lado opuesto, los terratenientes y desarrolladores insisten en que los efectos de reducir DAS a cambio del suministro de agua dulce son irrelevantes. Tal discrepancia entre ambos lados es lo que genera un conflicto hacia el manejo futuro de esta sociedad costera (Duarte et al. 2010). Recientemente, por primera vez, la Corte Suprema de Estados Unidos ha fallado a favor de proteger la conexión entre el acuífero costero y el océano costero (DAS) (Warren 2020).

La demostración del suceso se basó en la afectación directa que sufrió el acuífero costero por la entrada de efluentes de agua residuales y su demostración, lo que en su momento sentó una nueva base sobre los conflictos sociales inducidos por DAS (Santos et al. 2021).

#### **4.3. Perspectivas futuras**

Esta revisión también ha identificado que los estudios sobre los SE directos (aprovisionamiento, regulación o SE culturales) son ampliamente superados en número por las publicaciones relacionadas con los SE de apoyo. Esto es consecuencia del gran esfuerzo realizado durante los últimos 40 años en el campo de investigación del DAS para demostrar la importancia de este proceso en ciclos hidrológicos y los biogeoquímicos.

La literatura científica consultada también ha evidenciado falta de atención hacia los impactos y beneficios potenciales que los SE de apoyo tienen en las sociedades costeras u otros SE de aprovisionamiento, regulación o culturales.

En este sentido, los estudios futuros sobre SE proporcionados por DAS deberían considerar expandir su investigación para abordar cómo sus hallazgos podrían tener implicaciones sociales potenciales o estar relacionados con cualquiera de las otras categorías y resultados de DAS-

SE. Por lo tanto, existe una necesidad en el campo de la investigación del DAS para desarrollar más estudios interdisciplinarios que involucren a científicos socioambientales, hidrólogos y oceanógrafos para trabajar juntos.

### **Exploración de la literatura gris**

Este estudio demuestra lo poco relacionados que están la dimensión socioambiental y la descarga de aguas subterráneas submarinas, particularmente con los servicios culturales proporcionados por las DAS

Muchas de las publicaciones respecto a los SE culturales relacionados con DAS han sido publicados en la literatura gris y no reportados en la investigación científica convencional. Esta literatura gris se puede definir como “todos los documentos, excepto los artículos de revistas que aparecen en bases de datos electrónicas ampliamente conocidas y de fácil acceso, se considerarán literatura gris” (Cooper, Valentine y Hedges 2017).

Estas publicaciones generalmente están escritas en idiomas locales y, por lo tanto, se reconoce que, al centrarse únicamente en las publicaciones científicas escritas en inglés, esta revisión ha excluido tanto las publicaciones académicas en otros idiomas como la literatura gris.

Un aumento significativo en los resultados de búsqueda respecto a los SE informados podría haber estado sujeto a un análisis que contemple otros idiomas de búsqueda, además de incluir los documentos en papel. El conocimiento local también podría revelar mayor contenido de estudio de los SE proporcionada por DAS, y ello puede surgir en respuesta a que cada vez más investigadores locales se centren en las percepciones socioambientales y culturales, contemplando a su vez el conocimiento de la población local.

Por lo tanto, la investigación adicional debería intentar incorporar esta literatura gris, abordando el desafío de abordar los diferentes idiomas en los que se proporciona la mayor parte de la información. En este sentido, involucrar a los ciudadanos y las comunidades (ciencia ciudadana) para

informar sobre estos vínculos sociales-DAS puede contribuir de manera decisiva a producir una comprensión integral de las implicaciones sociales de DAS.

### **Una perspectiva de cambio global**

Este estudio proporciona, por primera vez, una descripción general y una clasificación de los Servicios del ecosistema vinculados a DAS (DAS-SE), así como las sinergias y compensaciones entre diferentes DAS-SE. Sin embargo, la escasez de literatura que relacione DAS con SE y el hecho de que los resultados obtenidos proporcionen una visión de un punto en el tiempo, significa que solo entendemos una pequeña fracción de las interacciones actuales entre los habitantes de la costa y DAS-SE.

Es importante destacar que los vínculos entre DAS y SE son de naturaleza dinámica, lo que implica que es probable que sus sinergias y compensaciones evolucionen continuamente junto con las sociedades y el entorno costero, tanto a escala local, regional como global. Esto es particularmente relevante en el contexto actual de cambio global.

En este sentido, es probable que la superpoblación de las zonas costeras continúe aumentando, aumentando la demanda de agua dulce y, por tanto, el aprovisionamiento de DAS-SE. Además, los recursos frescos se verían perjudicados por la probable disminución de las precipitaciones medias, debido al cambio climático, y el aumento de evapotranspiración en muchas regiones de latitudes medias y subtropicales (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014).

Dicho cambio implicaría una importante reducción de la entrada de DAS fresco en los océanos (Stigter et al. 2014) y un aumento del nivel del mar. También se espera que el alcance ~ 0,8 m para 2100 (Intergovernmental Panel on Climate Change 2014), afectando grandes áreas costeras y reduciendo el gradiente hidrológico y, en consecuencia, la cantidad de DAS fresca (Robinson et al. 2018).

La contaminación originada por múltiples factores antropogénicos sugiere impactos en los ciclos biogeoquímicos relacionados a la contaminación por nutrientes agrícolas de los acuíferos, mineros e los desechos industriales, las aguas residuales de las ciudades en crecimiento, entre otros (Laforteza y Chen 2016).

Dichos cambios en los acuíferos costeros afectarían directamente la calidad de la entrada de DAS al océano costero (por ejemplo, flujos de nutrientes, metales traza, contaminantes) y, por lo tanto, el papel de DAS en el ciclo de nutrientes, la productividad o el soporte del hábitat.

El aumento del nivel del mar probablemente también afectaría el ciclo de nutrientes y la productividad en las áreas costeras, movilizará contaminantes antropogénicos terrestres al mar e impactará críticamente aquellos hábitats con condiciones de baja salinidad que son respaldados por DAS (Michael, Russoniello y Byron 2013).

Por lo tanto, el cambio global definitivamente tendría un impacto en los Servicios de Ecosistemas de apoyo respaldados por DAS, incluido el ciclo del agua, el ciclo de los nutrientes, la producción primaria o los hábitats. Una vez que los SE de apoyo se ven afectados, todos los demás SE dependientes podrían verse afectados por efectos en cascada. Por ejemplo, la reducción de los hábitats, por falta de agua dulce, podría hacer desaparecer el control biológico, reducir la cantidad de alimento por reducción de la productividad o desplazamiento de especies.

Las actividades de ocio relacionadas con la DAS seca podrían poner en peligro la subsistencia de algunos SE culturales. En ese sentido, es necesario contemplar el cambio climático y sus efectos en el escenario de nuevos programas de gestión para preservar DAS-SE para las próximas generaciones, con especial énfasis en nuevas sinergias y compensaciones.

## **Valoración de los servicios ecosistémicos de descarga de aguas subterráneas submarinas**

Los servicios de los ecosistemas nacieron bajo la pregunta de "¿cuánto valen los servicios de la naturaleza?" (Wasteman 1977). Desde entonces se buscó valorar esos servicios, hasta que Daily (1997) y Costanza et al. (1997) elaboraron sus respectivas publicaciones, impulsando la investigación sobre Servicios Ecosistémicos durante más de dos décadas (Costanza et al. 2017).

Desde entonces, se estimó inicialmente que el valor económico de los servicios de los ecosistemas mundiales representaba billones de USD ( $10^{12}$ ) (Costanza et al. 1997) y los investigadores continúan buscando nuevas técnicas y categorizaciones para refinar estas evaluaciones (Costanza et al. 2017).

Sin embargo, hay SE que difícilmente se pueden valorar económicamente, como los SE de apoyo o culturales. Por lo tanto, los marcos alternativos que pueden integrar los valores no monetarios del DAS-SE (Wittmer y Gundimeda 2012) podrían ser más precisos para estudiar estos servicios y se están aplicando en todo el mundo.

Los servicios del ecosistema ya se han valorado en de praderas pastos marinos, marismas, manglares y pesquerías costeras (Himes-Cornell, Pendleton y Atiyah 2018). En la literatura sobre el DAS, la mayoría de los estudios normalmente evidencian la importancia del DAS relacionándolo indirectamente con las pesquerías o actividades económicas que rodean las áreas de descarga.

Aunque sigue habiendo una gran ambigüedad sobre cuál es el valor de DAS-SE (Burnett et al. 2018; Duarte et al. 2010; Pongkijvorasin et al. 2010), este estudio ofrece una oportunidad para científicos naturales y socioambientales para trabajar juntos y desarrollar enfoques monetarios y no monetarios para estimar los valores DAS-SE cuyos resultados pueden respaldar y orientar la

gestión y las políticas futuras para la evaluación y preservación de los servicios de los ecosistemas respaldados por la descarga de aguas subterráneas submarinas.



## V. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. Este estudio revisa el conocimiento existente sobre las implicaciones sociales de la Descarga Submarina de Aguas Subterráneas (DAS) desde una perspectiva de servicios ecosistémicos. También se ofrece por primera vez un marco conceptual y analítico para identificar y clasificar los servicios ecosistémicos proporcionados por DAS y sus efectos en el bienestar de las sociedades locales con base en la del Evaluación de Ecosistemas Milenio (Hassan, Scholes y Ash 2005).
2. Desde el uso de DAS como recurso hídrico hasta su influencia cultural, este proceso y sus zonas de influencia (GDE costero) ha demostrado estar profundamente arraigado en muchas sociedades costeras. En todo el mundo, la mayoría de los SE descritos en la literatura científica en inglés están relacionados con las categorías de apoyo y aprovisionamiento. Sin embargo, se ha comprobado que los SEE reguladores son fundamentales para las sociedades costeras en las cuatro categorías (Apoyo, Aprovisionamiento, Regulación y Cultural), aunque los SE reguladores y culturales no han recibido mucha atención hasta ahora.
3. Además, los DAS-SE identificados en la literatura académica también han demostrado que rara vez se encuentran en un escenario en el que todos ganan. Por el contrario, en la mayoría de los estudios se pueden identificar fuertes sinergias entre las diferentes categorías de SE que normalmente tienen que terminar en un escenario de compensación. Estas compensaciones pueden convertirse en una confrontación social o incluso en conflictos, que requieren más intervenciones en términos de políticas y estrategias de gestión.

4. Además, es importante considerar que, a escala local y regional, los servicios costeros vinculados a la DGE tienen un papel clave para la supervivencia y mantenimiento de muchas sociedades costeras y su bienestar, y más aún en el contexto actual de cambio climático. Por lo tanto, esta línea de investigación ofrece la oportunidad de explorar el papel diferente de los DAS en el bienestar social para comprender mejor esas relaciones desde los lentes de la interdisciplinariedad.
  
5. Este estudio contribuye así a cerrar la brecha entre la investigación natural y social sobre el tema de las EEG. Desentrañar el SE derivado de DAS ofrece una oportunidad para nuevas percepciones académicas, así como evidencia y conocimiento novedosos para administradores y formuladores de políticas para la preservación y gestión de los ecosistemas costeros mientras se defiende el bienestar de las sociedades costeras.

## VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Predecir los impactos del cambio climático en la DAS es un desafío pendiente. Es necesario evaluar los impactos sobre la DAS por el aumento del nivel del mar y los cambios en las precipitaciones y / o evapotranspiración. Es fundamental que se sigan colaborando con los investigadores del cambio climático.
2. Si bien se han intentado estimaciones globales de DAS y aportes de nutrientes disueltos asociados con DAS, persisten las incertidumbres. Ahora podemos decir con cierto grado de certeza que la descarga de agua subterránea dulce contribuye con menos de un pequeño porcentaje de las entradas fluviales y la descarga salina es varias veces más alta que la de los ríos. Sin embargo, aún se nos escapan evaluaciones más precisas. Las estimaciones globales de los flujos derivados del DAS para elementos clave como el carbono y el hierro siguen sin estar disponibles.
3. DAS es una descarga de agua relativamente estable a través de un estuario subterráneo hacia el medio costero. Por lo tanto, la "estabilidad" de la DAS puede ser muy diferente de la descarga de los ríos y dar forma al medio ambiente de varias maneras. Una mejor comprensión de las funciones de los ecosistemas y los vínculos con el DAS aclarará los impactos correspondientes, lo que ayudará a mejorar la gestión hacia un entorno costero más sostenible.
4. DAS ahora se reconoce como una vía importante entre la tierra y el mar. En algunos casos, DAS puede ser la vía más importante. Se ha demostrado aquí que la DAS tiene una relación con otras partes del continuo costero y tiene relevancia desde muchos puntos de vista diferentes. Los próximos pasos son cuantificar aún más los roles

interconectados que permiten predecir los impactos del cambio de DAS dentro de la zona costera.

5. En función a los hallazgos de esta investigación, algunas recomendaciones son relevantes y absolutamente necesarias, estas recomendaciones se han encontrado en esta revisión sistemática para proporcionar iluminación para futuras investigaciones dirigidas a resolver problemas de investigación relacionados con el DAS y el SE en cierta medida.

## REFERENCIAS

- ABAYA, L.M., WIEGNER, T.N., BEETS, J.P., COLBERT, S.L., CARLSON, K.M. y KRAMER, K.L., 2018. Spatial distribution of sewage pollution on a Hawaiian coral reef. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 130, no. September 2017, pp. 335-347. ISSN 18793363. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.03.028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.028>.
- AGUILERA, R. y ARROYO, P., 2016. ¿Revisión Sistemática?, ¿Metaanálisis? O ¿Resumen de Revisiones Sistemáticas? *Nutrición Hospitalaria* [en línea], vol. 33, no. 2, pp. 503-504. DOI 10.20960/nh.528. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.20960/nh.528>.
- ALORDA-KLEINGLASS, A., GARCIA-ORELLANA, J., RODELLAS, V., CERDÀ-DOMÈNECH, M., TOVAR-SÁNCHEZ, A., DIEGO-FELIU, M., TREZZI, G., SÁNCHEZ-QUILEZ, D., SANCHEZ-VIDAL, A. y CANALS, M., 2019. Remobilization of dissolved metals from a coastal mine tailing deposit driven by groundwater discharge and porewater exchange. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 688, pp. 1359-1372. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.06.224. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.224>.
- AMATO, D.W., BISHOP, J.M., GLENN, C.R., DULAI, H. y SMITH, C.M., 2016. Impact of submarine groundwater discharge on marine water quality and reef biota of Maui. *PLoS ONE* [en línea], vol. 11, no. 11, pp. 1-28. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0165825. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165825>.
- ANDERSON, D.M., HOAGLAND, P., KAORU, Y. y WHITE, A.W., 2000. Estimated annual economic impacts from harmful algal blooms (HABs) in the United States. *Estimated annual economic impacts from harmful algal blooms (HABs) in the United States* [en línea], DOI 10.1575/1912/96. Disponible en: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA386861>.

- ANDRISOA, A., LARTAUD, F., RODELLAS, V., NEVEU, I. y STIEGLITZ, T.C., 2019. Enhanced Growth Rates of the Mediterranean Mussel in a Coastal Lagoon Driven by Groundwater Inflow. *Frontiers in Marine Science* [en línea], vol. 6, no. December, pp. 1-14. ISSN 22967745. DOI 10.3389/fmars.2019.00753. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00753>.
- AYOUB;, G., KHOURY;, R., GHANNAM;, J., ACRA, A. y HAMDAR, B., 2002. Exploitation of submarine springs in Lebanon: assessment of potential. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua* [en línea], vol. 51, no. 1, pp. 47-64. DOI 10.2166/aqua.2002.0005. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/aqua.2002.0005>.
- BAKALOWICZ, M., 2018. Coastal Karst groundwater in the mediterranean: A resource to be preferably exploited onshore, not from Karst Submarine springs. *Geosciences (Switzerland)* [en línea], vol. 8, no. 7. ISSN 20763263. DOI 10.3390/geosciences8070258. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/geosciences8070258>.
- BAKKEN, T.H., RUDEN, F. y MANGSET, L.E., 2012. Submarine groundwater: A new concept for the supply of drinking water. *Water Resources Management* [en línea], vol. 26, no. 4, pp. 1015-1026. ISSN 09204741. DOI 10.1007/s11269-011-9806-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9806-1>.
- BARNAUD, C., CORBERA, E., MURADIAN, R., SALLIOU, N., SIRAMI, C., VIALATTE, A., CHOISIS, J.P., DENDONCKER, N., MATHEVET, R., MOREAU, C., REYES-GARCÍA, V., BOADA, M., DECONCHAT, M., CIBIEN, C., GARNIER, S., MANEJA, R. y ANTONA, M., 2018. Ecosystem services, social interdependencies, and collective action: A conceptual framework. *Ecology and Society* [en línea], vol. 23, no. 1. ISSN 17083087. DOI 10.5751/ES-09848-230115. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/26799064>.
- BIGGS, R., PETERSON, G.D., ROCHA, J.C. y MA, 2005, 2005. PROPERTY RIGHTS , AND H UMAN W EL-BEING : ACROSS-NATIONAL STUDY The Case of Poor Countries. *Business* [en línea], vol. 18, no. 2, pp. 54. ISSN 17083087. Disponible en: <http://www.bioquest.org/wp-content/blogs.dir/files/2009/06/ecosystems-and-health.pdf>.

- BLANCO, A.C., NADAOKA, K. y YAMAMOTO, T., 2008. Planktonic and benthic microalgal community composition as indicators of terrestrial influence on a fringing reef in Ishigaki Island, Southwest Japan. *Marine Environmental Research* [en línea], vol. 66, no. 5, pp. 520-535. ISSN 01411136. DOI 10.1016/j.marenvres.2008.08.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2008.08.005>.
- BLANCO, A.C., WATANABE, A., NADAOKA, K., MOTOOKA, S., HERRERA, E.C. y YAMAMOTO, T., 2011. Estimation of nearshore groundwater discharge and its potential effects on a fringing coral reef. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 62, no. 4, pp. 770-785. ISSN 0025326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2011.01.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.01.005>.
- BROSNAN, T., BECKER, M.W. y LIPO, C.P., 2019. Coastal groundwater discharge and the ancient inhabitants of Rapa Nui (Easter Island), Chile. *Hydrogeology Journal* [en línea], vol. 27, no. 2, pp. 519-534. ISSN 14350157. DOI 10.1007/s10040-018-1870-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1870-7>.
- BURNETT, K.M., WADA, C.A., TANIGUCHI, M., SUGIMOTO, R. y TAHARA, D., 2018. Evaluating the tradeoffs between groundwater pumping for snow-melting and nearshore fishery productivity in Obama City, Japan. *Water (Switzerland)* [en línea], vol. 10, no. 11. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w10111556. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w10111556>.
- CHANGE, I.P. on C., 2007. *Climate Change 2007-Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II* [en línea]. S.I.: Cambridge University Press. ISBN 9780080449104. Disponible en: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=TNo-SeGpn7wC&oi=fnd&pg=PA81&ots=vR5yvc\\_pmB&sig=ofkFpB6A\\_VEk\\_Ulz3OBnmVx291Y](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=TNo-SeGpn7wC&oi=fnd&pg=PA81&ots=vR5yvc_pmB&sig=ofkFpB6A_VEk_Ulz3OBnmVx291Y).
- CHO, H.M., KIM, G., KWON, E.Y., MOOSDORF, N., GARCIA-ORELLANA, J. y SANTOS, I.R., 2018. Radium tracing nutrient inputs through submarine groundwater discharge in the global ocean. *Scientific Reports* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 4-10. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-018-20806-2. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-20806-2>.

- CLENDENON, C., 2009. Ancient Greek hydromyths about the submarine transport of terrestrial fresh water through seabeds offshore of Karstic regions. *Acta Carsologica* [en línea], vol. 38, no. 2-3, pp. 293-302. ISSN 15802612. DOI 10.3986/ac.v38i2-3.129. Disponible en: <https://doi.org/10.3986/ac.v38i2-3.129>.
- COOPER, H.M., VALENTINE, J.C. y HEDGES, L. V., 2017. *Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis* [en línea]. 2nd Editio. New York: RUSSELL SAGE FOUNDATION. ISBN 9780871541635. Disponible en: [https://www.daneshnamehicsa.ir/userfiles/files/1/9-The Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis.pdf#page=113](https://www.daneshnamehicsa.ir/userfiles/files/1/9-The%20Handbook%20of%20Research%20Synthesis%20and%20Meta-Analysis.pdf#page=113).
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P. y VAN DEN BELT, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature TA - TT* - [en línea], vol. 387, no. 6630, pp. 253-260. ISSN 0028-0836. Disponible en: <https://www-nature-com.ezproxy.royalroads.ca/articles/387253a0.pdf>.
- COSTANZA, R., DE GROOT, R., BRAAT, L., KUBISZEWSKI, I., FIORAMONTI, L., SUTTON, P., FARBER, S. y GRASSO, M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* [en línea], vol. 28, pp. 1-16. ISSN 22120416. DOI 10.1016/j.ecoser.2017.09.008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- CROOK, E.D., POTTS, D., REBOLLEDO-VIEYRA, M., HERNANDEZ, L. y PAYTAN, A., 2012. Calcifying coral abundance near low-pH springs: Implications for future ocean acidification. *Coral Reefs* [en línea], vol. 31, no. 1, pp. 239-245. ISSN 07224028. DOI 10.1007/s00338-011-0839-y. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0839-y>.
- DADHICH, A.P., NADAOKA, K., MOTOMURA, Y. y WATANABE, A., 2017. Potential impacts of land use change dynamics and submarine groundwater discharge on fringing reefs of Kuroshima Island, Japan. *Journal of Coastal Conservation* [en línea], vol. 21, no. 1, pp. 245-254. ISSN 18747841. DOI 10.1007/s11852-017-0495-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11852-017-0495-7>.



- DAILY, G.C., 1997. Nature's services. [en línea], pp. 392. Disponible en: <http://willsull.net/la370/resources/Module-2/Daily.pdf>.
- DARNELL, K.M. y DUNTON, K.H., 2017. Plasticity in turtle grass (*Thalassia testudinum*) flower production as a response to porewater nitrogen availability. *Aquatic Botany* [en línea], vol. 138, pp. 100-106. ISSN 03043770. DOI 10.1016/j.aquabot.2017.01.007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.01.007>.
- DEVRIES, T., SARMIENTO, J.L., CHARETTE, M.A. y CHO, Y., 2014. Isotope Model. *Geophysical Research Letters* [en línea], pp. 8438-8444. DOI 10.1002/2014GL061574. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2014GL061574>.
- DUARTE, T., PONGKIJVORASIN, S., ROUMASSET, J., AMATO, D. y BURNETT, K., 2010. Optimal management of a Hawaiian coastal aquifer with nearshore marine ecological interactions. *Water Resources Research* [en línea], vol. 46, no. 11, pp. 1-12. ISSN 00431397. DOI 10.1029/2010WR009094. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2010WR009094>.
- DZIERZBICKA-GŁOWACKA, L., JANECKI, M., DYBOWSKI, D., SZYMCZYCHA, B., OBARSKA-PEMPKOWIAK, H., WOJCIECHOWSKA, E., ZIMA, P., PIETRZAK, S., PAZIKOWSKA-SAPOTA, G., JAWORSKA-SZULC, B., NOWICKI, A., KŁOSTOWSKA, Ż., SZYMKIEWICZ, A., GALERTATAROWICZ, K., WICHOROWSKI, M., BIAŁOSKÓRSKI, M. y PUSZKARCZUK, T., 2019. A new approach for investigating the impact of pesticides and nutrient flux from agricultural holdings and land-use structures on baltic sea coastal waters. *Polish Journal of Environmental Studies* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 2531-2539. ISSN 12301485. DOI 10.15244/pjoes/92524. Disponible en: <https://doi.org/10.15244/pjoes/92524>.
- EROSTATE, M., HUNEAU, F., GAREL, E., GHIOTTI, S., VYSTAVNA, Y., GARRIDO, M. y PASQUALINI, V., 2020. Groundwater dependent ecosystems in coastal Mediterranean regions: Characterization, challenges and management for their protection. *Water Research* [en línea], vol. 172, pp. 115461. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2019.115461. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115461>.

- FOLEY, L.J., 2018. Karst-channelled intertidal submarine groundwater discharge (SGD) conditions the form of the rock pool sessile assemblage. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* [en línea], vol. 213, pp. 236-244. ISSN 02727714. DOI 10.1016/j.ecss.2018.08.014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.08.014>.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013. Les sources sous-marines de la baie de Kastela, morphologie, structure hydrologique, conditions hydrogeologiques, relations geotectoniques. [en línea]. S.I.: Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300317764>.
- FUTCH, J.C., GRIFFIN, D.W. y LIPP, E.K., 2010. Human enteric viruses in groundwater indicate offshore transport of human sewage to coral reefs of the Upper Florida Keys. *Environmental Microbiology* [en línea], vol. 12, no. 4, pp. 964-974. ISSN 14622912. DOI 10.1111/j.1462-2920.2010.02141.x. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02141.x>.
- GARCIA-ORELLANA, J., LÓPEZ-CASTILLO, E., CASACUBERTA, N., RODELLAS, V., MASQUÉ, P., CARMONA-CATOT, G., VILARRASA, M. y GARCÍA-BERTHOU, E., 2016. Influence of submarine groundwater discharge on <sup>210</sup>Po and <sup>210</sup>Pb bioaccumulation in fish tissues. *Journal of Environmental Radioactivity* [en línea], vol. 155-156, pp. 46-54. ISSN 18791700. DOI 10.1016/j.jenvrad.2016.02.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.005>.
- GARCIA-ORELLANA, J., RODELLAS, V., TAMBORSKI, J., DIEGO-FELIU, M., VAN BEEK, P., WEINSTEIN, Y., CHARETTE, M., ALORDA-KLEINGLASS, A., MICHAEL, H.A., STIEGLITZ, T. y SCHOLTEN, J., 2021. Radium isotopes as submarine groundwater discharge (SGD) tracers: Review and recommendations. *Earth-Science Reviews* [en línea], vol. 220, pp. 103681. ISSN 00128252. DOI 10.1016/j.earscirev.2021.103681. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103681>.
- GLENN, C.R., WHITTIER, R.B., DAILER, M.L., DULAIIOVA, H., EL-KADI, A.I., FACKRELL, J., KELLY, J.L. y WATERS, C.A., 2012. LAHAINA GROUNDWATER TRACER Final Interim Report. [en línea]. S.I.: Disponible en: <http://hdl.handle.net/10125/50768>.

- HASSAN, R.M., SCHOLLES, R. y ASH, N., 2005. Ecosystems and Human Well-being - Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. *The Millennium Ecosystem Assessment Series (v. 1)* [en línea], no. January, pp. xxi, 917. ISSN 15596322. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015043162>.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología De La Investigación - La ruta cuantitativa, cualitativa y mixta* [en línea]. 1°. México D.F.: Mc Graw Hill Education. ISBN 9781456260965. Disponible en: <https://bit.ly/3fA7hEp>.
- HIMES-CORNELL, A., PENDLETON, L. y ATIYAH, P., 2018. Valuing ecosystem services from blue forests: A systematic review of the valuation of salt marshes, sea grass beds and mangrove forests. *Ecosystem Services* [en línea], vol. 30, pp. 36-48. ISSN 22120416. DOI 10.1016/j.ecoser.2018.01.006. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.006>.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014. *Summary for policymakers, climate change 2014: synthesis report Contribution of Working Groups* [en línea]. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 9781139177245. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.
- KOTWICKI, L., GRZELAK, K., CZUB, M., DELLWIG, O., GENTZ, T., SZYMCZYCHA, B. y BÖTTCHER, M.E., 2014. Submarine groundwater discharge to the Baltic coastal zone: Impacts on the meiofaunal community. *Journal of Marine Systems* [en línea], vol. 129, pp. 118-126. ISSN 09247963. DOI 10.1016/j.jmarsys.2013.06.009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.06.009>.
- KWON, H.K., KANG, H., OH, Y.H., PARK, S.R. y KIM, G., 2017. Green tide development associated with submarine groundwater discharge in a coastal harbor, Jeju, Korea. *Scientific Reports* [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 1-9. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-017-06711-0. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-06711-0>.

- LAFORTEZZA, R. y CHEN, J., 2016. The provision of ecosystem services in response to global change: Evidences and applications. *Environmental Research* [en línea], vol. 147, pp. 576-579. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2016.02.018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.02.018>.
- LAURIER, F.J.G., COSSA, D., BEUCHER, C. y BRÉVIÈRE, E., 2007. The impact of groundwater discharges on mercury partitioning, speciation and bioavailability to mussels in a coastal zone. *Marine Chemistry* [en línea], vol. 104, no. 3-4, pp. 143-155. ISSN 03044203. DOI 10.1016/j.marchem.2006.10.010. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2006.10.010>.
- LECHER, A.L. y MACKEY, K.R.M., 2018. Synthesizing the effects of submarine groundwater discharge on Marine Biota. *Hydrology* [en línea], vol. 5, no. 4, pp. 1-21. ISSN 23065338. DOI 10.3390/hydrology5040060. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/hydrology5040060>.
- LEE, Y.W., KIM, G., LIM, W.A. y HWANG, D.W., 2010. A relationship between submarine groundwater-borne nutrients traced by Ra isotopes and the intensity of dinoflagellate red-tides occurring in the southern sea of Korea. *Limnology and Oceanography* [en línea], vol. 55, no. 1, pp. 1-10. ISSN 00243590. DOI 10.4319/lo.2010.55.1.0001. Disponible en: <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.1.0001>.
- LILKENDEY, J., PISTERNICK, T., NEUMANN, S.I., DUMUR NEELAYYA, D., BRÖHL, S., NEEHAUL, Y. y MOOSDORF, N., 2019. Fresh Submarine Groundwater Discharge Augments Growth in a Reef Fish. *Frontiers in Marine Science* [en línea], vol. 6, no. October, pp. 1-11. ISSN 22967745. DOI 10.3389/fmars.2019.00613. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00613>.
- LINARES-ESPINÓS, E., HERNÁNDEZ, V., DOMÍNGUEZ-ESCRIG, J.L., FERNÁNDEZ-PELLO, S., HEVIA, V., MAYOR, J., PADILLA-FERNÁNDEZ, B. y RIBAL, M.J., 2018. Methodology of a systematic review. *Actas Urológicas Españolas* [en línea], vol. 42, no. 8, pp. 499-506. ISSN 02104806. DOI 10.1016/j.acuro.2018.01.010. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.acuroe.2018.07.002>.

- LIRMAN, D., ORLANDO, B., MACIÁ, S., MANZELLO, D., KAUFMAN, L., BIBER, P. y JONES, T., 2003. Coral communities of Biscayne Bay, Florida and adjacent offshore areas: Diversity, abundance, distribution, and environmental correlates. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* [en línea], vol. 13, no. 2, pp. 121-135. ISSN 10527613. DOI 10.1002/aqc.552. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/aqc.552>.
- LUIJENDIJK, E., GLEESON, T. y MOOSDORF, N., 2020. Fresh groundwater discharge insignificant for the world's oceans but important for coastal ecosystems. *Nature Communications* [en línea], vol. 11, no. 1. ISSN 20411723. DOI 10.1038/s41467-020-15064-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15064-8>.
- MACHADO, D.A. y IMBERGER, J., 2014. Modeling the impact of natural and anthropogenic nutrient sources on phytoplankton dynamics in a shallow coastal domain, Western Australia. *Environmental Fluid Mechanics* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 87-111. ISSN 15677419. DOI 10.1007/s10652-013-9296-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10652-013-9296-1>.
- MCDERMID, K.J., MARTIN, K.J. y HAWS, M.C., 2019. Seaweed resources of the Hawaiian Islands. *Botanica Marina* [en línea], vol. 62, no. 5, pp. 443-462. ISSN 14374323. DOI 10.1515/bot-2018-0091. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/bot-2018-0091>.
- MICHAEL, H.A., RUSSONIELLO, C.J. y BYRON, L.A., 2013. Global assessment of vulnerability to sea-level rise in topography-limited and recharge-limited coastal groundwater systems. *Water Resources Research* [en línea], vol. 49, no. 4, pp. 2228-2240. ISSN 19447973. DOI 10.1002/wrcr.20213. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/wrcr.20213>.
- MIGNÉ, A., OUISSE, V., HUBAS, C. y DAVOULT, D., 2011. Freshwater seepages and ephemeral macroalgae proliferation in an intertidal bay: II. Effect on benthic biomass and metabolism. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* [en línea], vol. 92, no. 1, pp. 161-168. ISSN 02727714. DOI 10.1016/j.ecss.2010.12.023. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.023>.

- MILLER, D.C. y ULLMAN, W.J., 2004. Ecological consequences of ground water discharge to Delaware Bay, United States. *Ground Water* [en línea], vol. 42, no. 7, pp. 959-970. ISSN 0017467X. DOI 10.1111/j.1745-6584.2004.tb02635.x. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2004.tb02635.x>.
- MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J. y ALTMAN, D.G., 2010. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery* [en línea], vol. 8, no. 5, pp. 336-341. ISSN 17439191. DOI 10.1016/j.ijssu.2010.02.007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2010.02.007>.
- MOOSDORF, N. y OEHLER, T., 2017. Earth-Science Reviews Societal use of fresh submarine groundwater discharge: An overlooked water resource. *Earth-Science Reviews* [en línea], vol. 171, no. April, pp. 338-348. ISSN 0012-8252. DOI 10.1016/j.earscirev.2017.06.006. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.006>.
- MURRAY, I., 2006. Menorca y sus ciudades. Otra rareza menorquina en las Balears. *Universitat de les Illes Balears* [en línea], pp. 17-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Murray/publication/268630577\\_Menorca\\_y\\_sus\\_ciudades\\_Otra\\_rareza\\_menorquina\\_en\\_las\\_Balears/links/547c41700cf2a961e489edad/Menorca-y-sus-ciudades-Otra-rareza-menorquina-en-las-Balears.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Murray/publication/268630577_Menorca_y_sus_ciudades_Otra_rareza_menorquina_en_las_Balears/links/547c41700cf2a961e489edad/Menorca-y-sus-ciudades-Otra-rareza-menorquina-en-las-Balears.pdf).
- NACE, R., 1967. Are We Running Out of Water? *IDA Journal of Desalination and Water Reuse* [en línea], vol. 2, no. 3, pp. 1-1. ISSN 1947-7953. DOI 10.1179/ida.2010.2.3.1. Disponible en: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=fI5kZjWVSxIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Are+we+running+out+of+water&ots=exwevRJLB1&sig=G5lIEz0PJ16dTmPA9s2j1CgiB0o>.
- OWARD, J., FREELANDDAVID, M. y LEVINGS, F., 1980. *Fjord Oceanography* [en línea]. Boston: Springer. ISBN 9780415475976. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3105-6>.

- PETERSON, B.J., STUBLER, A.D., WALL, C.C. y GOBLER, C.J., 2012. Nitrogen-rich groundwater intrusion affects productivity, but not herbivory, of the tropical seagrass *thalassia testudinum*. *Aquatic Biology* [en línea], vol. 15, no. 1, pp. 1-9. ISSN 18647782. DOI 10.3354/ab00413. Disponible en: <https://doi.org/10.3354/ab00413>.
- PETTICREW, M. y ROBERTS, H., 2008. *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide* [en línea]. I. S.I.: Wiley Online Library. ISBN 1405121106. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470754887>.
- PIRONET, F. y JONES, J., 2000. Treatments for ectoparasites and diseases in captive Western Australian dhufish. *Aquaculture International* [en línea], vol. 8, no. 4, pp. 349-361. ISSN 09676120. DOI 10.1023/A:1009257011431. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1009257011431>.
- PONGKIJVORASIN, S., ROUMASSET, J., DUARTE, T.K. y BURNETT, K., 2010. Renewable resource management with stock externalities: Coastal aquifers and submarine groundwater discharge. *Resource and Energy Economics* [en línea], vol. 32, no. 3, pp. 277-291. ISSN 09287655. DOI 10.1016/j.reseneeco.2009.09.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.reseneeco.2009.09.001>.
- PROUTY, N., COHEN, A., YATES, K., STORLAZZI, C.D., SWARZENSKI, P.W. y WHITE, D., 2017. Vulnerability of coral reefs to bioerosion from land-based sources of pollution. *AGU Journals* [en línea], vol. 122, no. 12, pp. 1-46. DOI 10.1002/2017JC013264. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2017JC013264>.
- PUKUY, M., 1968. Songs (Meles) of Old Ka'u, Hawaii. *American Folklore Society* [en línea], vol. XXIII, no. 1September 1968 No. 4, pp. 589-609. DOI 10.2307/537201. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/537201>.
- RESERVOIR SEDIMENTATION AND WATER RESOURCES, 2015. *Determination of large wood accumulaton in steep forested torrent using* [en línea]. III. S.I.: Springer. ISBN 9783319090535. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09054-2>.

- RICHARDSON, C.M., DULAI, H., POPP, B.N., RUTTENBERG, K. y FACKRELL, J.K., 2017. Submarine groundwater discharge drives biogeochemistry in two Hawaiian reefs. *Limnology and Oceanography* [en línea], vol. 62, pp. S348-S363. ISSN 19395590. DOI 10.1002/lno.10654. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/lno.10654>.
- RICHARDSON, S., IRVINE, E., FROEND, R., BOON, P., BARBER, S. y BONNEVILLE, B., 2011. *Australian groundwater-dependent ecosystems toolbox part 1: assessment framework*. S.I.: National Water Commission. ISBN 9781921853531.
- ROBINSON, C.E., XIN, P., SANTOS, I.R., CHARETTE, M.A., LI, L. y BARRY, D.A., 2018. Groundwater dynamics in subterranean estuaries of coastal unconfined aquifers: Controls on submarine groundwater discharge and chemical inputs to the ocean. *Advances in Water Resources* [en línea], vol. 115, pp. 315-331. ISSN 03091708. DOI 10.1016/j.advwatres.2017.10.041. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.10.041>.
- RODELLAS, V., STIEGLITZ, T.C., ANDRISOA, A., COOK, P.G., RAIMBAULT, P., TAMBORSKI, J.J., VAN BEEK, P. y RADAKOVITCH, O., 2018. Groundwater-driven nutrient inputs to coastal lagoons: The relevance of lagoon water recirculation as a conveyor of dissolved nutrients. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 642, pp. 764-780. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.06.095. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.095>.
- RUIZ-GONZÁLEZ, C., RODELLAS, V. y GARCIA-ORELLANA, J., 2021. The microbial dimension of submarine groundwater discharge: current challenges and future directions. *FEMS Microbiology Reviews* [en línea], vol. 45, no. 5, pp. 1-25. ISSN 0168-6445. DOI 10.1093/femsre/fuab010. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab010>.
- RÜTZLER, K., 1996. Sponge diving-Professional but not for profit. *Academy of Underwater Sciences* [en línea], Disponible en: <http://hdl.handle.net/10088/7695>.



- SANIAL, V., BUESSELER, K.O., CHARETTE, M.A. y NAGAO, S., 2017. Unexpected source of Fukushima-derived radiocesium to the coastal ocean of Japan. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [en línea], vol. 114, no. 42, pp. 11092-11096. ISSN 10916490. DOI 10.1073/pnas.1708659114. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1708659114>.
- SANTOS, I.R., CHEN, X., LECHER, A.L., SAWYER, A.H., MOOSDORF, N., RODELLAS, V., TAMBORSKI, J., CHO, H.M., DIMOVA, N., SUGIMOTO, R., BONAGLIA, S., LI, H., HAJATI, M.C. y LI, L., 2021. Submarine groundwater discharge impacts on coastal nutrient biogeochemistry. *Nature Reviews Earth and Environment* [en línea], vol. 2, no. 5, pp. 307-323. ISSN 2662138X. DOI 10.1038/s43017-021-00152-0. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s43017-021-00152-0>.
- SAUNDERS, M. y LUCK, G., 2016. Limitations of the Ecosystem Services versus Disservices Dichotomy. *Ekp* [en línea], vol. 13, no. 3, pp. 1576-1580. DOI 10.1111/cobi.12740. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173033583>.
- SEBENS, K., SARÀ, G. y NISHIZAKI, M., 2016. *Marine Animal Forests* [en línea]. I. S.I.: Springer International Publishing. ISBN 9783319210117. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21012-4>.
- SHOJI, J. y TOMINAGA, O., 2018. Relationships Between Submarine Groundwater Discharge and Coastal Fisheries as a Water-Food Nexus. *Marine Science and Technology* [en línea], pp. 117-131. DOI 10.1007/978-981-10-7383-0\_9. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7383-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7383-0_9).
- SPALT, N., MURGULET, D. y ABDULLA, H., 2020. Spatial variation and availability of nutrients at an oyster reef in relation to submarine groundwater discharge. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 710, pp. 136283. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136283. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136283>.

- STIEGLITZ, T.C. y DUJON, A.M., 2017. A groundwater-fed coastal inlet as habitat for the Caribbean queen conch *Lobatus gigas*-an acoustic telemetry and space use analysis. *Marine Ecology Progress Series* [en línea], vol. 571, pp. 139-152. ISSN 01718630. DOI 10.3354/meps12123. Disponible en: <http://www.int-res.com/abstracts/meps/v571/p139-152/>.
- STIGTER, T.Y., NUNES, J.P., PISANI, B., FAKIR, Y., HUGMAN, R., LI, Y., TOMÉ, S., RIBEIRO, L., SAMPER, J., OLIVEIRA, R., MONTEIRO, J.P., SILVA, A., TAVARES, P.C.F., SHAPOURI, M., CANCELA DA FONSECA, L. y EL HIMER, H., 2014. Comparative assessment of climate change and its impacts on three coastal aquifers in the Mediterranean. *Regional Environmental Change* [en línea], vol. 14, no. SUPPL.1, pp. 41-56. ISSN 14363798. DOI 10.1007/s10113-012-0377-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0377-3>.
- SZYMCZYCHA, B., BORECKA, M., BIAŁK-BIELIŃSKA, A., SIEDLEWICZ, G. y PAZDRO, K., 2020. Submarine groundwater discharge as a source of pharmaceutical and caffeine residues in coastal ecosystem: Bay of Puck, southern Baltic Sea case study. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 713. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.136522. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136522>.
- TAMBORSKI, J., VAN BEEK, P., CONAN, P., PUJO-PAY, M., ODOBEL, C., GHIGLIONE, J.F., SEIDEL, J.L., ARFIB, B., DIEGO-FELIU, M., GARCIA-ORELLANA, J., SZAFRAN, A. y SOUHAUT, M., 2020. Submarine karstic springs as a source of nutrients and bioactive trace metals for the oligotrophic Northwest Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 732, pp. 1-14. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139106. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139106>.
- TANIGUCHI, M., DULAI, H., BURNETT, K.M., SANTOS, I.R., SUGIMOTO, R., STIEGLITZ, T., KIM, G., MOOSDORF, N. y BURNETT, W.C., 2019. Submarine Groundwater Discharge: Updates on Its Measurement Techniques, Geophysical Drivers, Magnitudes, and Effects. *Frontiers in Environmental Science* [en línea], vol. 7. ISSN 2296665X. DOI 10.3389/fenvs.2019.00141. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00141>.

- UNESCO, 2015. Management of Coastal Aquifers and Coastal Aquifers and. *Strategic Partnership for the Mediterranean Sea Large Marine Ecosystem* [en línea], Disponible en: <https://scholar.google.com/scholar?q=Final Report on Mediterranean Coastal Aquifers and Groundwater Including the Coastal Aquifer Supplement to the TDA-MED and the Subregional Action Plans. Paris: Strategic Partnership for the Mediterranean Sea Large Mari.>
- UTSUNOMIYA, T., HATA, M., SUGIMOTO, R., HONDA, H., KOBAYASHI, S., MIYATA, Y., YAMADA, M., TOMINAGA, O., SHOJI, J. y TANIGUCHI, M., 2017. Higher species richness and abundance of fish and benthic invertebrates around submarine groundwater discharge in Obama Bay, Japan. *Journal of Hydrology: Regional Studies* [en línea], vol. 11, pp. 139-146. ISSN 22145818. DOI 10.1016/j.ejrh.2015.11.012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.012>.
- WARREN, C., 2020. 'Hydrologists should be happy.' Big Supreme Court ruling bolsters groundwater science. *Science Science* [en línea]. [Consulta: 22 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.science.org/content/article/scotus-clean-water>.
- WASTEMAN, W.E., 1977. How Much Are Nature's Services Worth? *Science* [en línea], vol. 197, no. 4307, pp. 960-964. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1744285>.
- WITTMER, H. y GUNDIMEDA, H., 2012. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Local and Regional Policy and Management* [en línea]. 1st Editio. London: Routledge. ISBN 9781849712521. Disponible en: <https://doi.org/10.4324/9780203124307>.
- WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, 2006. *Marine and Coastal Ecosystems and Human Well-Being* [en línea]. VIII. Nairobi: Division of Early Warning and Assessment. ISBN 928072679X. Disponible en: <https://digitallibrary.un.org/record/584556>.

- YAU, V.M., SCHIFF, K.C., ARNOLD, B.F., GRIFFITH, J.F., GRUBER, J.S., WRIGHT, C.C., WADE, T.J., BURNS, S., HAYES, J.M., MCGEE, C., GOLD, M., CAO, Y., BOEHM, A.B., WEISBERG, S.B. y COLFORD, J.M., 2014. Effect of submarine groundwater discharge on bacterial indicators and swimmer health at Avalon Beach, CA, USA. *Water Research* [en línea], vol. 59, pp. 23-36. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2014.03.050. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.050>.
- ZEKTZER, I.S., IVANOV, V.A. y MESKHETELI, A. V., 1973. The problem of direct groundwater discharge to the seas. *Journal of Hydrology* [en línea], vol. 20, no. 1, pp. 1-36. ISSN 00221694. DOI 10.1016/0022-1694(73)90042-5. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(73\)90042-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(73)90042-5).
- ZHOU, Y.Q., SAWYER, A.H., DAVID, C.H. y FAMIGLIETTI, J.S., 2019. Fresh Submarine Groundwater Discharge to the Near-Global Coast. *Geophysical Research Letters* [en línea], vol. 46, no. 11, pp. 5855-5863. ISSN 19448007. DOI 10.1029/2019GL082749. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2019GL082749>.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Nosotros, GIULIANO BAUTISTA CRUZ CHOQUE y LUIS ALBERTO BELTRAN VILCA, egresados de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "IMPLICACIONES DE LA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA SUBMARINA EN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 25 de noviembre del 2021.

Apellidos y Nombres del Autor Cruz Choque, Giuliano Bautista		
DNI	47168345	FIRMA 
ORCID	0000-0002-8482-0916	
Apellidos y Nombres del Autor Beltran Vilca, Luis Alberto		
DNI	43465176	FIRMA 
ORCID	0000-0001-6473-6154	