

LanData
Laboratorio Natural Desierto de Atacama



COD.: NEL123N0014

CONCURSO NODOS ESPECIALIZACIÓN
PROYECTOS NODOS DE LABORATORIOS NATURALES LÍNEAS 1 Y 2 2024

FICHA LABORATORIO NATURAL DESIERTO DE ATACAMA, LANDATA





**Desierto de Atacama,
Laboratorio Natural de la
adaptabilidad, la resiliencia,
y una ventana para mirar el
espacio, el origen y el futuro**

EQUIPO LANDATA

Directora Proyecto

Cecilia Demergasso

Director Alterno

Emilio Ricci

Coordinación

Sabrina Marín

Fabián Araya

Investigadores

Fernando Álvarez

David Andrade

Adriana Aránguiz

Jenny Blamey

Ricardo Cabrera

Guillermo Chong

Benito Gómez

Gabriel González

Nicolás Guiliani

Mauricio Lorca

José Luque

Marco Méndez

Marcia Montedónico

Alejandro Murillo

Rómulo Oses

Rodrigo Palma

Camila Salazar

Susana Soto

Cynthia Tebes

Equipo de profesionales

Valentina Cáceres

Manuel Castro

Vicente Danica

Raúl Flores

Ximena Retamal

CONTENIDOS

	pág.
1. El Laboratorio Natural Desierto de Atacama	05
2. El Nodo de laboratorios Naturales	06
3. Descripción y sus principales características	08
4. Singularidades	12
5. Oportunidades para el desarrollo de la actividad científica	15
6. Oportunidades para el sector productivo	25
7. Oportunidades para la sociedad	34
8. Necesidades habilitantes	40
9. Qué vamos a hacer: hoja de ruta	41
10. Bibliografía	42
11. Anexos	43

1. EL LABORATORIO NATURAL DESIERTO DE ATACAMA

Este laboratorio natural nace de la iniciativa de ANID “Nodos para el desarrollo en Investigación de Laboratorios Naturales (LLNN) en Chile”, que tiene por objetivo fomentar el desarrollo de los Laboratorios Naturales del país, a través de proyectos ejecutados de manera colaborativa entre actores del ecosistema de la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, con foco en el fortalecimiento de la actividad científica, y en el desarrollo económico y social de los territorios.

Durante la ejecución del primer proyecto de LLNN, se acordó entre todos los Nodos la siguiente definición conceptual de Laboratorio Natural: Territorio con una o más singularidades de relevancia planetaria, que otorga ventajas comparativas para realizar investigación inter-, multi- y/o transdisciplinaria con impacto científico, ambiental, social y económico.

En este documento, usted podrá encontrar la información actualizada y consolidada que ha levantado el Nodo Landata en el territorio asociado al Laboratorio Natural Desierto de Atacama, en las distintas áreas de trabajo en las que se desempeña, así como los enlaces hacia los principales productos generados.

2. EL NODO DE LABORATORIOS NATURALES

El Laboratorio Natural Desierto de Atacama, LANDATA, es un polígono que ocupa 105,000 km² comprendiendo gran parte de la Macrozona norte (MZN) de Chile, presente en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, completando una extensión de casi 1.600 km y un ancho máximo de 180 km. Presenta extraordinarias singularidades de relevancia planetaria, que otorga ventajas comparativas para realizar investigación inter-, multi- y/o transdisciplinaria con impacto científico, ambiental, social y económico.

Para mayor información, puede visitarnos en:
<https://www.landata.cl> - @landataoficia - landata@ucn.cl -

2.1 Rol del Nodo de Laboratorios Naturales

Se ha configurado un equipo inter, trans y multidisciplinario articulador para crear CTCI para y con la ciudadanía, con el propósito de promover un desarrollo sustentable (DS) y relevar el patrimonio natural, científico, cultural, educativo, social y económico de la MZN y del país

2.2 Otros Nodos de Laboratorios Naturales

Actualmente, existen siete Nodos de laboratorios naturales en Chile, además del Nodo Landata:

- Nodo Lab Ancestral: <https://labancestral.cl/>
- Nodo Laboratorio Natural Salares: No disponible
- Nodo Laboratorio Natural Océano Centro Norte: <https://oceanolaboratorionatural.cl/>
- Nodo Laboratorios Naturales Subantárticos: <http://www.nodosubantartico.cl/nodo/>
- Nodo Laboratorio Natural Andes del Sur de Chile: <https://andesdelsurlab.cl/>
- Nodo Laboratorio Natural Antártico: <https://www.inach.cl/sobre-inach/departamentos/departamento-de-comunicaciones-y-educacion-2/>



Salar de Llamara

3. DESCRIPCIÓN Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

3.1 Ubicación geográfica

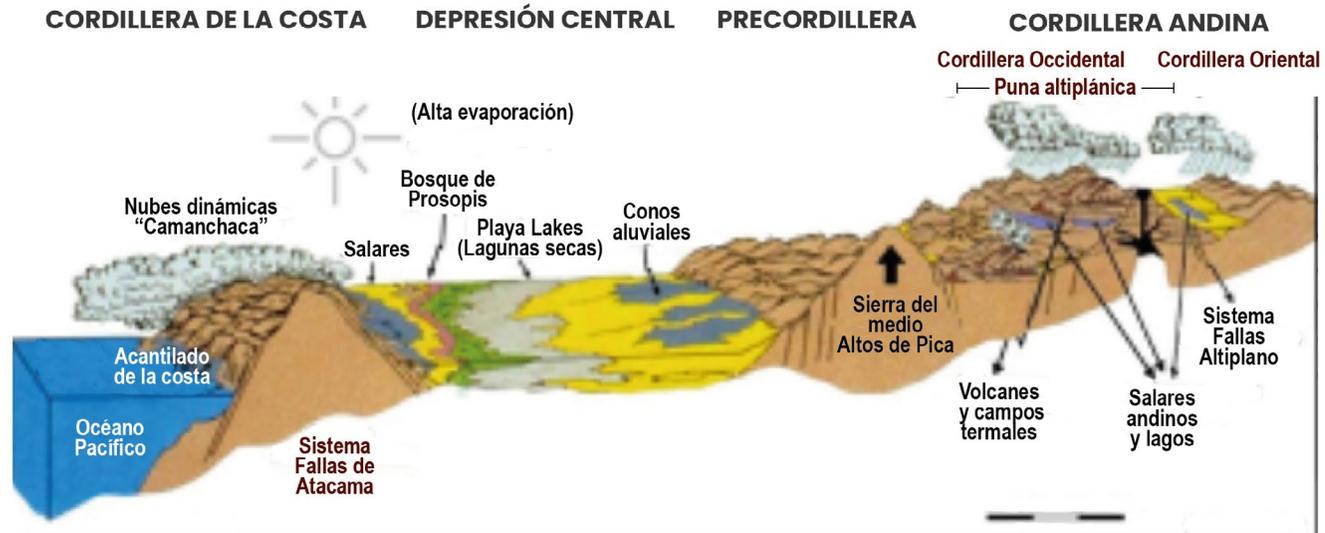
Actualmente Chile continental está dividido en cinco macro regiones, la más septentrional de las cuales corresponde a la Macrozona Norte (MZN) que se extiende desde el límite con Perú (aproximadamente 18°S) e incluye las Regiones administrativas de Arica-Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, con una superficie del orden 163.000 km². Este territorio se incluye en lo que se describe como el Orógeno Andino o sencillamente los Andes que se extienden a lo largo del borde oeste de Sudamérica con cientos de km de ancho. En este marco, Chile sólo ocupa una delgada franja en la parte occidental en la cual se describe un relieve que incluye tres unidades, desde el oeste, son la Cordillera de la Costa, la Depresión Central y la Alta Cordillera. Estos tres rasgos geomorfológicos principales incluyen marcadas diferencias en las cuatro regiones de la MZN de Chile.

Una serie de factores permiten caracterizar la MZN de Chile como un territorio único debido a diversas singularidades que han llevado a considerarlo como un sitio ideal para temas de estudio tanto de las Ciencias Naturales como las Ciencias Sociales. Aquí se incluyen, por ejemplo, la limpieza de sus cielos, el Desierto de Atacama (DA),



Fig. 1 Imagen que muestra la totalidad del Orógeno Andino aproximadamente a los 24°43' S. La línea roja corresponde a la casi totalidad de la Cordillera de la Costa (0 - 2000 m.s.n.m con la altitud máxima 3114 m.s.n.m). La línea celeste marca la Depresión Central con abundantes relieves e islas. Relieves e islas pueden superar los 2500 m.s.n.m. La línea amarilla corresponde a la precordillera con unos 3500 m.s.n.m. La línea verde indica la alta Cordillera. Volcán Llullaillaco a 6739 m.s.n.m.

GEOMORFOLOGÍA REGIÓN DE TARAPACÁ



GEOMORFOLOGÍA REGIÓN DE ANTOFAGASTA

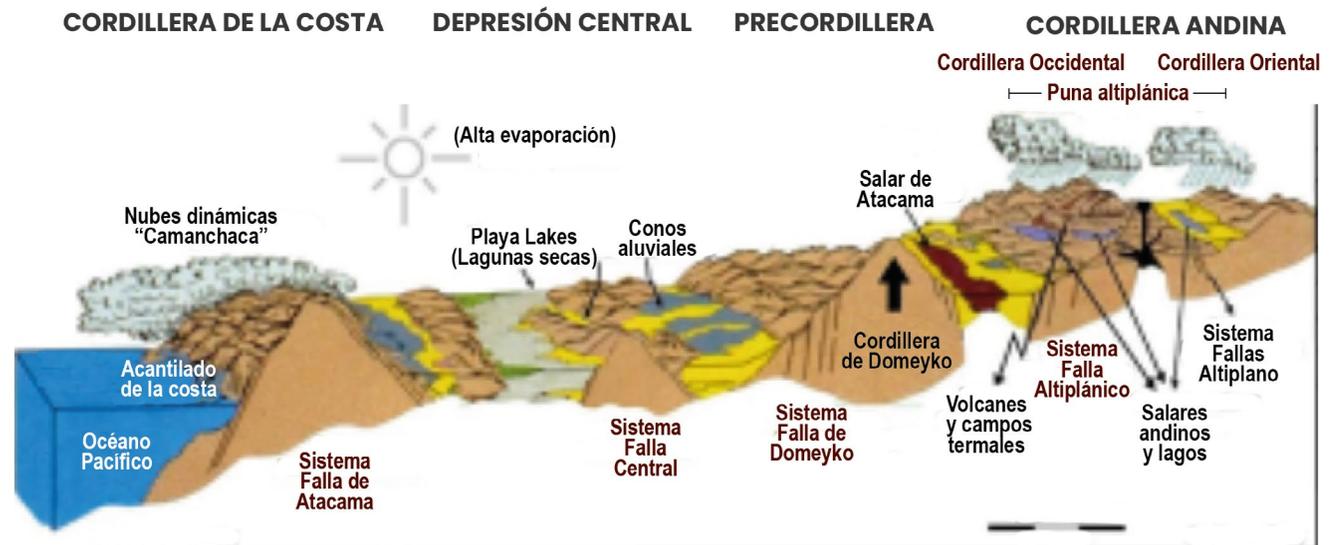


Fig. 2 Dos perfiles que muestran diferencias entre los rasgos de relieve (Geomorfología) de las Regiones de Tarapacá y Antofagasta. En el caso de la Región de Tarapacá, la Cordillera de la Costa es un rasgo bien definido, luego sigue la Depresión Central como un relieve deprimido, plano, con pendiente hacia el oeste, mientras que la Precordillera y Alta Cordillera forman un relieve prácticamente continuo. A su vez, la Región de Antofagasta muestra igual una Cordillera de la Costa bien definida, luego en la Depresión Central aparecen numerosos relieves islas y la Precordillera y la Alta Cordillera están separadas por un importante sistema de cuencas tectónicas que incluyen salares en sus partes más deprimidas (Salares de Atacama y Punta Negra).

la Alta Cordillera Andina y su franja de volcanes, la zona costera del Océano Pacífico y su asociada Corriente de Humboldt, la riqueza mineral de su subsuelo.

En lo que se refiere a los aspectos geomorfológicos, el Norte Grande de Chile incluye desde el nivel del mar hacia el este varias unidades principales de disposición Norte-Sur que alcanzan hasta cerca de los 7000 metros de altitud. Estas son, desde el oeste, la Cordillera de la Costa, la Depresión Central, la Precordillera y la Alta Cordillera. Se debe mencionar que, en la Región de Antofagasta se incluye una unidad de importancia que se denomina Depresión Preandina. Asimismo, la Alta Cordillera consta de dos unidades bien diferenciadas, una es el Altiplano que corresponde a un extenso plateau volcánico y sobre éste una cadena de volcanes, varias decenas de ellos en actividad. Este conjunto también suele nombrarse genéricamente como Puna (Fig. 2).

Un rasgo global sobresaliente en este escenario es el Desierto de Atacama (DA), cuyas características se suelen describir genéricamente y a veces de manera coloquial, para referirse a la totalidad de la macrorregión Norte Grande de Chile. En otros casos su ubicación es descrita, equivocadamente, como restringida a la Región de Antofagasta o que se extiende hasta la parte del Norte Chico. En el mismo marco suele ser mencionado como una zona estéril, carente de vida, como sinónimo de la Pampa del Tamarugal o el Descampado de Atacama. Estos antecedentes hacen que, en lo general, el DA sea una región poco conocida y mal descrita con la paradoja que es una atracción a nivel mundial en campos tan variados como los científicos, geográficos, históricos, arqueológicos, económicos, turísticos y otros. De acuerdo a esto y considerando la parte medular y objetivos de nuestro proyecto, resulta fundamental establecer una definición en sentido estricto del DA.

3.2 Definición de límites del Laboratorio Natural DA

En el Nodo Landata hemos definido al DA como un gran laboratorio natural, con características y particularidades únicas a nivel planetario, las que llamamos singularidades.

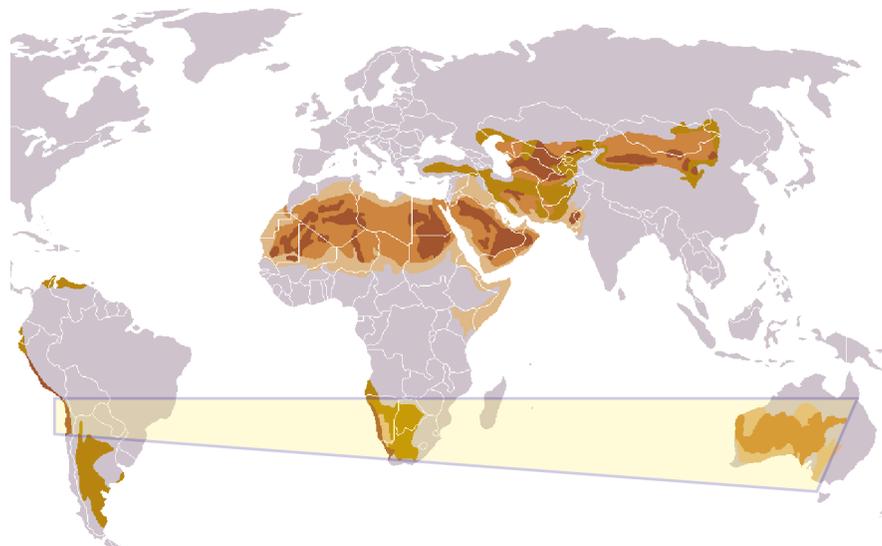


Figura 3



Figura 4

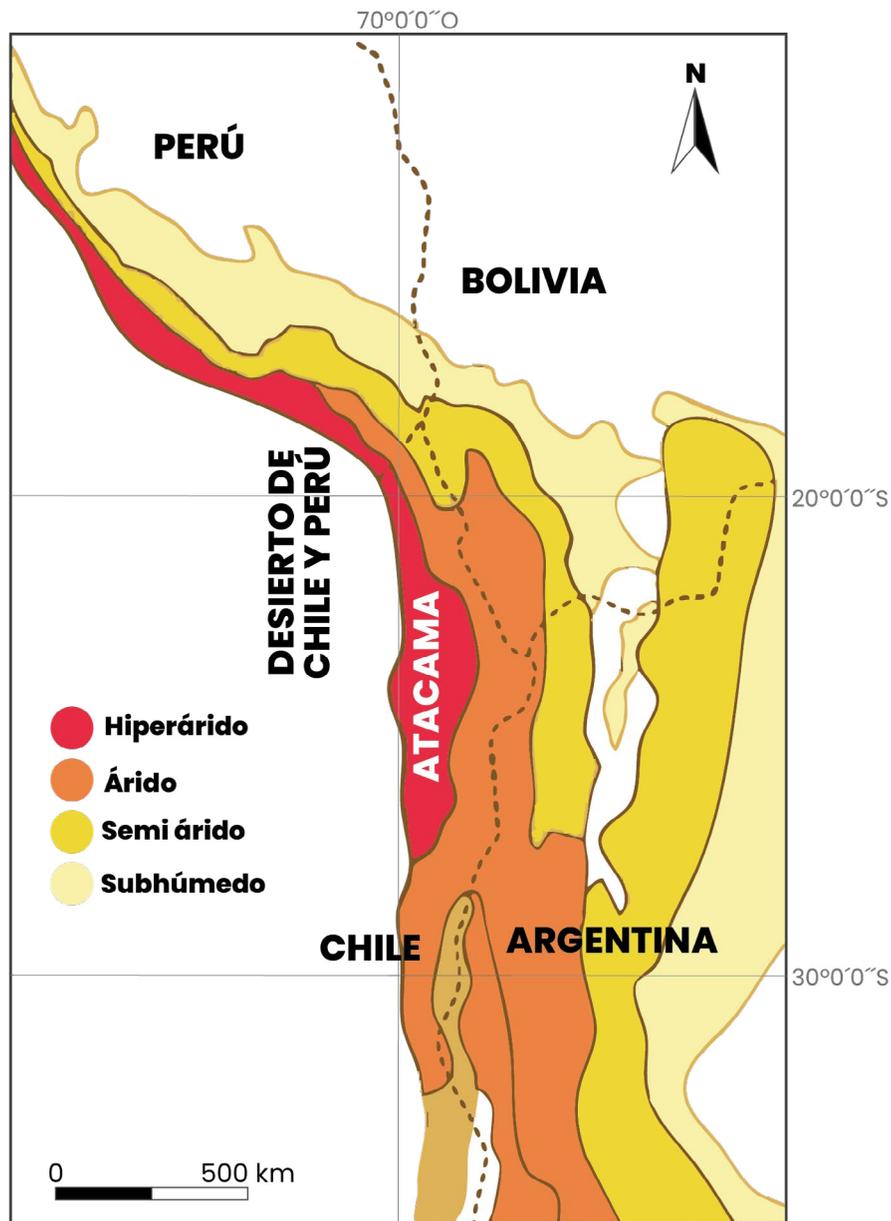


Figura 5: Desierto de Atacama en Chile y desiertos del Perú

El DA se ubica en la franja de los desiertos de altas latitudes del Hemisferio Sur, junto a otros como el de Kalahari en África y los de Australia (Fig. 3). Se emplaza en la parte más austral de una franja de desiertos que, desde el Perú, incluye los de Sechura y Costero (Fig. 4). El DA, en el Norte Grande de Chile, en la continuidad de esta franja, se extiende desde, aproximadamente, los 18° de latitud sur hasta el Río Copiapó, y desde la costa hasta la vertiente occidental de la Precordillera (Fig. 5). Tanto su límite sur como el oriental no son taxativos. En el caso del primero es un hecho conocido que la aridez se ha ido incrementando hacia el sur, y en el caso del límite oriental el paso de una zona hiperárida a otra árida es gradual (Fig. 5).

Dada la gran extensión geográfica de este laboratorio natural, en el Nodo Landata hemos focalizado el trabajo de diagnóstico y territorial en polígonos ubicados dentro del territorio comprendido como DA y que concentran un gran interés científico, singularidades, oportunidades, desafíos, brechas, entre otros, a los que llamamos "casos de estudio". A la fecha, el nodo Landata ha trabajado sobre cuatro casos de estudio en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama: Cuenca del Río Loa (Cuenca alta y baja), Cuenca de Llamara, Península de Mejillones y Frontera Sur del DA (Fig. 6).

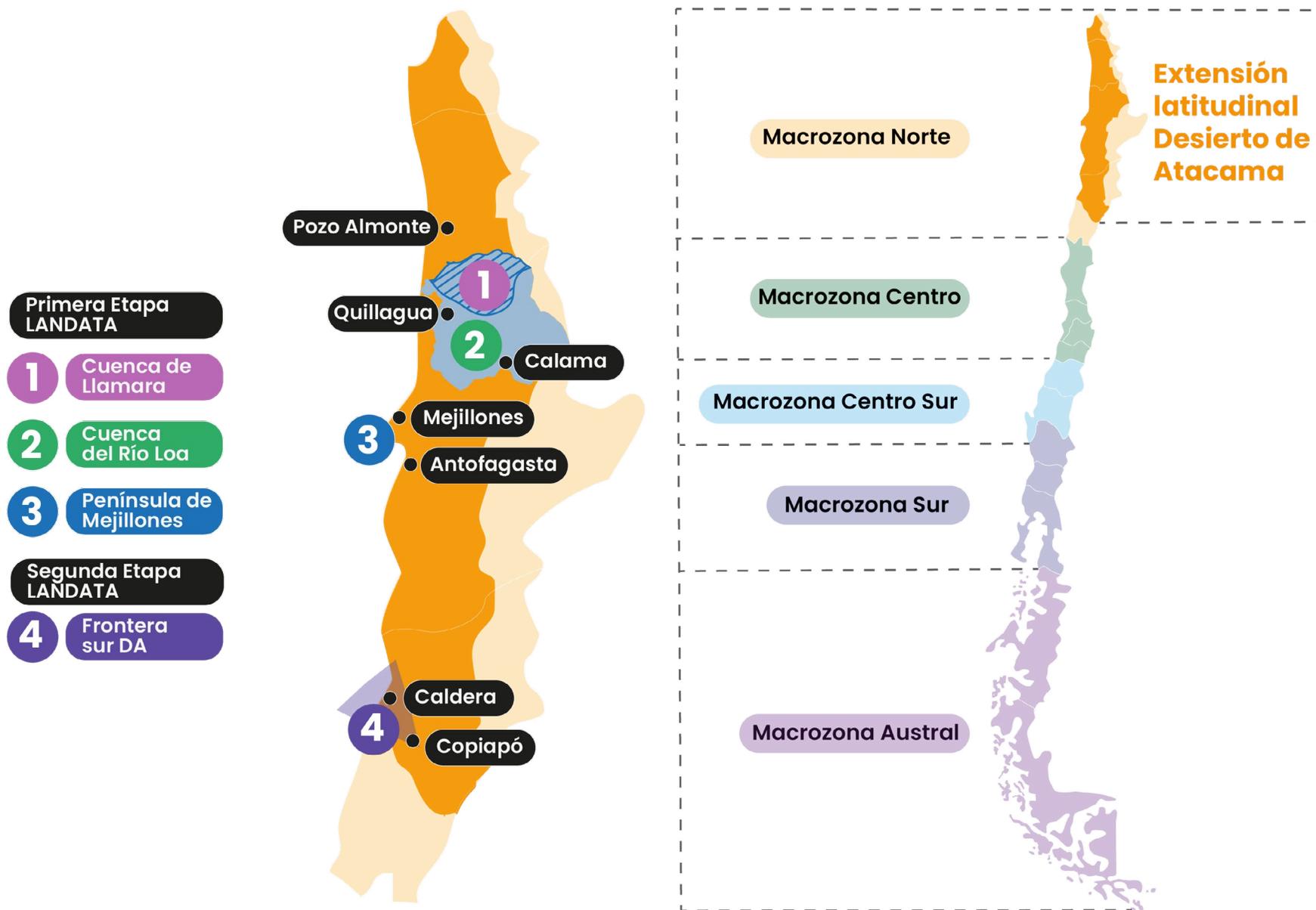


Fig. 6: Extensión del Desierto de Atacama y localización de los casos de estudio del Nodo LANDATA.

4. SINGULARIDADES

El DA, en los Andes centrales del norte de Chile, es un laboratorio natural a nivel planetario porque alberga ambientes únicos para la investigación en diferentes disciplinas. El trabajo transdisciplinario realizado por el Nodo Landata nos permite hoy definir y evidenciar que el DA posee un marco geológico y biótico único, con singularidades (Fig. 7) que representan oportunidades para la ciencia, el desarrollo económico y el desarrollo social, entre las que se encuentran: (i) la hiperaridez, resultado de una prolongada sinergia de procesos geológicos y bioquímicos, gracias a la cual hoy es posible observar (ii) rocas y los relieves conservados más antiguos del planeta, (iii) depósitos salinos únicos, (iv) registros paleoclimáticos y arqueológicos, fósiles y biofirmas, (v) signos de la vida y del legado de las sociedades humanas que habitaron el territorio, (vi) concentraciones de análogos en Marte, y (vi) la claridad excepcional del cielo, que hace del DA un polo mundial para la exploración astronómica y una ventana para acercarnos al origen. Se suman a estas singularidades las (vii) manifestaciones únicas de la tectónica de subducción, como la segunda cordillera más alta del mundo que incluye un sistema volcánico activo, (viii) el emplazamiento de franjas metalogénicas con yacimientos minerales, (ix) la deformación de las rocas formando sistemas de fallas y plegamientos, e (x) intensa actividad sísmica. También se relevan singularidades como (xi) la ocurrencia de anomalías geoquímicas de escala planetaria, que resulta en una concentración anómala de minerales de valor económico (cobre, yodo, boro, litio, oro, plata, molibdeno) y de la actividad minera. Encontramos entre las singularidades del DA (xii) fauna, flora y microbiota adaptadas a condiciones extremas como hiperaridez, alta radiación solar, dominio salino, niveles elevados de arsénico en las fuentes de agua y alta oscilación térmica en las zonas no costeras, así como (xiii) el omnipresente impacto del Antropoceno, que potenciado por el cambio climático actual, es de tal magnitud que arriesgamos la extinción de formas de vida, el agotamiento de recursos naturales y el deterioro

irreversible del paisaje geológico natural que es clave para recrear procesos que dan forma y vida a la Tierra.

Diversas actividades humanas de producción e impacto excepcionales (agricultura y ganadería trashumante, exploración y producción minera, turismo, aplicaciones biotecnológicas sostenibles, explotación de recursos energéticos no convencionales, observación astronómica e investigación sobre análogos de Marte) también aprovechan estas características únicas.

Con respecto a la vida en ambientes extremos, nuestro trabajo con los diferentes actores del territorio nos ha permitido descifrar su interés por la biodiversidad del territorio. Señala que las empresas mineras y energéticas, así como el sector público y la comunidad, están interesadas en el impacto minero de la explotación de depósitos salinos/metálicos, así como de las operaciones de energía "verde" sobre la biodiversidad. Las empresas mineras también están interesadas en la microbiología de sus operaciones de biolixiviación, las más grandes del mundo. Los agricultores, ganaderos y la comunidad están interesados en los organismos que desempeñan un rol en los eventos de contaminación del río que cruza el DA. La comunidad está interesada en el potencial de la diversidad microbiana única en el desarrollo de procesos/industrias biotecnológicas para la diversificación económica. La comunidad científica está interesada en la investigación sobre los límites de la ocurrencia de los microorganismos y sus metabolismos, y sobre los análogos de Marte. Además, las comunidades aborígenes desde su cosmovisión que fundamenta su identidad, consideran los ecosistemas de salar, con sus colores y estructuras, como el punto caliente donde comenzó la vida.

Las singularidades se configuran, por tanto, como base de las iniciativas priorizadas trabajadas por el Nodo Landata, específicamente en el trabajo desarrollado para la creación del Observatorio de Geo-Biodiversidad, y el Plan Integral de Monitoreo de Cuencas Hídricas, que junto a la convocatoria de Misiones Científicas, se configuran como espacios de creación de conocimiento junto a investigadores internacionales interesados en generar evidencia que permita evaluar y promover el valor científico de las singularidades del DA.



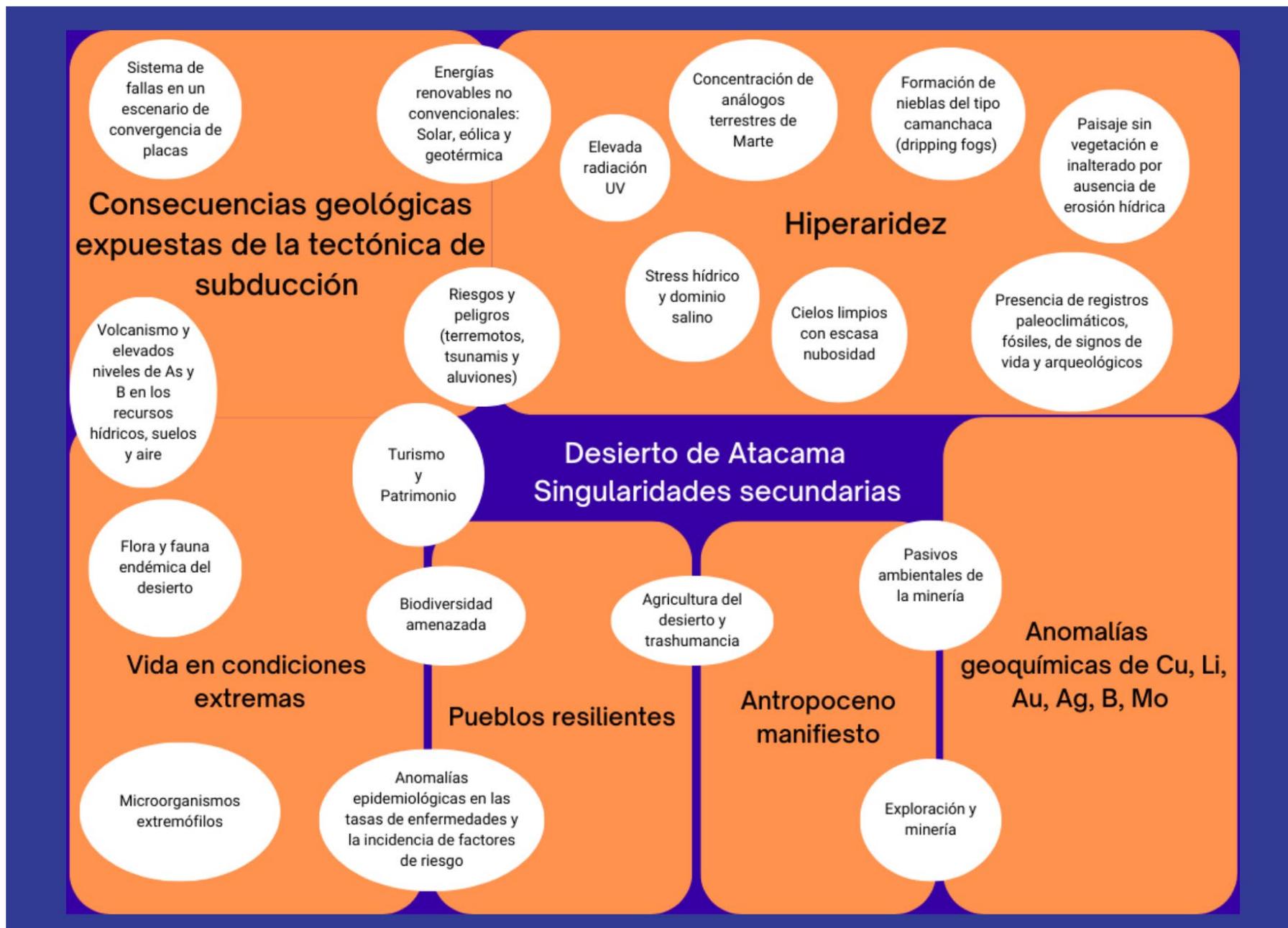


Fig. 7: Mapa de singularidades primarias (cuadros naranjas) y secundarias (óvalos blancos) del Desierto de Atacama, y sus interacciones.

5. OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

El diagnóstico de Landata incluye un análisis estadístico de la literatura científica relacionada al DA, ya sea producida en el territorio o enfocada en él. Este análisis se orienta a identificar el volumen de las investigaciones, las redes de colaboración, y a caracterizar líneas de investigación vigentes. Para ello, el equipo de científicos de Landata definió diversas áreas de investigación en base a dos criterios: su relevancia en las investigaciones sobre el DA, y la especialización del equipo. Este enfoque ha generado un sesgo que excluye áreas de estudio vinculadas, por ejemplo, a las ciencias sociales, una arista que está siendo abordada en el ciclo actual del Nodo. Las áreas de investigación seleccionadas fueron: Biodiversidad, Geociencias, Climatología, Recursos Hídricos (RRHH), Minería, Astrobiología, Energía y Agricultura. Esta aproximación permite no solo analizar el panorama investigativo general del DA, sino también caracterizar cada área en particular.

Los gráficos sobre el número de publicaciones (Figura 8) y el porcentaje de coautorías internacionales (Figura 9) en las áreas de investigación analizadas, proporcionan una visión general de algunas particularidades del campo científico del DA. La figura 6 permite identificar cómo ha evolucionado la producción científica en términos de volumen a lo largo de las últimas décadas. Por otro lado, la figura 9 ofrece información sobre la participación de investigadores de otros países en el estudio del DA, lo que representa un indicador del interés global que despierta la investigación en este desierto.

En las áreas analizadas, Geociencias destaca como una de las más relevantes, tanto por el número de publicaciones como por el alto porcentaje de colaboración internacional en sus investigaciones. De manera similar, las áreas Clima, Biodiversidad y Minería presentan un volumen significativo de publicaciones, junto con un elevado nivel de coautoría internacional. Estas cuatro áreas se identifican como las de mayor presencia en el DA.

Un fenómeno interesante se observa en las áreas de Energía y Astrobiología. Aunque ambas mantienen un bajo volumen de publicaciones, presentan una alta colaboración internacional, lo que las posiciona como áreas de nicho. La información producida en el análisis

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE PUBLICACIONES POR ÁREA DE ESTUDIO (2000-2021)

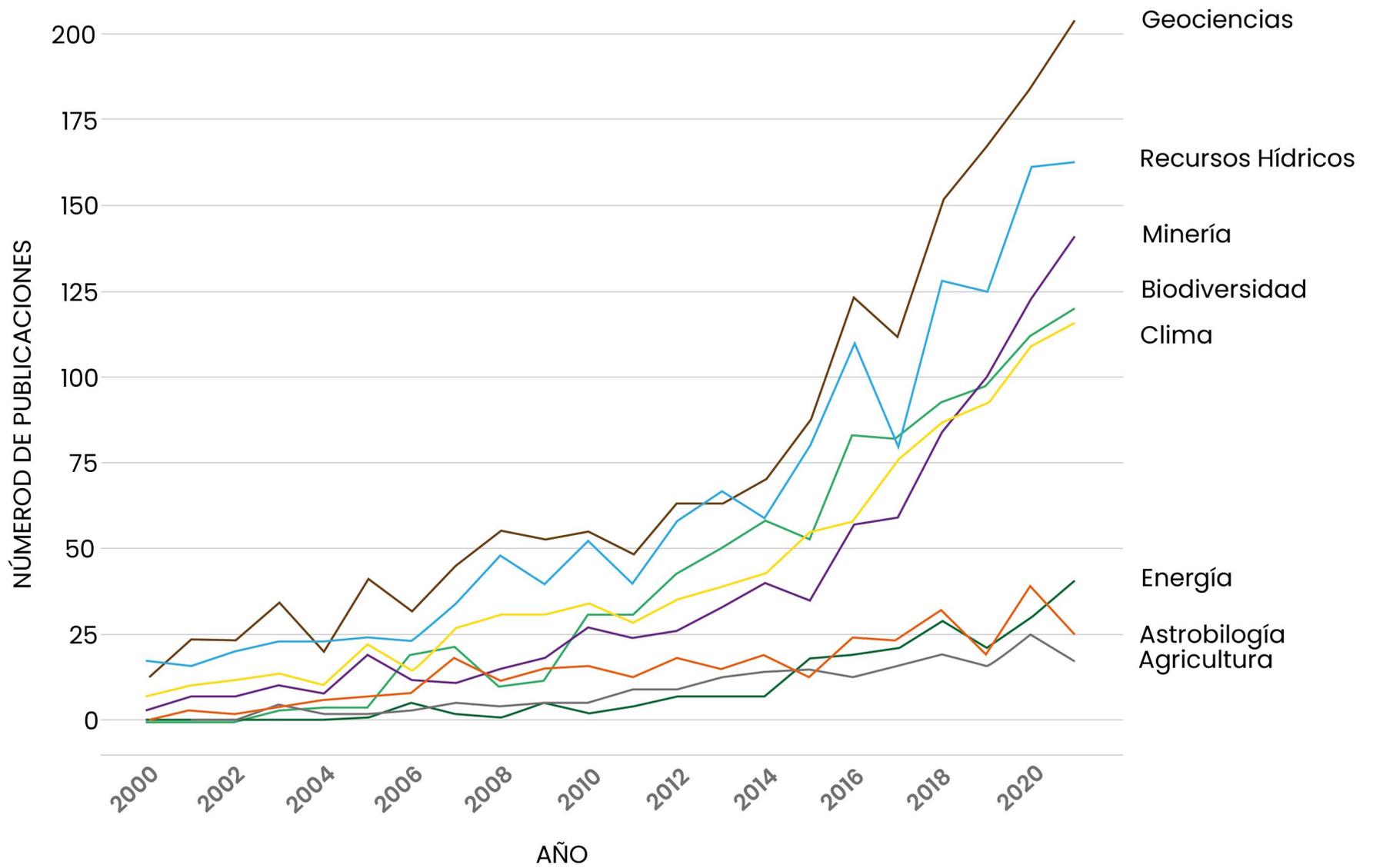


Fig. 8: Número de publicaciones científicas, realizadas desde el año 2000 al año 2023, en ocho áreas de investigación relacionadas con el DA. Datos extraídos desde la base de datos WoS.

PORCENTAJE DE COAUTORÍAS INTERNACIONALES POR ÁREAS DE ESTUDIO

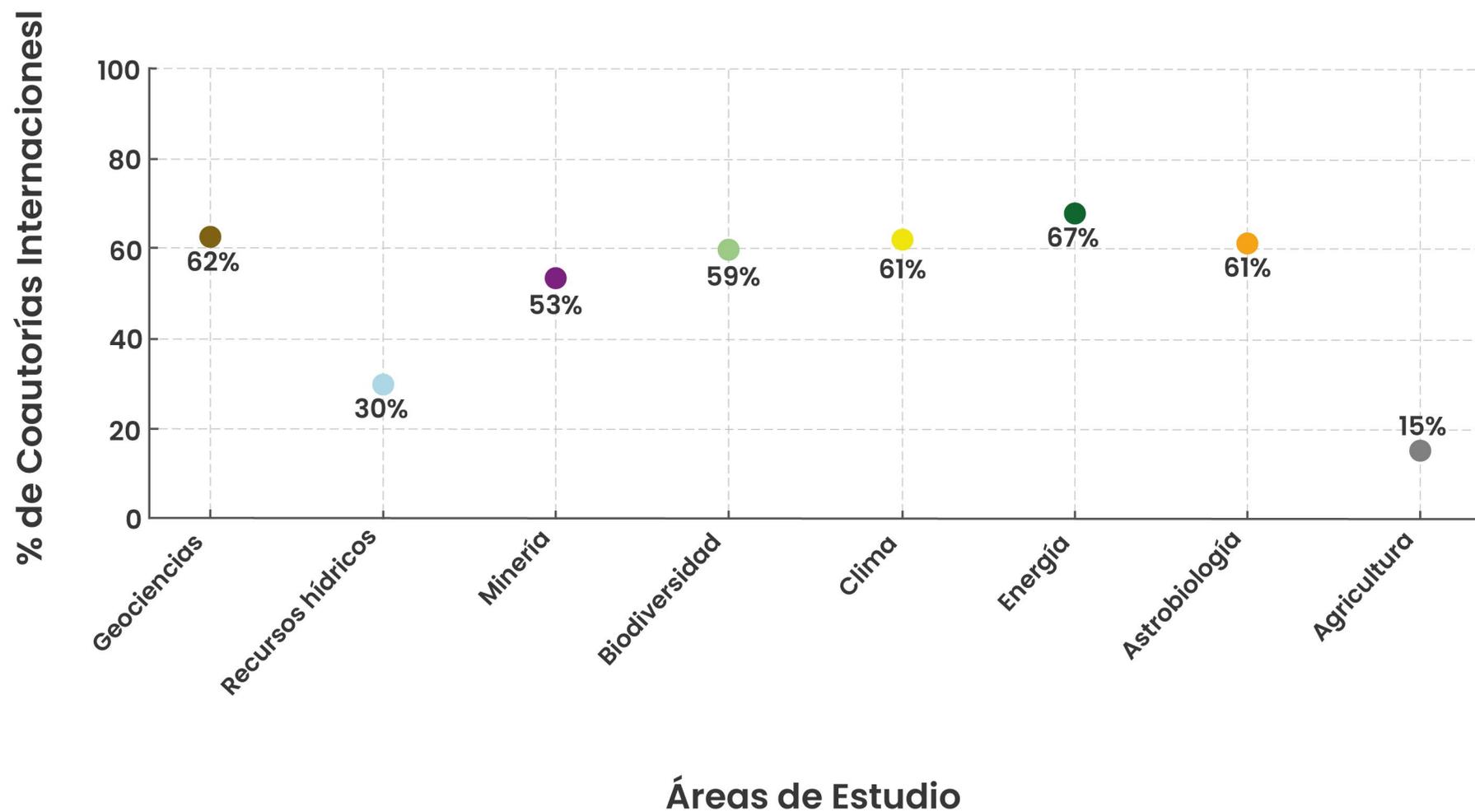


Fig. 9: Porcentaje de coautorías internacionales en las ocho áreas de investigación relacionadas con el DA. Datos extraídos de la base de datos WoS.

indica que estas colaboraciones vienen dadas con España y Estados Unidos respectivamente, para el estudio de singularidades del DA como la alta radiación UV y la hiperaridez. Por su lado, el área de RRHH mantiene un alto volumen de publicaciones y una baja colaboración internacional, teniendo investigaciones que funcionan como un complemento para otras áreas de estudio, como la Minería o la Biodiversidad. Por último, Agricultura, a pesar de ser una temática de relevancia mundial en el contexto de cambio climático, aparentemente no presenta mayor relevancia en comparación a las otras áreas de investigación.

Para cada área estudiada se identificaron las principales líneas de investigación relacionadas, a través de un análisis de co-ocurrencias de las palabras clave de cada una de las respectivas publicaciones. Este análisis fue llevado a cabo junto a los investigadores de Landata que tenían más experiencia en cada una de las áreas analizadas, lo que

permitió generar datos contextualizados. Cada línea de investigación se clasificó en función de dos variables: su conexión con el resto del área científica y su cohesión interna, lo que permite medir el grado de centralidad y densidad de las mismas. Esta metodología permitió ordenar las líneas de investigación en cuatro categorías: i) líneas motoras, caracterizadas por una alta centralidad en el área científica y una fuerte densidad interna; ii) líneas basales, que presentan alta centralidad pero baja densidad interna; iii) líneas de nicho, con baja centralidad pero alta densidad interna; y iv) líneas emergentes o en declive, referidas a aquellas líneas de investigación con baja centralidad y baja densidad interna.

A continuación, se presenta una visión detallada y organizada de las líneas de investigación más relevantes identificadas en cada área de investigación analizada:

ÁREA DE INVESTIGACIÓN	CATEGORÍA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
GEOCIENCIAS	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Geomicrobiología • Estudio de Salares • Astrobiología • Geomorfología y Clima
	Basal	<ul style="list-style-type: none"> • Variaciones Paleoambientales en Desiertos • Hidrología • Arqueología y Poblamiento Humano
	Nicho	<ul style="list-style-type: none"> • Tectónica y Geomorfología en el DA • Metalogénesis y Geología Económica • Hidrogeoquímica
AGRICULTURA DEL DESIERTO	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de la agricultura a ambientes desérticos en contexto de cambio climático • Prácticas ancestrales de agricultura en el desierto • Medios de cultivo sostenibles para la agricultura del desierto

ÁREA DE INVESTIGACIÓN	CATEGORÍA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
ASTROBIOLOGÍA	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Habitabilidad • Detección de biosignatures en ambientes análogos a otros planetas y a la tierra temprana
	Basal	<ul style="list-style-type: none"> • Geomicrobiología
	Nicho	<ul style="list-style-type: none"> • Exploración robótica
MINERÍA	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrometalurgia • Búsqueda de yacimientos • Estudios y caracterización de nuevos minerales • Explotación de cobre negro • Generación de concentrados de minerales de cobres y otros • Sostenibilidad, manejo y recuperación de residuos • Remediación y biorremediación de metales pesados • Gestión de la información • Estudios de género
	Basal	<ul style="list-style-type: none"> • Lixiviación y biolixiviación de minerales • Impacto ambiental y desarrollo sustentable • Desarrollo regional sustentable
	Nicho	<ul style="list-style-type: none"> • Arqueometalurgia • Caracterización hidrogeoquímica de los recursos

ÁREA DE INVESTIGACIÓN	CATEGORÍA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
CLIMA	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Paleoclima • Clima y biodiversidad • Estudios del clima
	Basal	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos del cambio climáticos en la corriente de Humboldt • Sostenibilidad y clima
ENERGÍA	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Nexo agua, energía y alimento • Aplicaciones industriales de fotocatalisis • Economía circular en el sector energético • Producción, transporte y uso de hidrógeno • Desarrollo de minería responsable • Materiales para la producción de energía adaptada y extraída del DA • Almacenamiento térmico de energía • Producción, almacenamiento y transporte de energía solar • Almacenamiento de energía: Planificación, operación y equipamiento • Caracterización del recurso solar en el DA
	Basal	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento solar de agua • Desalación
	Nicho	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia energética en la construcción • Solar mining
	Emergente o en declive	<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones fotovoltaicas

La información generada revela que las singularidades del DA lo convierten en un laboratorio natural para diversas áreas de la ciencia, destacando los fenómenos ligados a la hiperaridez, las consecuencias de la tectónica de subducción y la vida en condiciones extremas. Asimismo, otras singularidades como la concentración anómala de minerales, el antropoceno manifiesto y las prácticas de pueblos resilientes, tienen una posición clave en la investigación científica nacional.

En cuanto a las oportunidades, la amplia participación de investigadores internacionales en el DA representa una oportunidad para fortalecer al campo científico nacional a través de colaboraciones que se beneficien de sus capacidades investigativas y tecnológicas. En la misma línea, áreas como la Astrobiología y Energía, aunque cuentan con un menor volumen de publicaciones, despiertan un gran interés en la comunidad científica internacional. Esto representa una oportunidad para el desarrollo de la ciencia nacional, aprovechando dos singularidades claves del DA: La alta radiación UV y los diversos ecosistemas extremos que actúan como análogos planetarios.

Sobre las brechas, se han identificado áreas de estudio relevantes para el futuro que no están recibiendo la suficiente atención investigativa, como la Agricultura del Desierto y la Sostenibilidad de las industrias presentes en el DA. En lo que respecta a los intereses nacionales, es necesario profundizar la investigación orientada a la diversificación productiva, tanto dentro de la minería - donde la búsqueda de nuevos minerales sigue siendo una temática de nicho - como en otras áreas industriales. Para ello, sería beneficioso intensificar la investigación en nuevas tecnologías.

Finalmente, se observa un avance deficiente hacia el desarrollo sostenible, ya que el enfoque principal está puesto en el desarrollo económico, sin un abordaje sistemático de las dimensiones ambiental y social del desarrollo. En cuanto al desarrollo ambiental, las investigaciones tienden a centrarse en mitigar el daño ya causado por la industria o en el conocimiento del entorno impulsado por la curiosidad científica, sin un enfoque preventivo. Respecto al desarrollo social, existe una brecha en el análisis de Landata, ya que aún no se incluye el análisis de las investigaciones en ciencias sociales, lo que impide

un diagnóstico completo de esta área. No obstante, es importante destacar que se está llevando a cabo una bibliometría enfocada en las ciencias sociales y ciencias de la salud para corregir este sesgo.



6. OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR PRODUCTIVO

Si bien el Nodo Landata identifica bien las oportunidades que las singularidades del DA ofrecen al sector productivo de la MZN y de Chile, como oportunidades en el desarrollo de minería sustentable, diversificación productiva, desarrollo de energías renovables no convencionales que aportan a la lucha contra el cambio climático a través de menores emisiones de CO₂, oportunidades en el desarrollo de tecnologías relacionadas con recursos hídricos no convencionales, agricultura en el desierto, turismo de intereses especiales, entre otras, el diagnóstico realizado en el territorio y en el análisis de la literatura gris suele enfocarse más en las problemáticas asociadas a la actual actividad productiva en el territorio que en las nuevas oportunidades, lo que revela un dolor en el territorio que es necesario abordar, como se detalla a continuación.

La información levantada en los talleres territoriales de cartografía participativa y en el análisis de literatura gris, develan una tensión importante entre el sector productivo (orientado hacia el desarrollo industrial minero y energético) en la MZN, y el resguardo del patrimonio material e inmaterial del DA. Dicha tensión se expresa con mayor nitidez en las problemáticas a las que se ven enfrentados los territo-

rios, asociadas a la contaminación medioambiental, el estrés hídrico y la salud de las personas. No obstante, es esta misma tensión la que plantea como necesidad urgente barajar nuevas oportunidades para el desarrollo productivo y plantear posibilidades para su diversificación.

En línea con lo recién planteado, cabe mencionar el turismo, por ejemplo, el cual emerge fuertemente en la literatura gris asociada a los tres primeros casos de estudio como temática transversal y una actividad económica emergente a desarrollar y fortalecer. Ahora bien, en cada caso de estudio, las oportunidades para el sector productivo reviste de características específicas, las cuales se abordan con mayor detalle en los apartados siguientes.

6.1 Análisis de literatura gris

a. Cuenca de Llamara

En la zona del Salar de Llamara, la minería se posiciona como una actividad preponderante, la cual ha generado impactos afectando diversos ecosistemas del Salar. De acuerdo con lo revisado en el análisis a la literatura gris, se mencionan problemáticas medioambientales que, según se constata, surgen en gran medida por los proyectos mineros presentes en el sector, los cuales generan una alta extracción hídrica.

Se reconocen impactos en el estudio de impacto ambiental (EIA) sobre los tapetes microbianos. La medida de mitigación propuesta por SQM corresponde a un modelo que está fallando. Existen en el EIA una serie de impactos definidos como “de baja importancia”, como disminución del caudal del río Loa, el aumento en los niveles de ruido, etc., proponiéndole la siguiente medida de mitigación: inyectar agua a Los Puquios por un periodo de 30 años hacia el salar de Llamara. Al respecto, actualmente los pozos ancestrales se están quedando sin agua y esa situación no está incorporada en la evaluación de los impactos. Es difícil pensar que se resolverá el impacto sobre la cuenca, ya que la empresa propone extraer agua de otro lugar para inyectar en el salar de Llamara, pero el lugar de extracción corresponde al mismo acuífero, y por tanto la medida en realidad sólo sacará el agua

de un lugar y la inyectará en otro lugar en la misma cuenca (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.f.).

Ello ha generado diversos cuestionamientos y denuncias por parte del sector público como la Municipalidad de Pozo Almonte, organizaciones sociales y vecinales, las que han evidenciado las formas en las que diversas empresas presentes en la zona explotan sus derechos de agua. De hecho, según constata la Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida (s.f.), la comunidad local “reclama un uso ancestral del patrimonio natural y cultural del salar de Llamara. Pese a esto, la DGA ha negado los derechos de agua a la comunidad y, a su vez, el Ministerio de Bienes Nacionales rehusó legalizar sus posesiones de tierras, al no contar los pobladores con derechos sobre recursos hídricos”.

En este contexto, la actividad turística, si bien no ha podido detener el avance de la industria minera en las zonas con conflictos socioambientales, sí ha logrado avances en reconocimiento y visibilización del Sector gracias a la importancia como patrimonio natural que significa la existencia del Salar y su biodiversidad, promoviendo para el caso de Llamara, la educación ambiental a través de la instalación del Centro de Educación Ambiental (CEDAM), circuito turístico que al mismo tiempo que se ve enriquecido por la herencia arqueológica de la zona y por la presencia de comunidades indígenas. En suma, las grandes temáticas analizadas en la literatura gris, se sintetizan en la figura 10.

b. Península de Mejillones

En el caso de Mejillones, se han generado problemáticas socioambientales debido a la presencia y acciones de la industria energética, principalmente por las centrales termoeléctricas que generan elevados índices de contaminación, y por plantas desalinizadoras que producen grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos, los cuales, terminan en el mar afectando negativamente a los organismos que habitan el lecho marino. Al respecto, en la siguiente imagen se grafica cómo interactúan las problemáticas recién mencionadas con las principales temáticas identificadas en el análisis de la literatura gris (Figura 11)

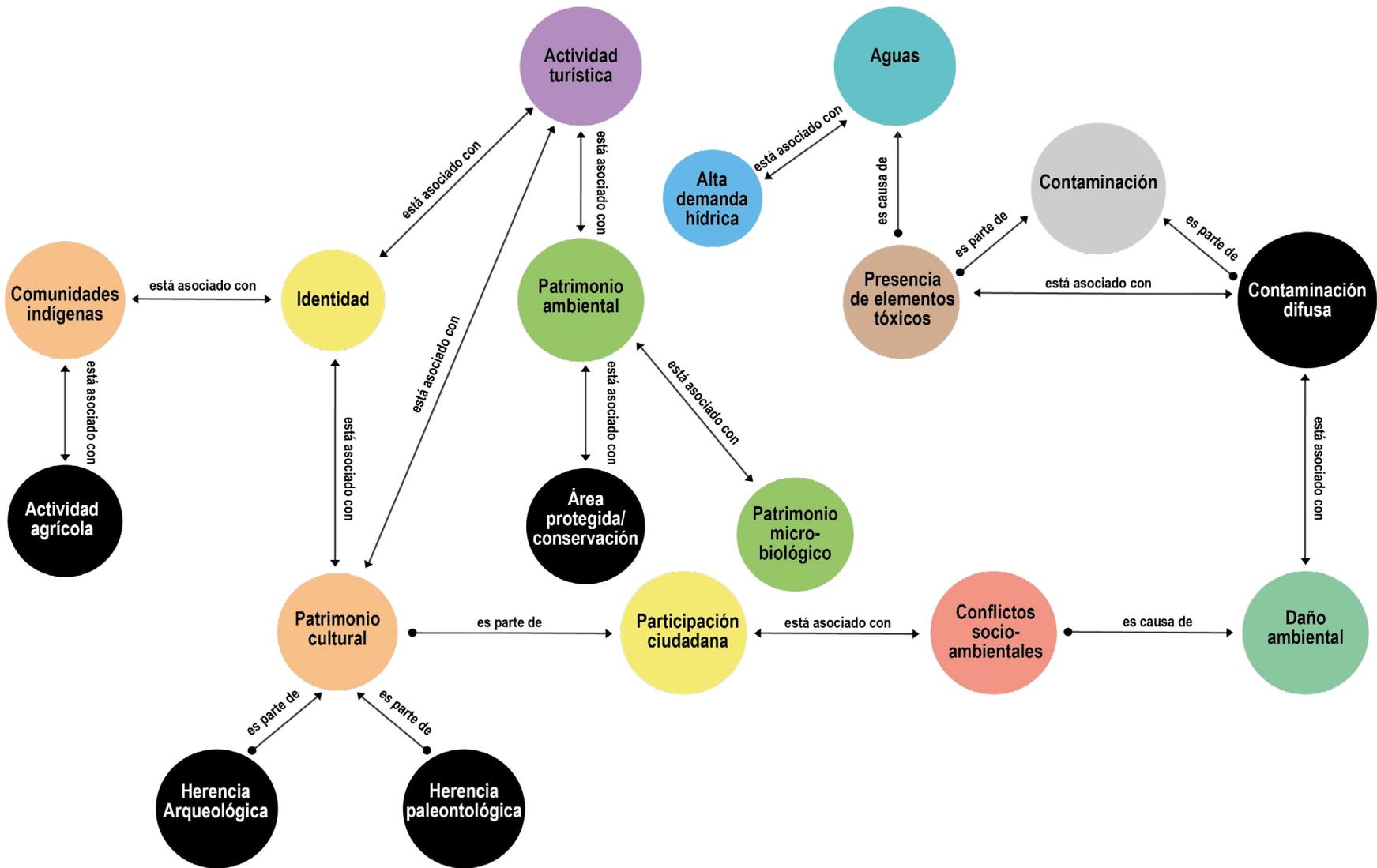


Fig. 10 Relación temáticas principales en literatura gris sobre Salar de Llamara. Fuente: LANDATA, 2023.

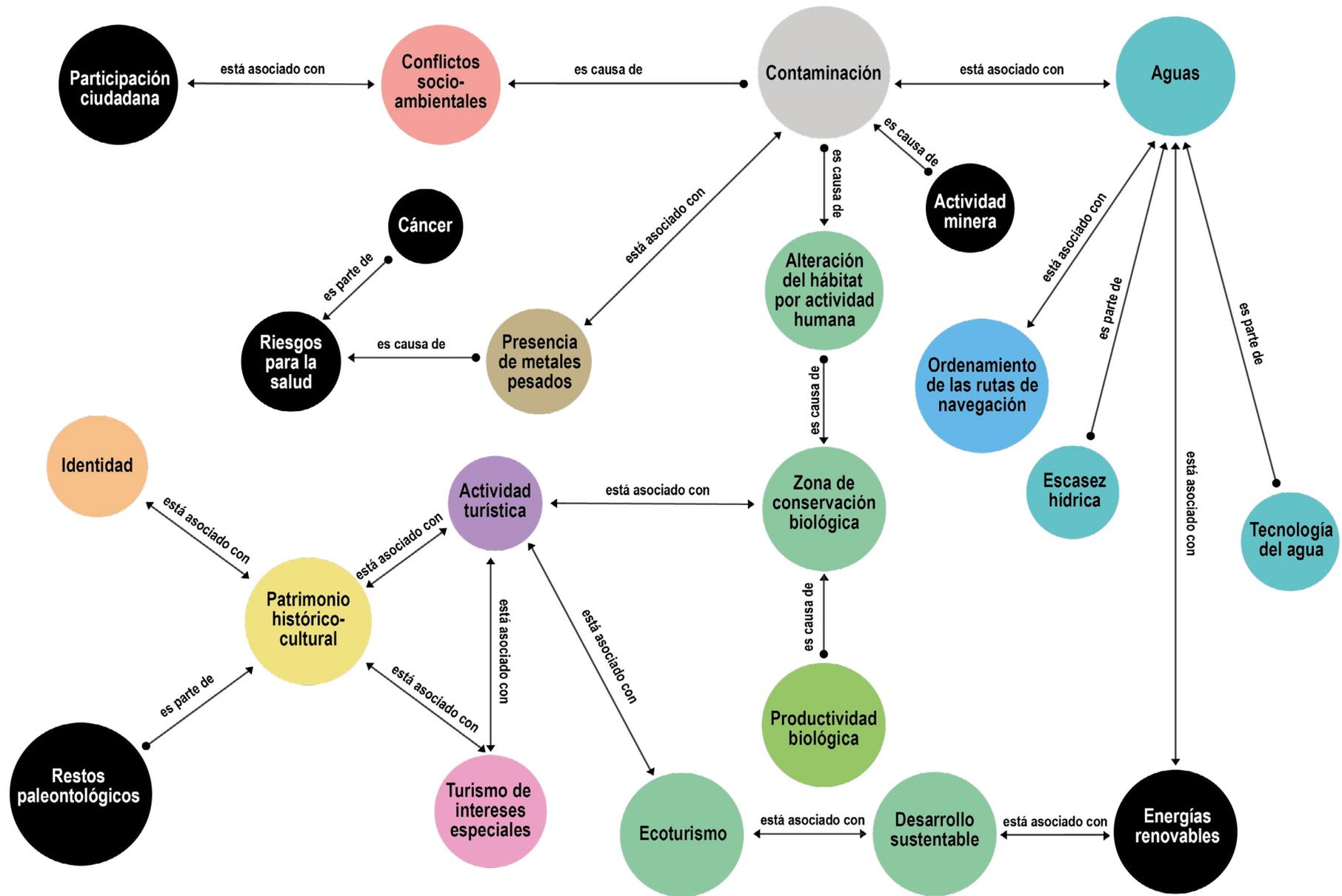


Fig. 11 Relación temáticas principales en literatura gris sobre Península de Mejillones. Fuente: LANDATA, 2023.

Lo anterior es de vital importancia relevar, pues estos factores merman una oportunidad de desarrollo sustentable y sostenible (DS) para Mejillones, que se ha posicionado como un foco turístico por el patrimonio histórico-cultural centrado en el paisaje, la historia, la arquitectura y la gastronomía. En lo relativo al paisaje, su principal atractivo está en el avistamiento de ballenas, lobos marinos, el gaviotín chico, entre otros animales, además de vestigios de asentamientos humanos históricos, yacimientos arqueológicos relevantes para la ciencia e investigación, además de destacarse por su diversidad geológica, exhibiendo un paisaje con fallas geográficas, y que además ha sido catalogado como Sitio Prioritario para la Conservación Biológica, por su importante “productividad biológica que sustenta la biodiversidad existente” (Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, 2019, pág. 6), lo que lo releva su potencial para el turismo de intereses especiales.

c. Cuenca del Río Loa

En la Cuenca del Río Loa, los conflictos socioambientales se han desarrollado principalmente entre las empresas mineras y colectividades indígenas, quienes luchan por seguir viviendo en la zona resguardando su territorio ancestral y clamando por su derecho al agua. Las consecuencias de la sobreexplotación hídrica ha llegado al extremo de dejar a parte importante de la población con sólo dos horas de agua potable al día (Chile Sustentable, 2021), que, en el caso de Quillagua y Calama, sus habitantes han visto su salud amenazada ante la presencia de elementos tóxicos como el arsénico, el cual, ha aumentado el índice de cáncer en la población, junto con malformaciones congénitas y abortos espontáneos (Sancha, 1998). Lo anterior ha generado que la zona del Río Loa sea considerada – principalmente en redes sociales – como una zona de sacrificio.

No obstante, las comunidades indígenas no sólo han trabajado con las autoridades en las denuncias contra las empresas mineras, sino que también en el interés turístico que puede significar la presencia de comunidades tan antiguas en la zona del Río Loa. Es el caso de la comunidad Yanquincha, una de las primeras comunidades habitantes que llegaron a la cuenca, y que a pesar de las dificultades siguen hablando el quechua, y manteniendo sus tradiciones de espiritualidad y celebración que envuelve los solsticios, su tecnología de cultivo como los canales de riego y ceremonias ancestrales como el pago a la

tierra. Debido a su relevancia cultural, la comunidad busca declararse como zona de interés turístico, lo que, de acuerdo con el alcalde de Calama, va muy de la mano con la ruta turística de la provincia que destaca los lugares emblemáticos de la comuna (Fuentes, 2021).

De esta manera, se devela que el turismo – al igual que en los casos anteriores – se articula como una oportunidad de actividad económica, al mismo tiempo que permite potenciar y proteger lugares de relevancia cultural, ambiental y/o arqueológica, donde las energías renovables buscan potenciar y mejorar la calidad de vida y oportunidades de las comunidades, “resguardando el paisaje cultural y cuidando que no se sobreexplota el área, como ha ocurrido con San Pedro de Atacama” (Cartagena, 2020, p.6 citado en LANDATA 2023).

Al respecto, en el siguiente esquema se grafican las principales temáticas referidas al caso en análisis de la literatura gris (Figura 12).

Lo anterior es relevante en la medida que se ha generado un cambio en cuanto a cómo se proyecta el turismo en la zona: se ve como una actividad económica importante de potenciar, pero al mismo tiempo debe ser desarrollada en conjunto con las comunidades, resguardando las tradiciones y costumbres, y que los turistas puedan conocer los atractivos turísticos de la mano de quienes habitan el territorio, posibilitando el desarrollo del turismo comunitario o bien, turismo de intereses especiales. Ello, releva oportunidades para participación e involucramiento de la sociedad civil en el diseño de iniciativas para el desarrollo sustentable y sostenible, como se aborda en el apartado siguiente.

En esta segunda etapa del proyecto asociado al Nodo Landata, nos encontramos levantando la información relacionada con el nuevo caso de estudio en la región de Atacama “Frontera Sur del DA”.

6.2 Talleres territoriales

a. Caso de estudio Cuenca de Llamará – Localidad de Pozo Almonte

En los talleres territoriales en la localidad de Pozo Almonte se identificaron los temas “Impacto Ambiental”, “Investigación”, “Turismo y Patrimonio” y “Trabajo colaborativo”.

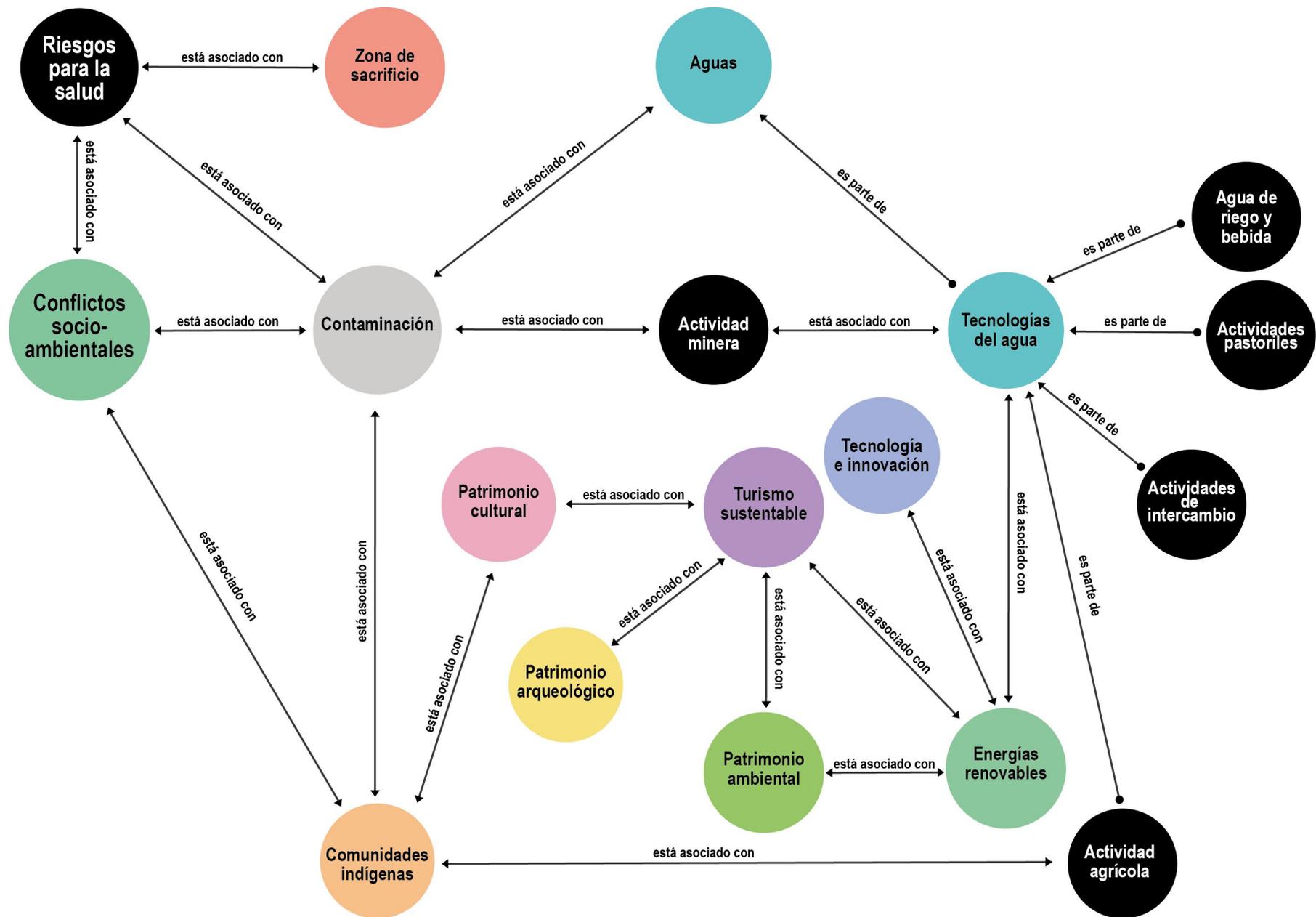


Fig. 12 Relación temáticas principales en literatura gris sobre Río Loa. Fuente: LANDATA, 2023.

En el caso del tema "Impacto Ambiental", se identifican oportunidades para el sector productivo local considerando las ventajas comparativas locales: Fomento de investigación para el aprovechamiento sustentable de los servicios ecosistémicos del bosque de Tamarugos.

En el caso del tema "Turismo y patrimonio", se identifican oportunidades para el sector Turismo local como: Promoción de un relato turístico coherente con el territorio, Fomento de estudio de capacidad de carga turística de la cuenca de Llamará, Fomento de interacción entre sector turismo y ciencia.

b. Caso de estudio Península de Mejillones - Localidad de Mejillones

En los talleres territoriales se abarcaron principalmente las brechas asociadas al Desarrollo Industrial, donde se identifican como oportunidades: Oportunidades de transformación progresiva por medio del fomento de proyectos "piloto" para soluciones sustentables; Fomento en investigación científica para diversificación productiva.

El tema "Energía" también presenta potenciales oportunidades derivadas desde el análisis de brechas: Fomento de investigación para la reconversión de energía convencional a ERNC; Fomento a la investigación en innovación en reciclaje de residuos industriales.

Por último, el sector Turismo presenta una serie de oportunidades como alternativa a la industria extractivista: Construcción de relatos turísticos con base científica; Fortalecimiento de interacción ciencia-turismo; Fomento al estudio de capacidad de carga turística con enfoque en el desarrollo sustentable.

c. Caso de estudio Cuenca del Río Loa - Localidades de Calama y Quillagua

Del análisis de brechas y situación actual surgen acciones que pueden interpretarse como oportunidades, en este sentido el tema "Agua" permite identificar oportunidades como: Fomento de relaciones público-privadas; Oportunidades de incorporación de industria sostenible enfocada en gestión de recursos hídricos no convencionales (Agua de Niebla). Considerando la ejecución de monitoreos participativos del recurso hídrico (inclusión del DS N°30/2023 en la normativa

ambiental) y la necesidad de remediación por deterioros del medio acuático, se identifican oportunidades que permitirán emular visiones compartidas para un desarrollo sostenible en el territorio.

Por otra parte, la "Agricultura y Ganadería" de la cuenca del Río Loa presenta características únicas como actividades resilientes (técnicas agrícolas tradicionales, ganadería de camélidos). Considerando las ventajas comparativas de las técnicas tradicionales, se identifican como oportunidades el Fortalecimiento de la agricultura local como foco de desarrollo; Desarrollo de productos agrícolas resilientes por medio optimización genética natural; Oportunidades de incorporación de industria sostenible enfocada en gestión de recursos hídricos no convencionales (Agua de Niebla).

El tema "Energía" con foco en las ERNC, se identifica como tema fuente de una serie de inquietudes, principalmente relacionadas con la falta de planificación en la gestión de residuos. Se identifican como oportunidades para el sector productivo: la necesidad de Empresas de gestión de residuos Industriales; Fomento de relaciones público - privadas; Potencialidad de desechos industriales como producto reciclado.

El tema "Minería" está relacionado con obligaciones y necesidades más que oportunidades, por lo tanto, se consideran como oportunidades: Fomento en investigación sobre nuevos recursos minerales primarios y secundarios.

El tema "Turismo" se aborda desde el desarrollo económico local como una alternativa para la puesta en valor de las singularidades de los territorios de la cuenca del Río Loa, en este sentido se considera como oportunidad; Fortalecimiento de investigación orientada al conocimiento del patrimonio natural y cultural; Fomento de interacción turismo - ciencia.

En esta segunda etapa del proyecto asociado al Nodo Landata, nos encontramos levantando la información relacionada con el nuevo caso de estudio en la región de Atacama "Frontera Sur del DA".

TEMA	OPORTUNIDADES
Impacto Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades para el sector productivo local considerando las ventajas comparativas locales. • Fomento de investigación para el aprovechamiento sustentable del bosque de Tamarugos.
Turismo y Patrimonio	<ul style="list-style-type: none"> • Promoción de un relato turístico coherente con el territorio. • Fomento de estudio de capacidad de carga turística de la cuenca de Lllamará. • Fomento de interacción entre sector turismo y ciencia.
Desarrollo Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades de transformación progresiva mediante proyectos 'piloto' para soluciones sustentables. • Fomento en investigación científica para diversificación productiva.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento e investigación para la reconversión de energía convencional a ERNC. • Fomento a la investigación en innovación en reciclaje de residuos industriales.
Turismo	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de relatos turísticos con base científica. • Fortalecimiento de la interacción ciencia-turismo. • Fomento al estudio de capacidad de carga turística con enfoque en DS.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de relaciones público-privadas. • Oportunidades de incorporación de industria sostenible enfocada en gestión de recursos hídricos no convencionales (Ej. Agua de Niebla).
Agricultura y Ganadería	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la agricultura local como foco de desarrollo. • Desarrollo de productos agrícolas resilientes mediante optimización genética natural. • Oportunidades de incorporación de industria sostenible enfocada en gestión de recursos hídricos no convencionales (Agua de Niebla).
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de empresas de gestión de residuos industriales. • Fomento de relaciones público-privadas. Potencialidad de desechos industriales como producto reciclado.
Minería	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento en investigación sobre nuevos recursos minerales primarios y secundarios.
Turismo	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de investigación orientada al conocimiento del patrimonio natural y cultural. • Fomento de interacción turismo-ciencia.

Tabla 1: Oportunidades para el Sector Productivo en el DA. Elaboración Propia.



Cielo nocturno, Desierto de Atacama

7. OPORTUNIDADES PARA LA SOCIEDAD

En el DA se despliega un abanico de oportunidades para la sociedad, las cuales, de acuerdo con lo constatado en el análisis de la literatura gris, hilvanan la importancia de la participación y empoderamiento comunitario en los diversos focos de desarrollo en la Cuenca del Río Loa, la Península de Mejillones, y la Cuenca de Llamará. Como se ha señalado anteriormente, existe una serie de factores que afectan los territorios y a su vez evidencian posibles acciones que permitan vivir bien en el Desierto, lo cual supone: una mejora en la calidad alimenticia de productos locales, diversificación de fuentes de recursos hídricos, protección medioambiental, innovación biotecnológica, fortalecimiento de las identidades culturales locales, valorización patrimonial, monitoreo de la biodiversidad y la conservación, planificación territorial efectiva, gobernanza local, y acercamiento de la CTCI a la comunidades e involucramiento de las mismas en su diseño y ejecución, entre otras.

Ahora bien, se considera que la especificidad de cada caso estudio con respecto a las oportunidades para la sociedad han sido expresadas, con mayor profundidad, por parte de quienes participaron en los talleres de cartografía participativa. Por ello, en este apartado se ha optado por desagregar la información basándose en ese contenido, como se verá a continuación:

a. Cuenca del Río Loa

En este caso de estudio, los talleres territoriales permitieron obtener nociones del acontecer actual, como también brechas y visiones que surgen desde las condiciones y habitabilidades del territorio. A continuación se presentan las oportunidades por temáticas tratadas en cada caso de estudio.

La implementación de Monitoreos hídricos integrales constantes y participativos de la cuenca del Río Loa permitirían implementar bases prácticas para una correcta gestión integral del recurso hídrico en la cuenca, derivando en mejoras en la calidad de vida (principalmente en aspectos relacionados con la Salud de la población, empoderamiento comunitario en materia científica y gestión de sus recursos). A su vez, la sistematización de la información por medio de una plataforma de datos fortalece iniciativas de democratización del conocimiento, en la medida que se incorporen capacitaciones adecuadas para la gestión de la información por parte de las comunidades.

Considerando el recurso hídrico como elemento central para el desarrollo de la actividad agrícola, la diversificación sostenible en fuentes hídricas junto a la optimización en el uso de estas (Ej. riego tecnificado, control de calidad de agua, entre otros) permitiría pensar en la recuperación de prácticas agrícolas tradicionales, que se han visto mermadas con la incursión de la minería y sus efectos derivados en el recurso hídrico.

La mejora y actualización de normativas ambientales, la implementación de sistemas de monitoreo y fiscalización fortalecerán la gobernanza ambiental, de forma paralela se fortalece la cogestión del territorio en temas medioambientales. La innovación y fortalecimiento de la investigación en biotecnología permitiría relevar la importancia ecosistémica de los microorganismos de los diversos hábitats del DA, así como también sus potencialidades para el sector productivo en salud, minería, y otros. De igual manera, estos avances permitirían fortalecer el conjunto de argumentos que sustentan la definición de sitios como figuras de protección ambiental.

El fortalecimiento del currículum formativo mediante el rescate del conocimiento sociocultural y natural, junto con la innovación en divulgación sobre las singularidades del territorio son oportunidades consideradas dentro del contexto educacional de los territorios.

Las oportunidades mencionadas se enmarcan en el uso responsable de la riqueza cultural y natural, consideradas como ventajas comparativas sostenibles de los territorios. Dichas oportunidades buscan un diálogo sustentable y coherente con las visiones y costumbres de las comunidades locales.

Por último, las oportunidades que surgen del tema Energía buscan abordar las principales problemáticas identificadas, asociadas a la convivencia territorial con proyectos ERNC. Por lo tanto, abordan las relaciones territoriales entre el sector productivo y las comunidades desde el análisis de las afectaciones al medio físico y social, hasta el desarrollo en la vinculación territorial entre el sector público, comunidades y el sector privado.

A continuación, se resumen las oportunidades identificadas según las temáticas emergentes de los talleres territoriales en las localidades de Calama y Quillagua.

TEMA	OPORTUNIDADES
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Co-construcción del conocimiento hídrico y empoderamiento comunitario. • Democratización del conocimiento. • Fortalecimiento de seguridad hídrica. • Fortalecimiento en educación ambiental asociado al agua. • Fomento en la conservación de técnicas de uso hídrico tradicionales.
Agricultura y Ganadería	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en la calidad alimenticia de productos locales. • Desarrollo económico local y regional. • Optimización y diversificación de fuentes de recursos hídricos para uso agrícola. • Fortalecimiento de actividades agrícolas tradicionales. • Fortalecimiento en la resiliencia climática en un contexto de cambio climático. • Empoderamiento comunitario.
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la gobernanza ambiental. • Fortalecimiento de iniciativas de generación de conocimiento orientado. • Empoderamiento de actores en materias de protección ambiental. • Mejoras en la calidad de vida por medio de instrumentos de protección ambiental. • Mejora y actualización de normativas ambientales.
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento del conocimiento natural, histórico y patrimonial de los territorios de la cuenca. • Fortalecimiento de iniciativas de generación de conocimiento orientado a la protección. • Fortalecimiento identitario y empoderamiento comunitario. • Innovación y fortalecimiento de la divulgación de conocimientos del territorio.
Turismo y Patrimonio	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la identidad cultural. • Desarrollo económico local. • Fortalecimiento de la conservación del patrimonio natural y cultural.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación territorial, Sostenibilidad en el manejo de residuos. • Fomento de transparencia en procesos de incidencia territorial. • Fomento de investigación sobre afectaciones de proyectos de ERNC. • Fomento de participación ciudadana en fiscalización ambiental asociada a proyectos de ERNC.

Tabla 2: Oportunidades para la sociedad en la Cuenca del Río Loa. Elaboración Propia.

b. Cuenca de Llamara

En este caso de estudio, los talleres territoriales permitieron obtener nociones del acontecer actual, como también brechas y visiones que surgen desde las condiciones y habitabilidades del territorio. A continuación se presentan las oportunidades por temáticas tratadas en cada caso de estudio.

Considerando las connotaciones negativas de algunas temáticas, se

infieren oportunidades para la sociedad considerando la ejecución de soluciones como acciones necesarias para solventar las brechas existentes.

A continuación, se resúmen las oportunidades identificadas según las temáticas emergentes de los talleres territoriales en la localidad de Pozo Almonte.

TEMA	OPORTUNIDADES
Impacto Ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Gestión del riesgo sanitario de la comunidad, propiciando un entorno seguro y saludable.• Fomento de iniciativas asociadas a campañas de monitoreo de biodiversidad y conservación.• Fomento de investigación sobre afectaciones "naturales" y antrópicas considerando las singularidades geoquímicas del Desierto.• Fomento de investigación sobre desechos industriales para un desarrollo sostenible.• Fomento de estudios en propiedades del recurso suelo para la planificación territorial.
Investigación	<ul style="list-style-type: none">• Fomento de transparencia a través del acceso a información científica vinculada al territorio.• Fortalecimiento de la Investigación y Capacidades Locales.• Desarrollo Sostenible y Gestión de Recursos.• Capacitación y adaptación para el acceso a la información.
Turismo y Patrimonio	<ul style="list-style-type: none">• Fortalecimiento en gestión de ventajas comparativas del territorio (Turismo).• Fomento de la actividad económica local.• Promoción de la Educación y la Cultura en función de las singularidades del territorio.• Fomento de desarrollo turístico sustentable afín a intereses culturales locales.

Tabla 3: Oportunidades para la sociedad en la Cuenca de Llamará. Elaboración Propia.

c. Península de Mejillones

En los talleres participativos en la localidad de Mejillones surgieron diversos temas relacionados con las brechas actuales del territorio, así como también visiones y acciones que bosquejan caminos a seguir en favor del desarrollo comunal y local. Es así cómo surgieron los siguientes temas; "Zona de Sacrificio", "Desarrollo Industrial", "Energía", "Turismo y patrimonio" y "Educación".

Considerando las connotaciones negativas del tema "Zona de Sacrificio", se infieren oportunidades para la sociedad mediante la identi-

ficación de soluciones en el tema "Desarrollo Industrial", asumiendo la directa relación entre los parques industriales actuales y las afectaciones medioambientales en el territorio.

A continuación, se resúmen las oportunidades identificadas según las temáticas emergentes de los talleres territoriales en la localidad de Pozo Almonte.

En esta segunda etapa del proyecto asociado al Nodo Landata, nos encontramos levantando la información relacionada con el nuevo caso de estudio en la región de Atacama "Frontera Sur del DA".

TEMA	OPORTUNIDADES
Desarrollo industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación en Soluciones Sostenibles. • Diversificación económica. • Gestión eficiente de desechos. • Optimización de recursos Minerales. • Promoción de procesos industriales alternativos y sustentables, impulsando la diversificación productiva con enfoques en biotecnología microbiana y nuevos minerales. • Fortalecimiento de la ciencia y tecnología integrando información ambiental y promoviendo la participación comunitaria. • Democratización del conocimiento y construcción de mecanismos de gobernanza inclusivos.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos para Mejora Ambiental y Energética. • Fortalecimiento de una Gestión Responsable de Desechos. • Fomento al Reciclaje y Recuperación Eficiente de desechos industriales. • Contribución a la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables
Turismo y Patrimonio	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de atractivos turísticos orientado a la construcción participativa de relatos turísticos. • Fortalecimiento de actividad turística actual por medio de hibridación turismo/ciencia. • Profundización de conocimientos acerca de sitios turísticos ya existentes. • Fortalecimiento de sitios turísticos actuales.
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la malla curricular orientada al conocimiento, reconocimiento y conservación del patrimonio natural y cultural. • Fomento de capacidad comunitaria de gestión y fiscalización medioambiental. • Capacitación y formación en el cuidado y conservación del medio físico, así como en transformaciones productivas orientadas a los nuevos desafíos del territorio.

Tabla 4: Oportunidades para la sociedad en la Península de Mejillones. Elaboración Propia.



Salar Grande

8. NECESIDADES HABILITANTES

Reconocer las necesidades habilitantes es clave para que las acciones de Landata sean efectivas y tengan un impacto positivo en el ecosistema CTCI de la MZN. El trabajo realizado por Landata se ha centrado en diagnosticar las necesidades de los territorios, al mismo tiempo que identifica el rol actual de la ciencia sobre el desierto. Sin embargo, un aspecto que ha quedado fuera del diagnóstico son las capacidades materiales (infraestructura y equipamiento) de los actores involucrados. A partir de esta información, se presentan a continuación, de manera general, algunas de las necesidades habilitantes que Landata aborda a través de sus iniciativas priorizadas, posteriormente, se subraya la importancia de contar con un diagnóstico robusto y sistemático de las capacidades de los actores del ecosistema CTCI.

La iniciativa priorizada "Levantamiento de información y propuesta de monitoreo actualizado y participativo en las cuencas hidrográficas del DA y de otras zonas relacionadas", tiene como objetivo abordar las necesidades habilitantes identificadas en el diagnóstico realizado por el Nodo, específicamente en lo que respecta al acceso a información sobre los recursos hídricos del territorio. La falta de un acceso sencillo a información validada representa una brecha importante, que dificulta la obtención de datos por parte de las comunidades y genera tensiones entre las actorías, fomentando un clima de desconfianza. Esta iniciativa busca establecer un sistema de monitoreo de los re-

ursos hídricos, que incluya la recolección de datos y la producción de información a través de monitoreos participativos. Su propósito es simplificar el acceso a la información y garantizar la legitimidad de los datos, tanto por la naturaleza participativa de los monitoreos como por la identidad científica del Nodo, que permite a Landata participar en el diálogo desde una posición técnica. De igual forma, el conocimiento de este tipo de información habilita la proyección de iniciativas que requieren un conocimiento del estado de la cuenca para enfocar su acción.

La iniciativa priorizada del "Observatorio de geo y biodiversidad del DA y Altiplano: Misiones científicas para poner en valor las singularidades del DA (OGBD)", reconoce al DA como un territorio excepcional para la investigación científica, y, en consecuencia, las necesidades habilitantes que aborda están estrechamente vinculadas a esta perspectiva. Desde el Nodo se considera que mejorar las dinámicas investigativas sobre el territorio es una necesidad habilitante para fortalecer el compromiso de la ciencia para con el territorio y sus comunidades, además de fortalecer el campo científico nacional. Para ello, se propone como producto de la iniciativa un manual de buenas prácticas, que establece lineamientos para guiar a los investigadores, tanto nacionales como internacionales, en su interacción con el territorio. Además, la iniciativa representa un avance en una necesidad habilitante particularmente desafiante: complejizar el imaginario social del DA. Esto es crucial para transformar la percepción del desierto, de un espacio "vacío" y destinado exclusivamente a la producción económica, a un territorio rico en valor científico y cultural.

Finalmente, es importante señalar una necesidad habilitante que aún no ha sido plenamente abordada y que, en opinión de Landata, es esencial para fortalecer la CTCI en la MZN: la realización de un diagnóstico de las capacidades de los actores del ecosistema. Contar con esta información facilitará el diseño de proyectos que se basen en un conocimiento profundo de las oportunidades, capacidades y brechas presentes en este contexto. Los nodos de la MZN nos hemos reunido para intentar definir una metodología adecuada para llevar a cabo este diagnóstico, no obstante, se sigue proyectando como una acción a mediano plazo.

9. QUÉ VAMOS A HACER: HOJA DE RUTA

A través de diversas metodologías y en diálogo constante con actores clave del DA, Landata ha construido una Hoja de Ruta (HDR) para el Desarrollo de la CTCI en y para el DA, considerando las brechas, oportunidades y visiones de diferentes territorios que componen este laboratorio natural. Para el Nodo, la HDR es esencial en la construcción de una relación sostenible con el DA, una relación que valore sus singularidades, permitiendo tanto su uso como su preservación. En esta relación, la ciencia no solo juega un rol activo como agente de investigación, sino que también utiliza su conocimiento del entorno para articular y profundizar las acciones en torno a él.

Esta HDR busca trascender los límites del Nodo y ser apropiada e incorporada por otros actores del ecosistema CTCI que comparten la visión común articulada por Landata. Su objetivo es que estos actores reconozcan la pertinencia de los proyectos propuestos y los asuman como propios para su ejecución.

Pueden encontrar la primera versión de la HDR del Nodo Landata en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1t_cAC06q8Q0r-FhLRw1KyYZUnCnZWQPiv/view?usp=sharing

10. BIBLIOGRAFÍA

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. (2019). Actualización de información de objetos de conservación en Bahía Mejillones, comuna de Mejillones, región de Antofagasta. Informe Final. Valdivia.

Chile Sustentable. (2021). Habitantes de Quillagua denuncian que sequía del río Loa se debe a extracción de agua por minera SQM. Obtenido de <https://www.chilesustentable.net/2021/01/habitantes-de-quillagua-denuncian-que-sequia-del-rio-loa-se-debe-a-extraccion-de-agua-por-minera-sqm/>

Fuentes, C. (11 de enero de 2021). Comunidad indígena Yalquincha busca convertir su territorio en Zona de Interés Turístico. La Tercera. Obtenido de <https://www.latercera.com/laboratoriodecontenidos/noticia/comunidad-indigena-yalquincha-busca-convertir-su-territorio-en-zona-de-interes-turistico/6VNNWI5XIJGHXGFORZZYLXJTQE/>

Instituto Nacional de Derechos Humanos. (2017). Extracción ilegal de agua en Pampa del Tamarugal.

LANDATA. (2023). Informe Final – Análisis Literatura Gris.

Sancha, A. M. (1998). Gran minería y medio ambiente. Estudio de caso: Contaminación por arsénico en el norte de Chile y su impacto en el ecosistema y la salud humana. Santiago: FCFM, Universidad de Chile. Obtenido de http://www.ingenieroambiental.com/4012/11183381171informe_final.pdf

11. ANEXOS

11.1 Presentación de sitios priorizados

Las fichas descriptivas de cada uno de los casos de estudio del Nodo Landata se pueden descargar acá:



**FICHA
PENÍNSULA DE
MEJILLONES**



**FICHA
CUENCA
RÍO LOA**



**FICHA
CUENCA DE
LLAMARA**





Desierto de Atacama

LanData

Laboratorio Natural Desierto de Atacama



landata.cl

f   in / landata@ucn.cl

INSTITUCIONES ASOCIADAS



Universidad
Católica del Norte



UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ
Universidad del Estado



UNIVERSIDAD
DE CHILE



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

BIOCIENCIA
FUNDACION CIENTIFICA Y CULTURAL

