



## PROYECTO CORFO

# ESTUDIO DE UN MODELO CONCEPTUAL ECOLÓGICO PARA LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA.

### Informe 1: Análisis crítico de antecedentes ambientales registrados para la Cuenca del Salar de Atacama

Presentado por:



Elaborado para: Comité de Minería No Metálica y Gobernanza de los Salares de CORFO

Líder de Proyecto Carolina Díaz Pardo

Rev.	Fecha	Emitido para	Preparado	Revisado	Aprobación CORFO
1	06-11-2017	Entregable del Hito 1	Equipo Especialistas	C. Diaz	-
2	29-11-2017	Entregable del Hito 1 (v2)	Equipo Especialistas	C. Diaz	-
3	29-12-2017	Entregable del Hito 1 (v3)	Equipo Especialistas	C. Diaz	M.J.Ruiz-Esquide

## Contenido

RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1 INTRODUCCION .....	6
2 OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivo general .....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
3 AREA DE ESTUDIO .....	8
4 METODOLOGIA .....	9
4.1 Síntesis de antecedentes relevantes .....	9
4.2 Recursos hídricos.....	11
4.3 Sitios con protección ambiental relevantes .....	11
4.4 Análisis de comparación de modelos conceptuales ecológicos.....	11
4.5 Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del Salar de Atacama .....	12
4.5.1 Antecedentes.....	12
4.5.2 Recopilación de información .....	12
4.5.3 Preprocesamiento de coberturas .....	14
4.6 Generación de base de datos geocientífica .....	16
5 RESULTADOS.....	17
5.1 Antecedentes revisados de la Cuenca del Salar de Atacama.....	17
5.2 Recursos hídricos.....	19
5.3 Sitios con protección ambiental en la Cuenca del Salar de Atacama .....	20
5.3.1 Reserva Nacional Los Flamencos .....	22
5.3.2 Sistema Hidrológico de Soncor .....	22
5.3.3 Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna .....	23
5.4 Análisis de comparación con otros modelos conceptuales ecológicos.....	24
5.5 Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del salar de Atacama .....	31
5.6 Generación de base de datos geocientífica .....	34
6 CONCLUSIONES.....	36

7	REFERENCIAS .....	38
8	ANEXOS.....	42

## Índice de tablas

Tabla 4-1: Lista de instituciones y repositorios digitales a revisar para obtener antecedentes bibliográficos y antecedentes cuantitativos y geográficos para los componentes del Modelo Ecológico Conceptual del Salar de Atacama. ....	9
Tabla 4-2: Coberturas y fuentes de información empleadas para la elaboración de la macrozonificación preliminar de la Cuenca del Salar de Atacama. ....	13
Tabla 5-1: Nombre de las carpetas donde se organizó y guardó la información bibliográfica para la elaboración del proyecto .....	17
Tabla 5-2: Superficies de los Sitios de Conservación ubicados en la Cuenca de Salar de Atacama .....	20
Tabla 5-3: Distribución de frecuencias para los criterios de aplicabilidad e importancia del modelo conceptual. El primer criterio evalúa si el modelo o técnica de modelamiento reportado en la referencia es pertinente o aplicable a un ecosistema como la cuenca del salar de atacama, mientras que el segundo criterio evalúa la importancia de los constructos y herramientas utilizados en la referencia para la realización de un modelo ecológico conceptual para el ecosistema de la cuenca del Salar de Atacama en particular .....	27
Tabla 5-4: Distribución de frecuencias para el tema específico de cada modelo conceptual versus la importancia del modelo conceptual para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama .....	28
Tabla 5-5: Distribución de frecuencias para las categorías de debilidades en cada modelo conceptual examinado como referencia para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama.....	29
Tabla 5-6: Distribución de frecuencias para las categorías de fortalezas en cada modelo conceptual examinado como referencia para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama.....	30
Tabla 5-7: Polígonos con mayores superficies según macrozonificación preliminar .....	31

## Índice DE FIGURAS

Figura 5-1: Número de documentos o artículos indexados en Mendeley por carpeta .....	18
Figura 5-2: Sitios de protección ambiental presentes en la Cuenca del Salar de Atacama .....	21
Figura 5-3: Distribución temporal de las referencias bibliográficas revisadas para la comparación de modelos conceptuales. ....	24



Figura 5-4: Distribución temporal de las publicaciones en revistas científicas revisadas para la comparación de modelos conceptuales .....	25
Figura 5-5: Distribución de frecuencia de las referencias a través de distintas categorías o tipos de trabajos .....	26
Figura 5-6: Propuesta Preliminar de Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca Salar de Atacama” .....	32
Figura 5-7: Propuesta Preliminar de Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del Salar de Atacama (continuación: leyenda de Mapa) .....	33

## LISTADO DE ANEXOS

Anexo A	Fichas de resumen de antecedentes relevantes de estudios
Anexo B	Fichas de comparación con otros modelos conceptuales ecológicos



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de un modelo conceptual ecológico para el Salar de Atacama, el cual contempla el análisis crítico de los antecedentes ambientales registrados para la cuenca del Salar de Atacama. Para ello a continuación se entrega una síntesis de cada objetivo específico abordado en este informe de avance.

1

### a) Recopilación y revisión de información y síntesis de los antecedentes relevantes

En primer lugar, se realizó una síntesis de los antecedentes relevantes para el desarrollo del modelo ecológico conceptual, a través de la recopilación y revisión de información bibliográfica.

Como resultado de este análisis de las referencias bibliográficas (530 archivos), que incluyen las publicaciones obligatorias por bases y algunos documentos de relevancia, se elaboraron en total 26 fichas que resumen los antecedentes revisados. En tanto, la información bibliográfica obtenida fue guardada, organizada y sistematizada en carpetas con el nombre de la institución de donde se obtuvo la información, en los soportes Dropbox y Mendeley (gestor bibliográfico). Cabe destacar que, 303 archivos fueron indexados en el gestor bibliográfico Mendeley. Por último, mencionar que del análisis de la información se obtuvo que dentro de los documentos obligatorios para su revisión, había dos títulos repetidos, y un documento no fue posible analizar por no encontrarse disponible para su uso (restricción por parte de autores).

Respecto del análisis de la información relacionada con “Recursos Hídricos”, se revisaron los antecedentes que caracterizan la dinámica hidrogeológica de la cuenca con énfasis en la comprensión del funcionamiento hídrico de los sistemas lacustres. A escala de cuenca, los estudios apuntan a la disponibilidad del recurso, a la cuantificación de las tasas de evaporación y a conocer el origen de las salmueras a partir de análisis geoquímicos e hidroquímicos. En general, los estudios hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos que apuntan a estos sistemas lacustres, en particular, son escasos. Por otro lado, se revisaron los antecedentes que caracterizan ecosistemas en humedales y bofedales, con el objetivo de evaluar de qué manera se ha incorporado el componente hídrico en las caracterizaciones, modelos conceptuales, guías descriptivas, manuales, entre otros. En general, los estudios revisados abordan las caracterizaciones desde una perspectiva conceptual, donde hay pleno conocimiento y concordancia en definir que el componente hídrico es determinante para la existencia y distribución de las especies biológicas de los humedales y bofedales en particular.

En la revisión se definen las siguientes variables hídricas relevantes para la caracterización y monitoreo del componente: nivel freático, caudales superficiales, altura de escurrimiento, niveles hidrométricos, hidroquímica, evaporación, precipitaciones, viento, temperatura del aire, entre otras. Sin embargo, es importante destacar que existe una pobre comprensión de la dinámica hídrica e hidrogeoquímica en los sistemas de humedales altoandinos y/o bofedales asociados a cuencas endorreicas, en ningún caso se ha logrado determinar de forma clara de qué forma se vincula con el sistema ecológico.

## b) Identificar los sitios de protección ambiental relevantes de la Cuenca del Salar de Atacama.

Se identificaron en la cuenca del Salar de Atacama tres sectores que presenten restricciones ambientales, entre los que se encuentran Reserva Nacional Los Flamencos, Sistema Hidrológico de Soncor y Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna.

2

La Reserva Nacional Los Flamencos, corresponde a un área silvestre protegida por el estado (SNASPE), administrada por Conaf y creada el 02 de abril de 1990, (D.S. 50 del Ministerio de Agricultura). Se ubica administrativamente en la comuna de San Pedro de Atacama y está dividida en siete sectores; Salar de Tara, Salar de Aguas Calientes y Salar de Pujsa, ubicados en el Altiplano; Lagunas Miscanti, Miñiques, Valle de La Luna y Tambillo, en el sector del Salar de Atacama. Los objetivos de esta unidad, son preservar y dar representación en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, incentivar el uso público en la forma de ecoturismo, investigación científica y educación ambiental, además de proteger ambientes expuestos a los efectos antrópicos negativos y manejarlos con criterio de desarrollo sostenido. Se destaca la presencia de especies de flora como la tola, llareta y la paja brava. En el sector de Tambillo existe un bosque de 370 ha de tamarugos. Las especies de fauna están representadas por la vicuña, zorro culpeo y zorro gris, la vizcacha, el flamenco chileno, la parina grande y la parina chica; el cóndor, la perdiz de la puna, la tagua cornuda, la gaviota andina, perdicita cordillerana y el piquén.

El Sistema Hidrológico de Soncor, corresponde a un sitio RAMSAR creado el 2 de diciembre de 1996 (D.S. 771/81, Ministerio de Relaciones Exteriores) y administrado por Conaf. Se ubica el sector nororiente del salar dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo que se encuentra incluido en el Plan de Gestión Participativa de la Reserva bajo la gestión de la categoría IV de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). El sistema está formado por cuatro lagunas someras clasificadas como salobres y permanentes de no más de 1,5 m de profundidad, interconectadas superficial y subsuperficialmente, de gran dinamismo en sus superficies. Estas lagunas se emplazan sobre una capa costrosa formada por la acumulación constante de cristales de cloruro y sulfuro, que origina la excesiva evaporación en el salar. Hábitat de un gran número de flamencos y parinas, además se evidencia presencia de aves tales como el caití, chorlo de la puna, gaviota andina, suri y aves migratorias como el playero de Baird. También se observan lagartijas del género *Liolaemus* y mamíferos como los zorros chilla y culpeo.

Por último, el Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna creado el 7 de enero de 1982 (D.S. 37/82, Ministerio de Educación), considerado una subunidad de la Reserva Nacional Los Flamencos y administrado por Conaf. Cabe destacar que, las actividades turísticas están a cargo de la comunidad indígena de San Pedro de Atacama, cuyo enfoque principal es el turismo y el cuidado del patrimonio geomorfológico, en este sector se encuentra el bloque plegado denominado Cordillera de la Sal. Es importante destacar que cercano al valle de luna se encuentra el sitio arqueológico Tulo, ubicado en el margen norte del salar de atacama, con una antigüedad estimada de más de 2800 años. La administración de este sitio se desarrolla en el marco de una estratégica en la que participan la Comunidad Indígena de Coyo, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) y la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI). En relación a la flora y vegetación, esta es escasa en casi la totalidad del sector, con excepción del área sur del Sector, en el Ayllu de Coyo y la Aldea de Tulo, donde es posible identificar ejemplares aislados de brea, grama salada, chilca y cachiyuyos en mayor cantidad. En áreas aledañas es posible observar ejemplares de algarrobo. La fauna del sector es escasa, limitándose a mamíferos como

el zorro culpeo, el ratón orejudo y la llaca de la puna. Entre las aves se encuentran el minero de la puna, el mero de la puna, y especies como el zorzal negro y el chincol, que se asocian principalmente a los sectores agrícolas aledaños. Se evidencian además ejemplares aislados de la lagartija del norte.

**c) Análisis de comparación con otros modelos conceptuales ecológicos de ambientes similares, a nivel nacional e internacional.**

3

La búsqueda de antecedentes bibliográficos sobre modelos conceptuales permitió recabar copias digitales para un total de 45 trabajos, correspondientes a 33 artículos en revistas científicas, 7 libros o capítulos de libros, y 4 tesis, cuadernos o informes técnicos o manuscritos. Los trabajos revisados abordan sistemas ecológicos correspondientes a 8 países, siendo Estados Unidos el que presenta mayores estudios de caso, seguido por Australia y luego por Alemania, Chile, Colombia, Israel, África y Europa.

Los sistemas ecológicos abordados por estas referencias son muy diversos, abarcando en orden decreciente manglares o everglades, paisajes urbanos y rurales, humedales, lagos, sistemas marinos costeros y arrecifes de coral, bosques templados, sistemas mediterráneos o chaparral, lagos salinos, bosques tropicales, sistemas áridos y estudios a través de múltiples hábitats o sistemas. En tanto, las restantes referencias no hacen mención o aplicación explícita de un modelo conceptual a un sistema ecológico particular, siendo libros de texto o artículos teóricos.

Respecto al tipo de aporte que constituye cada referencia, alrededor de la mitad de las referencias corresponden a una aplicación de un Modelo Conceptual, y de estas la mayoría son aplicaciones generales, el resto aplicaciones corresponden a sistemas particulares o casos de estudio específico, como la aplicación de FHES Sistemas (una referencia) o el uso de modelos conceptuales en resolución de imágenes satelitales o análisis de sistemas complejos (una referencia en cada caso). A su vez, se observó que 16% de las referencias utilizaron diagramas de flujo, y que los trabajos correspondientes a material de referencia también comprenden 16% de los trabajos revisados. Estos últimos incluyen libros de texto clásicos y recientes, que entregan una sólida base tanto estadística como de modelamiento.

De los trabajos restantes en bajos porcentajes, corresponden a discusión conceptual o desarrollo de técnicas de modelamiento específicas, tres trabajos en los que se ilustra el uso transdisciplinario de un modelo conceptual para facilitar la comunicación entre actores y disciplinas, o bien para documentar la propuesta de un nuevo modelo conceptual. Por último, el trabajo n°45 no aplica en ninguna de las categorías antes mencionada, ya que corresponde a un análisis de clasificación de cobertura de suelo en base a imágenes satelitales, sin entregar ninguna conceptualización de funcionamiento ecológico.

Por otra parte, para cada referencia se evaluó su aplicabilidad para un ecosistema como el Salar de Atacama, al igual que su importancia como referencia como guía metodológica para el desarrollo del modelo conceptual que se pretende construir para la cuenca del Salar de Atacama. En este sentido, la estrategia preliminar de modelamiento identificada ha señalado que existe la posibilidad de que no se cuente con el mismo nivel de detalle para la descripción conceptual, dependiendo de los componentes y sectores que se examinen.

Dada la heterogeneidad de los antecedentes e información disponibles, no todos los ejemplos de modelos conceptuales disponibles en la literatura pueden ser pertinentes o aplicables. Por ello, el primer criterio evalúa si el modelo o técnica de modelamiento reportado en la referencia es pertinente o aplicable a un conjunto de ecosistemas como los que se encuentran en la cuenca del Salar de Atacama, mientras que el segundo criterio evalúa la importancia de los constructos y herramientas utilizados en la referencia para la realización de un modelo conceptual como el que se desea desarrollar.

De este modo, de las 45 referencias examinadas, cerca de la mitad no es relevante o pertinente para apoyar o guiar el desarrollo de un modelo conceptual para el Salar de Atacama. Ello principalmente debido a debilidades en la estrategia metodológica o a carencias en el detalle de información respecto a cómo abordar un ecosistema heterogéneo en cuanto a sus componentes, compartimentos de materia y energía, al igual que el flujo de materia, energía, nutrientes e información entre ellos.

El grueso de los trabajos se caracteriza por no definir mayor detalle de resolución al examinar los componentes. Esta ausencia de desagregación refleja un énfasis en procesos ecosistémicos de gran escala, que no coincide con la visión del modelo conceptual que se desea desarrollar para la cuenca del Salar de Atacama. En particular, el modelo conceptual para el Salar de Atacama debe ser capaz de desagregar componentes, idealmente al nivel taxonómico y funcional más fino operacional posible. En este respecto, la agregación de componentes ecosistémicos en grandes componentes (p. ej. “Productores” vs “Consumidores” o “Vegetación terrestre” vs “Sistemas límnicos”) es una gran debilidad como insumo para el desarrollo del modelo conceptual para el Salar de Atacama. Una de las conclusiones de este esfuerzo de revisión bibliográfica, es que el grueso del esfuerzo presente en las referencias revisadas está en la aplicación de técnicas o métodos novedosos de modelamiento, al igual que en el establecimiento de guías detalladas para el desarrollo de los modelos conceptuales.

Finalmente, las aproximaciones muy complejas no necesariamente permiten una parametrización detallada para todos los componentes, lo que enfatiza la brecha de conocimiento existente, y dificulta su implementación para el ecosistema del Salar de Atacama.

#### **d) Caracterizar de forma preliminar los macroambientes de la Cuenca del salar de Atacama.**

Respecto de la macrozonificación ecosistémica de la cuenca del salar de Atacama, una vez disponibles, corregidas y procesadas las coberturas se procedió a la ejecución de la macrozonificación preliminar del Salar de Atacama. Desde la perspectiva técnica, se procedió a la intersección de la cobertura de suelos obtenida a partir de los pasos secuenciales descritos en la metodología, con la cobertura geomorfológica mediante plataformas SIG. El resultado obtenido, corresponde a una cobertura en formato raster compuesto de 147 polígonos. Sobre la base de la cobertura obtenida, como segundo paso anidado, se procede a la atribución de los polígonos obtenidos, con coberturas composicionales de fauna y flora descritas en el acápite anterior. De éste modo, cada polígono contiene especies de flora y fauna relevantes para dicha unidad funcional.

**e) Generar una base de datos geocientífica a partir de los antecedentes relevantes para el modelo ecológico conceptual de la Cuenca del Salar de Atacama.**

En el presente apartado se da cuenta de la revisión de los documentos/artículos y publicaciones con el objeto de considerar aspectos relevantes para el planteamiento del modelo conceptual de la cuenca del Salar de Atacama. Al momento de analizar las publicaciones se detectaron los siguientes inconvenientes, artículos teóricos que no entregan ningún antecedente en relación al Sitio de Estudio, publicaciones que evalúan sistemas que no son homologables al sitio de estudio, artículos anecdóticos en relación a la administración/manejo, con ningún antecedente en relación al sistema, publicaciones que no poseen georreferenciación de variables relación a la cuenca.

5

Salvo excepciones puntuales, los antecedentes entregados en los diferentes artículos carecen de información georreferenciada. Además, en la mayor parte de las publicaciones los ecosistemas/formaciones o comunidades abordadas se tratan desde una perspectiva teórica adimensional (tanto en el tiempo como en el espacio). De modo general, las publicaciones revisadas intentan conceptualizar a los componentes que definen el sistema, aun cuando la definición del mismo no se establece claramente. De esta forma los conceptos definidos, no se articulan, aun cuando se mencionan posibles variables que “debiesen ser evaluadas” pero de las cuales no se establece ninguna referencia. Incluso algunos de los trabajos corresponden a recopilaciones cuya referencia no se establece con claridad.

Conforme a lo indicado en la metodología de la propuesta, se han reunido antecedentes disponibles en distintas fuentes de acceso público. Estos incluyen de manera importante una base de datos de presencias de especies, elaborada a partir de datos disponibles en el SEA, y proyectos y portales como GBIF, eBird y Proyecto Biota. Estos antecedentes permiten contar con información espacialmente explícita que describe la ocupación del territorio por parte de distintos Objetos Ecológicos de Interés (especies, poblaciones, comunidades y formaciones vegetacionales). De esta forma, se ha logrado avanzar en reducir la brecha de conocimiento existente para la cuenca del Salar de Atacama.

## 1 INTRODUCCION

Los humedales son ecosistemas acuáticos integrados a las cuencas hidrográficas, como subsistemas límnicos de éstas. Los humedales que son parte de los ecosistemas de páramo, jalca y puna, son conocidos como humedales andinos y altoandinos, los cuales, conforman sistemas con una gran variedad de ambientes, como lagos y lagunas de agua dulce (glaciar, volcánico y tectónico), salares, bofedales y turberas, aguas termales y géiseres social (Ahumada *et al.*, 2011).

Los humedales andinos sostienen una diversidad biológica única y se caracterizan por un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales, terrestres y acuáticas. También constituyen refugio para muchas especies migratorias, además de ser zonas de reproducción de una gran cantidad de especies que se encuentran con problemas de conservación. Juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas y de los sistemas hidrográficos que sostienen actividades de importancia económica y social (MMA & Centro de Ecología Aplicada, 2011).

También los humedales andinos son reconocidos globalmente como ambientes escasos y se encuentran dentro de los ecosistemas más frágiles por sus características, amenazas y su alta significancia social y económica, determinada por los servicios ecosistémicos que entregan. Desde hace unos años, se ha comprendido su relevancia y han surgido varias iniciativas público–privadas para apoyar la conservación de estos ecosistemas (Ministerio de Medio Ambiente, 2011).

Su alta fragilidad y vulnerabilidad se asocia a causas naturales (como extensas sequías) y antrópicas. De estas últimas las causas más relevantes que han llevado a la degradación de los humedales son: la extracción de agua para usos agrícolas y mineros, la fragmentación de los sistemas acuáticos, los intensos procesos de urbanización, las quemadas, la contaminación y la construcción de grandes obras de infraestructura, además del alto crecimiento de la población humana y una sectorizada y poco integral planificación del desarrollo. Debido a esto, muchos humedales se están perdiendo de manera acelerada, siendo el desconocimiento sobre su dinámica y ecología un punto importante que ha influido sobre este escenario (MMA & Centro de Ecología Aplicada, 2011).

Los servicios que proporcionan los humedales andinos y altoandinos no son ilimitados y la degradación de estos ecosistemas acarrea la pérdida no sólo de fuentes esenciales de agua, sino de otros múltiples beneficios incluyendo su potencial para la recreación y el ecoturismo. Por ello es importante su conservación y su uso no debiera ir más allá de los límites del umbral crítico donde su deterioro se hace irreversible (CIREN, 2013).

Ahora bien, el desarrollo de actividades productivas de gran escala generalmente trae asociado consigo un conjunto de efectos e impactos sobre el entorno natural y social. En un esfuerzo por mitigar o eliminar estos efectos adversos, la institucionalidad y normativa ambiental ha generado procedimientos y reglamentos como la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y el monitoreo ambiental. En ese sentido, un monitoreo ambiental adaptativo se centra en la medición o registro periódico de los recursos y variables ambientales significativos de un sistema ambiental, tanto a lo largo del tiempo como a través del espacio (Lindenmayer & Likens, 2009). Ello con el objetivo de permitir la toma de decisiones ambientales que cautelen la persistencia y bienestar del ecosistema, sus componentes y las comunidades humanas asociadas al mismo. No obstante, para ser eficaz, un programa de monitoreo adaptativo debe presentar algunos elementos clave: i) abordar preguntas bien definidas y precisas, que

se especifican antes del inicio del programa de monitoreo; (ii) basarse en un diseño estadístico riguroso; iii) basarse en un modelo conceptual de cómo un ecosistema podría funcionar, o cómo los componentes estudiados en un programa de monitoreo podrían funcionar (por ejemplo una población, comunidad o formación vegetacional); y por último (iv) ser guiado por el objetivo último de ganar comprensión sobre un ecosistema (Lindenmayer & Likens, 2009).

7

En este caso, el supuesto fundamental es que los humedales, en términos de biodiversidad, son una expresión de los factores físico-químicos que regulan su estructura y funcionamiento. Sin embargo, existe una multiplicidad de variables, que hacen de estos ecosistemas, sistemas muy complejos. Una forma de observar dicha complejidad es mediante la elaboración de un modelo conceptual, el cual, puede ser considerado como una lista de variables de estado y funciones forzantes que son importantes en determinar la estructura, dinámica y funcionamiento de un ecosistema en general (Jorgensen & Fath 2011).

Desde esta perspectiva, un monitoreo adaptativo tiene la intención expresa de proporcionar datos que reflejen eventuales cambios en el estado o las tendencias del sistema o componentes del sistema, para permitir a los tomadores de decisión definir acciones o estrategias de manejo, con sus indicadores y objetivos de logro respectivo. Sin embargo, debido a que los sistemas ambientales son inherentemente complejos y que los actores responsables de su manejo y conservación deben tomar en cuenta tanto la variación climática externa como la variación endógena de estos sistemas, tanto las preguntas que guían el diseño de programa de monitoreo adaptativo, como el modelo conceptual que lo sustenta son elementos clave. Un modelo conceptual puede ser considerado como una lista de variables de estado y funciones forzantes que son importantes en determinar la estructura y dinámica de un ecosistema en general y para el problema en estudio en particular. (Jorgensen & Fath 2011). En ese sentido, los modelos o diagramas conceptuales son ampliamente utilizados para sintetizar y comunicar la comprensión de la dinámica del sistema. Un aspecto clave de los modelos conceptuales, es que permiten identificar aquellos procesos y variables ecológicas importantes para determinar la variación y estado del ecosistema. Así, encapsulan las preguntas y componentes que guían el diseño de un plan de monitoreo adaptativo. Además, los modelos conceptuales facilitan la comunicación de interacciones complejas entre especies, recursos y condiciones, y entre estos y los indicadores y estados de los procesos y variables de estado ecológicas.

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de un modelo conceptual ecológico para el Salar de Atacama, correspondiendo el presente documento al primer informe de avance, el cual, contempla el análisis crítico de los antecedentes ambientales registrados para la cuenca del Salar de Atacama.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Desarrollar un modelo conceptual de las variables, criterios, procesos y elementos físicos y bióticos necesarios para comprender las relaciones ecológicas que interactúan en la cuenca del Salar de Atacama.

8

### 2.2 Objetivos específicos

- Realizar una síntesis de los antecedentes relevantes para el desarrollo del modelo ecológico conceptual de la Cuenca del Salar de Atacama.
- Identificar los sitios de protección ambiental relevantes de la Cuenca del Salar de Atacama.
- Realizar un análisis de comparación con otros modelos conceptuales ecológicos de ambientes similares, a nivel nacional e internacional.
- Caracterizar de forma preliminar los macroambientes de la Cuenca del salar de Atacama. Generar una base de datos geocientífica a partir de los antecedentes relevantes para el modelo ecológico conceptual de la Cuenca del Salar de Atacama.

## 3 AREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la hoya hidrográfica del Salar de Atacama, la cual, corresponde a una cuenca endorreica que se desarrolla en el centro oriente de la II Región de Antofagasta a una altitud de 2.300 m.s.n.m. entre los 22°20' de latitud hasta los 24°10' latitud sur. La cuenca presenta una superficie de 15.620 km<sup>2</sup>, con su mayor longitud en sentido N-S de 210 km y un ancho máximo de 110 km. Se encuentra ubicada entre la Cordillera de los Andes al Este y por la Cordillera de Domeyko al Oeste (Alonso & Risacher, 1995).

El fondo de la cuenca de Atacama está ocupado por el salar propiamente tal, el que posee una superficie de 3.000 km<sup>2</sup> y corresponde al salar más grande de Chile, en el cual subsisten algunas lagunas remanentes. La extensión húmeda alcanza aproximadamente a 1.500 km<sup>2</sup>, lo que representa un 10% de la superficie total, con una altitud media de 2.400 m.s.n.m. Constituye la base de equilibrio de una profusa red de drenaje, cuyas principales vías de escurrimiento desembocan en la cabecera norte del salar a través de los ríos San Pedro y Vilama (Cade-Idepe, 2004).

El río San Pedro es el principal aporte superficial del Salar de Atacama y es el que sustenta la mayor área regada alrededor del pueblo principal. Igualmente, existen importantes aportes subterráneos por todo el límite oriental y un gran número de pequeños aportes generados en vertientes que caen desde el oriente y también por el extremo sur. El río San Pedro se origina a unos 12 km aguas arriba del pueblo de San Pedro de Atacama de la confluencia de los ríos Grande que viene del noreste y del Salado o Chuschul que proviene del noroeste. El río Grande se origina en la alta cordillera en la confluencia de los ríos Jauna y Putana. El segundo afluente importante del salar corresponde al río Vilama el que nace de la confluencia de los ríos Purifica y Puritana, a 3.370 m de elevación a unos 22 km al norte del pueblo de San Pedro de Atacama (Cade-Idepe, 2004).

Al oriente del salar se desarrolla un plano inclinado de pendiente fuerte, esto genera pequeños escurrimientos de las quebradas Jerez, Talabre, Camar y Peine, que dan vida a algunos oasis, entre ellos los de Toconao, de Socaire y Peine. En el extremo sur del salar, la quebrada de Tarajne y Tulán, mantienen un pequeño oasis llamado Tilomonte, donde prospera el algarrobo. Este árbol, junto al chañar, son los de mayor utilidad y crecen a lo largo de toda la margen oriental del salar. Se han identificado cuatro formaciones vegetacionales en la cuenca: Estepa Alto-Andina, Estepa Arbustiva Pre-Puneña, Desierto de la cuenca superior del río Loa, Desierto del Salar de Atacama.

Los principales aportes al acuífero del Salar de Atacama provienen del extremo este, específicamente, de la infiltración de la precipitación que se produce en el altiplano. Como la cuenca corresponde a un sistema cerrado la descarga se produce por evaporación en el área del salar y en lagunas ubicadas en sus márgenes (DGA, 1986). La cuenca del Salar de Atacama se encuentra bajo un tipo de clima Desértico Marginal de Altura con una temperatura media anual de 13,4°C (Cade-Idepe, 2004).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Síntesis de antecedentes relevantes

Para el desarrollo de esta actividad se realizó una recopilación de información bibliográfica. En la búsqueda de información se incluyeron sitios de organizaciones nacionales e internacionales, universidades, centros tecnológicos, institutos, empresas y revistas científicas, entre otros. Esto incluyó también 22 publicaciones obligatorias indicadas en las bases técnicas del presente estudio.

Los términos claves para la búsqueda en cada plataforma digital correspondieron a “Salar de atacama”, Cuenca del Salar de Atacama”, términos en temáticas de ecología y modelación y términos de componentes bióticos y abióticos referidos a la fauna, flora y vegetación, limnología, química e hidrogeología relevantes dentro del área de estudio. Las instituciones y repositorios digitales pertinentes donde se buscó la información bibliográfica se lista en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1: Lista de instituciones y repositorios digitales a revisar para obtener antecedentes bibliográficos y antecedentes cuantitativos y geográficos para los componentes del Modelo Ecológico Conceptual del Salar de Atacama.**

N°	Nombre
1	Corporación del Fomento de la Producción (CORFO)
2	Ministerio de Medio Ambiente (MMA)
3	Ministerio de Energía (ME)
4	Ministerio de Minería (MM)
5	Ministerio de Bienes Nacionales (MBN)
6	Corporación Nacional Forestal (CONAF)

N°	Nombre
7	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
8	Dirección General de Aguas (DGA)
9	Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)
10	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
11	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
12	Comisión Nacional de Riego (CNR)
13	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
14	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
15	Instituto Geográfico Militar (IGM)
16	Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA)
17	Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile (IDE)
18	Universidades y/o Centros Tecnológicos de Investigación
19	Empresas del Sector Minero
20	Empresas del Sector Agrícola
21	Ebird Chile ( <a href="http://ebird.org/content/chile/">http://ebird.org/content/chile/</a> )
22	Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF) ( <a href="https://www.gbif.org/">https://www.gbif.org/</a> )
23	Portal de datos de Sensores Remotos, Servicio Geológico de Estados Unidos ( <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> )
24	Biblioteca Científica Electrónica en Línea (SciELO, <i>Scientific Electronic Library Online</i> )
25	Science Direct ( <a href="http://www.sciencedirect.com/">http://www.sciencedirect.com/</a> )
26	Elsevier science ( <a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a> )

Fuente: Extraído de Bases Técnicas del Proyecto, CORFO y Elaboración propia.

Posteriormente la información recopilada fue subida y organizada por carpetas en la multiplataforma de alojamiento de archivos “Dropbox”.

Por otra parte, los antecedentes recopilados fueron indexados en el gestor bibliográfico Mendeley, el cual corresponde a un programa que permite mantener la información sin documentos duplicados y además tiene la facultad de compartir las referencias bibliográficas entre los integrantes del equipo de trabajo.

Esta metodología de trabajo permitió que cada integrante del equipo contara con la información actualizada y en cualquier ubicación.

## 4.2 Recursos hídricos

Para la recopilación bibliográfica del componente hídrico en particular, en esta primera etapa se ha acotado la búsqueda a los documentos que integren algún aspecto hídrico en el marco de algún estudio o análisis de humedales y/o bofedales en particular. Se consideró como relevante la literatura existente que hiciera alguna referencia específica a la forma en que interactúa el recurso hídrico con los ecosistemas compuestos por humedales y/o bofedales en general.

## 4.3 Sitios con protección ambiental relevantes

La búsqueda de información también incorporó la referida a los sitios con protección ambiental relevantes que se encuentran en la Cuenca del Salar de Atacama. En este apartado se incluye la descripción de cada unidad dentro del área de estudio, su administración y las características principales de sus componentes ambientales.

## 4.4 Análisis de comparación de modelos conceptuales ecológicos

Para esta actividad se realizó una búsqueda bibliográfica mediante las instituciones y repositorios digitales pertinentes (Tabla 4-1). Esto incluyó las publicaciones obligatorias indicadas en las bases técnicas del presente estudio y otras identificadas a juicio de los expertos.

La selección de referencias de modelos conceptuales se basó en los siguientes criterios de búsqueda o palabras clave: *Ecological conceptual model; Conceptual ecological model; Conceptual ecological model wetland; Conceptual ecological model salt lake*. Cada referencia obtenida en los repositorios y portales de búsqueda fue examinada preliminarmente, revisando sus Títulos, y en caso de ser posible su Resumen, palabras clave y texto. Mediante juicio experto, y teniendo como guía los criterios señalados por Jørgensen & Bendoricchio (2001) y Jørgensen & Fath (2011), se procedió a descargar aquellos trabajos que contuviesen información relevante y pertinente a primera vista. En particular, se consideraron aquellos trabajos revisados por pares donde se pudiese apreciar que se comunicasen modelos conceptuales. Se entendió como modelo conceptual alguno de los siguientes:

- a) Tablas de variables de estado y procesos causales
- b) Esquemas o diagramas de relación
- c) Modelos de compartimentos o cajas.
- d) Modelos de entrada y salida entre compartimentos
- e) Diagramas de dinámica de retroalimentación o diagramas de Forrester
- f) Diagramas de circuito de energía

Se consideraron además aquellos trabajos que pudiesen ser relevantes tanto desde el punto de vista de modelamiento matemático como estadístico, ya sea en su formulación teórica o aplicada. Tras la selección preliminar, se procedió a recopilar las copias digitales (formato PDF) para todas las referencias recopiladas. De manera similar a los antecedentes recabados en la sección 4.1, se ingresó toda la información referente a las referencias bibliográficas de modelos conceptuales se en una base de datos de información bibliográfica del gestor Mendeley, considerando tanto los campos bibliográficos estándar, como los campos correspondientes a las fichas de comparación de modelos conceptuales ecológicos (Anexo B).

Finalmente, una vez seleccionados y obtenidos los documentos, se procedió a realizar un análisis cualitativo respecto a las características de cada uno de ellos. Este consideró la categorización de tipo de publicación, alcance geográfico, tipo de metodología, objetivos, y su aplicabilidad a sistemas de salar, pertinencia para la presente licitación y su importancia para la realización de un modelo conceptual.

## 4.5 Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del Salar de Atacama

### 4.5.1 Antecedentes

Tradicionalmente los ecosistemas terrestres se han clasificado atendiendo a atributos estructurales del medio biofísico, incluyendo parámetros que hacen referencia a la geomorfología, la fisionomía de la vegetación (por ejemplo cobertura y estratificación), la composición de especies, etc. (Alcaraz *et al.*, 2006). La incorporación de técnicas de teledetección ha incrementado enormemente el campo de aplicación de estas clasificaciones, ayudándose para ello de relaciones empíricas entre atributos estructurales y patrones de emisión y reflexión de radiación detectables por sensores remotos (Kerr & Ostrovsky, 2003).

Esta aproximación reconoce implícitamente que los ecosistemas pueden ser diferenciados atendiendo a su comportamiento espectral, dado que dicho comportamiento es una respuesta a los flujos de materiales y energía entre componentes bióticos y abióticos (*sensu* Tansley 1935). A pesar de esta evidente ventaja, raramente se incorporan explícitamente variables indicadoras de flujos de materia y energía en la caracterización de ecosistemas y que además constituyen una manifestación directa de propiedades funcionales clave de los ecosistemas tales como la productividad, la acumulación de carbono, el balance hídrico, etc (Alcaraz *et al.*, 2006).

Sobre la base de los anteriormente expuesto, la zonificación ecosistémica a cualquier escala espacial, debe responder a parámetros funcionales, dado que los atributos bióticos composicionales y/o estructurales responden a la jerarquías ecológicas inferiores (ej. población o comunidad) y a diferentes escalas espaciales, y no dan cuenta de los procesos entre componentes bióticos y de ello con el medio abiótico.

El presente acápite se resume los pasos metodológicos y resultados obtenidos de una **propuesta preliminar de macrozonificación ecosistémica de la cuenca “Salar de Atacama”**, el cual toma como base los resultados brutos obtenidos por Hernández y colaboradores (2016), quienes mediante técnicas de teledetección generaron coberturas de suelo para el territorio nacional.

### 4.5.2 Recopilación de información

La presente propuesta de macrozonificación es el resultado del trabajo multidisciplinario del equipo de proyecto, el cual definió como criterio base la funcionalidad del ecosistema, estimado a partir del estudio de multitemporal de NDVI de 1605 imágenes Landsat 8, adquiridas entre los años 2013 y 2014, con resolución de píxel de 30 metros

(Hernández *et al.*, 2016; Zhao *et al.*, 2016), el cual posteriormente será atribuido con coberturas que representan el medio físico y la biota presente en el área de estudio anteriormente especificada.

Los insumos claves definidos para realizar la macrozonificación preliminar, son listas de coberturas y fuentes de información las cuales se describen en la Tabla 4-2.

**Tabla 4-2: Coberturas y fuentes de información empleadas para la elaboración de la macrozonificación preliminar de la Cuenca del Salar de Atacama.**

Coberturas	Fuente	Descripción	Institución
Cobertura de suelo	Hernández <i>et al.</i> (2016)	Corresponde a los resultados brutos del proyecto "Mapa de Cobertura de Suelos de Chile 2014"	Laboratorio de Geomática y Ecología del Paisaje. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile
Geomorfología	Mapa Geológico	Corresponde a las unidades geomorfológicas de la cuenca del Salar de Atacama	Centro de Información de Recursos Naturales
Flora	Herbario Nacional	Registros georreferenciados históricos de colectas realizadas por botánicos desde el año 1885 hasta el año 2014.	Laboratorio de Botánica de la Universidad de Concepción.
	Proyecto Biota	Base de datos georreferenciada de especies nativas de Chile que incorpora bases de datos Nacionales e Internacionales.	CSW Consultores Ambientales.
	Líneas de base	Levantamiento de información primaria de proyectos de inversión al interior del área de estudio.	Servicio de Evaluación Ambiental.
Fauna	Worldclim; Hijmans <i>et al.</i> (2005)	Base de datos climatológica global, que describe el clima base para el periodo 1950-2000	IPCC

	EOD - eBird Observation Dataset	Base de datos de presencias de avifauna en el territorio Chileno.	eBird, Cornell Lab of Ornithology.. ROC, Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre, Chile.
	GBIF.org (2017), <i>GBIF Home Page</i> . Available from: <a href="http://gbif.org">http://gbif.org</a> [3 Noviembre 2017].	Base de datos de presencias de macromamíferos, micromamíferos y reptiles	Global Biodiversity Information Facility.
	Proyecto Biota	Base de datos georreferenciada de especies nativas de Chile que incorpora bases de datos Nacionales e Internacionales.	CSW Consultores Ambientales.
	Líneas de base	Levantamiento de información primaria de proyectos de inversión al interior del área de estudio.	Servicio de Evaluación Ambiental.

### 4.5.3 Preprocesamiento de coberturas

#### 4.5.3.1 Cobertura suelo

Como se mencionó en la Tabla 4-2, la cobertura de suelos fue obtenida a partir del trabajo de Hernández y colaboradores (2016), quienes clasificaron las coberturas de uso de suelo en 38 clases divididas en tres niveles a nivel nacional. Posteriormente, y dada la naturaleza, escala espacial y objetivos del presente estudio, dicha categorización fue reagrupada en 9 categorías, las cuales son:

- Bosques y/o Plantaciones
- Cuerpos de Agua
- Cultivos
- Grava
- Humedales
- Matorrales
- Praderas y pastizales
- Salares
- Suelos arenosos

La cobertura resultante, es un raster heterogéneo que debe ser depurado, para ellos se realizaron las siguientes tareas secuenciales:

- La eliminación de celdas corruptas de origen.
- Remoción de áreas de superficie inferior al umbral de 8 píxeles<sup>1</sup>.
- Atributar vacíos con información de píxeles colindantes.
- Generalización final de mapa de cobertura de suelo.

#### 4.5.3.2 Geomorfología

La geomorfología como disciplina ha sido utilizada como atributo relevante para la delimitación de ecosistemas (ver Mardones, 2006), por ende es un insumo deseable para la zonificación funcional del territorio a macro escala. En este sentido, el presente ejercicio de marcozonificación preliminar, incorpora la cobertura geomorfológica disponible para el área de estudio, la cual fue corregida espacial y topológicamente mediante contraste con imágenes satelitales actuales utilizadas como base.

#### 4.5.3.3 Flora

Como se explicita en la Tabla 4-2, la construcción de una única cobertura de individuos de plantas vasculares en el área de estudios fue realizada a partir de tres bases de datos independientes, las cuales previo a su fusión debieron ser procesadas. Específicamente, cada cobertura fue revisada y depurada, con la finalidad de eliminar datos duplicados o incompletos, posteriormente fueron transformadas a formato \*.SHP y estandarizadas cartográfica y geodésicamente (datum WGS84 Huso 19 S); cabe destacar que además fueron homologados los campos de sus respectivas tablas de atributos. Como resultado, se obtuvo una cobertura de puntos en formato \*.SHP con 2747 registros georreferenciados de individuos presentes.

#### 4.5.3.4 Fauna

Tal como se menciona en la Tabla 4-2, los registros disponibles para la fauna presente en la cuenca del Salar de Atacama corresponden principalmente a registros de presencias provenientes de diversas fuentes. Como primer paso se procedió a filtrar la información obtenida para las distintas especies descritas en la II Región, extrayendo solamente aquellos registros pertinentes a la cuenca del Salar de Atacama. Una vez filtrados los registros de la base de datos fueron procesados en un sistema de información geográfica. Específicamente, cada cobertura fue revisada y depurada, con la finalidad de eliminar datos duplicados o incompletos, posteriormente fueron transformadas a formato \*.SHP y estandarizadas cartográfica y geodésicamente (datum WGS84). Ello permitió contar con un número reducido de registros para las siguientes especies: Flamenco chileno (20), Parina grande (22 presencias), Parina chica (16), Chorlo de la Puna (21 presencias), Suri (8 presencias) y Lagartija de Fabián (7 presencias). Dado que esta cantidad de registros no permiten el cruce directo con los polígonos de vegetación y macroambientes identificados preliminarmente, se procedió a ajustar un modelo de nicho ecológico para cada una de estas especies. De esta manera se buscó estimar la distribución geográfica dentro del Salar de Atacama de estas especies. Para ello, se recopilaron las coberturas bioclimáticas provistas por la base de datos Worldclim, en conjunto con un modelo de elevación digital de 12,5 metros de resolución. Previo al modelamiento de nicho

<sup>1</sup> Es un proceso cotidiano para la depuración de la imagen procesada y reclasificada, dado que inferior a 8 píxeles, a juicio del especialista, conforman polígonos extremadamente pequeños que no son coherentes con una macrozonificación.

ecológico, las 19 capas bioclimáticas fueron interpoladas a la resolución de 12,5 metros, utilizando como máscara la capa SHP correspondiente a la cuenca del salar de Atacama. De esta manera, se contó con 20 capas predictoras. Para cada especie se construyó un modelo ecológico de nicho utilizando el programa MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2017). Se fijaron como subconjunto de evaluación un 30% de los datos, mientras que el 70% de los datos restantes se utilizaron para entrenar cada modelo. La evaluación de bondad de ajuste del modelo se realizó utilizando el estadístico AUC (*Area under the curve*, AUC por sus siglas en inglés). El estadístico AUC mide el área bajo la curva característica del operador, o curva ROC. La curva ROC corresponde al gráfico de la proporción de falsos positivos (1-especificidad) versus la proporción de verdaderos positivos (sensibilidad) (Phillips & Dudík, 2008). El estadístico AUC puede tomar valores entre 0 y 1, inclusive, toda vez que la totalidad del área de estudio esté disponible para la ocupación por parte de la especie modelada. Un valor de AUC cercano a 0,5 corresponde a un modelo incapaz de clasificar de manera distinta a lo esperado por azar, y en general un modelo entre 0,7 y 0,8 se considera con un buen ajuste. Valores de AUC entre 0,8 y 0,9 corresponden a una muy buena clasificación de presencia ausencia y modelos con valores de AUC iguales o superiores a 0,9 corresponden a una excelente capacidad de clasificación de los píxeles observados (Fawcett, 2006). En este caso, para las especies estudiadas se observaron valores del estadístico de AUC entre 0,85 y 0,93. Esto permitió generar una capa de probabilidad de ocupación del territorio para cada una de las especies modeladas. Estas capas fueron filtradas mediante un valor umbral de probabilidad que maximice la sensibilidad y especificidad en el subconjunto de prueba, generando capas binarias con valores en el dominio [0,1], las que entonces fueron estandarizadas cartográficamente (datum WGS84 Huso 19 S).

#### 4.6 Generación de base de datos geocientífica

En este apartado se desarrolló la recopilación de antecedentes mínimos necesarios para desarrollar una base de datos geocientífica a partir de estas publicaciones encontradas en el desarrollo del proyecto.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Antecedentes revisados de la Cuenca del Salar de Atacama

Para las referencias bibliográficas analizadas, en total se elaboraron 26 fichas de revisión de antecedentes, que incluyó las publicaciones obligatorias por bases y algunos documentos de relevancia (Anexo A). En cada ficha se incluyeron los campos requeridos según un formato estándar de acuerdo a lo solicitado en las bases técnicas.

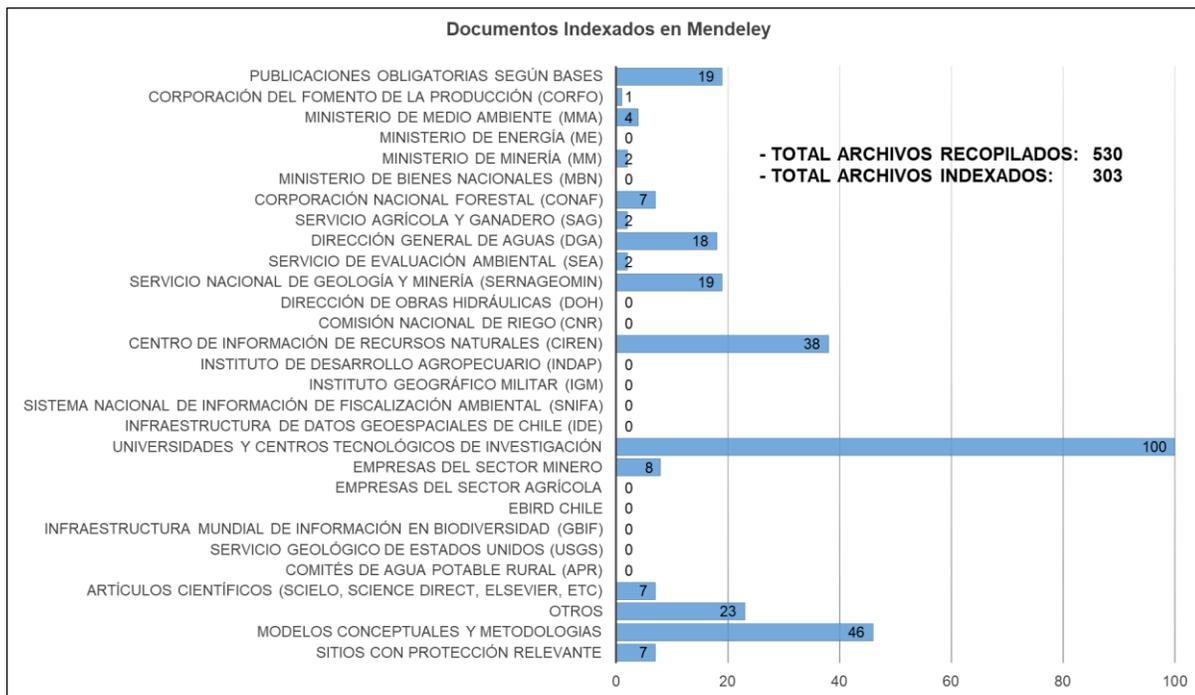
La información bibliográfica obtenida fue guardada, organizada y sistematizada (tanto en Dropbox como en el gestor bibliográfico Mendeley) en carpetas con el nombre de la institución de donde se obtuvo la información, tal como se indica en la Tabla 5-1 y Figura 5-1.

Tabla 5-1: Nombre de las carpetas donde se organizó y guardó la información bibliográfica para la elaboración del proyecto

Nº	Nombre Carpeta
0	Publicaciones Obligatorias
1	Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
2	Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
3	Ministerio de Energía (ME)
4	Ministerio de Minería (MM)
5	Ministerio de Bienes Nacionales (MBN)
6	Corporación Nacional Forestal (CONAF)
7	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
8	Dirección General de Aguas (DGA)
9	Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)
10	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
11	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
12	Comisión Nacional de Riego (CNR)
13	Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
14	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
15	Instituto Geográfico Militar (IGM)
16	Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA)
17	Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile (IDE)
18	Universidades y/o Centros Tecnológicos o de Investigación
19	Empresas del sector Minero
20	Empresas del sector Agrícola
21	Ebird Chile
22	Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF)
23	Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)
24	Comités o Cooperativas de Agua Potable Rural

Nº	Nombre Carpeta
25	Artículos Científicos (SciELO, Science Direct, Elsevier, etc)
26	Sitios de protección ambiental relevantes (RAMSAR).

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5-1: Número de documentos o artículos indexados en Mendeley por carpeta**

En total se recopilaron 530 archivos desde los repositorios digitales mencionados. De estos, 303 archivos fueron indexados en el gestor bibliográfico Mendeley. Tal base de datos indexada, se entrega como anexo digital en el archivo con extensión “.bib”, “Bibliografía\_Proyecto\_Modelo\_Ecológico\_06\_11\_17”, el cual se puede visualizar desde un programa de gestión bibliográfica como Mendeley.

Cabe mencionar que dentro de los documentos obligatorios para su revisión, había dos títulos repetidos:

- Ahumada, M., & Faúndez, L. (2009). *Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT)*. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 118 pp.

- Contreras, M., & de la Fuente, A. (2006). *Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales*. Centro de Ecología Aplicada Ltda; Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 81 pp.

También no fue posible obtener el documento “Marín, V. H. & Delgado, L. E. (2007) *Elaboración de un modelo conceptual del ecosistema del humedal de río Cruces. Informe de Avance. Universidad de Chile, 183 pp.*”, por no encontrarse disponible para su uso (restricción por parte de autores).

## 5.2 Recursos hídricos

En primer lugar, se revisaron los antecedentes que caracterizan la dinámica hidrogeológica de la cuenca con énfasis en la comprensión del funcionamiento hídrico de los sistemas lacustres. A escala de cuenca, los estudios apuntan principalmente a evaluar la disponibilidad del recurso, aproximarse a la cuantificación de las tasas de evaporación y conocer el origen de las salmueras a partir de análisis geoquímicos e hidroquímicos.

Los estudios hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e hidrogeoquímicos que apuntan a los sistemas lacustres en particular son escasos, y entre los documentos que se recopilaron y revisaron, se destacan dos artículos científicos que son de autoría de consultores que han sido colaboradores directos para la construcción de modelos hidrogeológicos que han presentado empresas mineras que tienen concesiones en el salar (Ortiz *et al.*, 2003; Salas *et al.*, 2010).

En segundo lugar, se revisaron los antecedentes que caracterizan ecosistemas en humedales y bofedales, con el objetivo de evaluar de qué manera se ha incorporado el componente hídrico en las caracterizaciones, modelos conceptuales, guías descriptivas, manuales, entre otros. En general, los estudios revisados abordan las caracterizaciones desde una perspectiva conceptual, donde hay pleno conocimiento y concordancia en definir que el componente hídrico es determinante para la existencia y distribución de las especies biológicas de los humedales y bofedales en particular.

En los documentos revisados se definen las variables hídricas relevantes para una correcta caracterización y monitoreo del componente: nivel freático, caudales superficiales, altura de escurrimiento, niveles hidrométricos, hidroquímica, evaporación, precipitaciones, viento, temperatura del aire, entre otras. Sin embargo, es importante destacar que dado que se observa que hay una pobre comprensión de la dinámica hídrica e hidrogeoquímica en los sistemas de humedales altoandinos y/o bofedales asociados a cuencas endorreicas, en ningún caso se ha logrado determinar de forma clara de qué forma se vincula con el sistema ecológico.

### 5.3 Sitios con protección ambiental en la Cuenca del Salar de Atacama

Se identificaron en la cuenca del Salar de Atacama tres sectores que presenten restricciones ambientales (Tabla 5-2 y Figura 5-2).

**Tabla 5-2: Superficies de los Sitios de Conservación ubicados en la Cuenca de Salar de Atacama**

Nombre	Sitio de Conservación	Superficie que abarca dentro de la Cuenca del Salar de Atacama (ha)	Superficie que representa el Sitio de Conservación en la Cuenca del Salar de Atacama (%)	Superficie Total del sitio con protección ambiental (ha)
Reserva Nacional Los Flamencos	SNASPE	14.868,20	0,95%	73.987
Sistema Hidrológico de Soncor	RAMSAR	67.133,05	4,30%	67.133,05
Valle de La Luna	Santuario de la Naturaleza	13.200	0,85%	13.200

Fuente: Elaboración propia

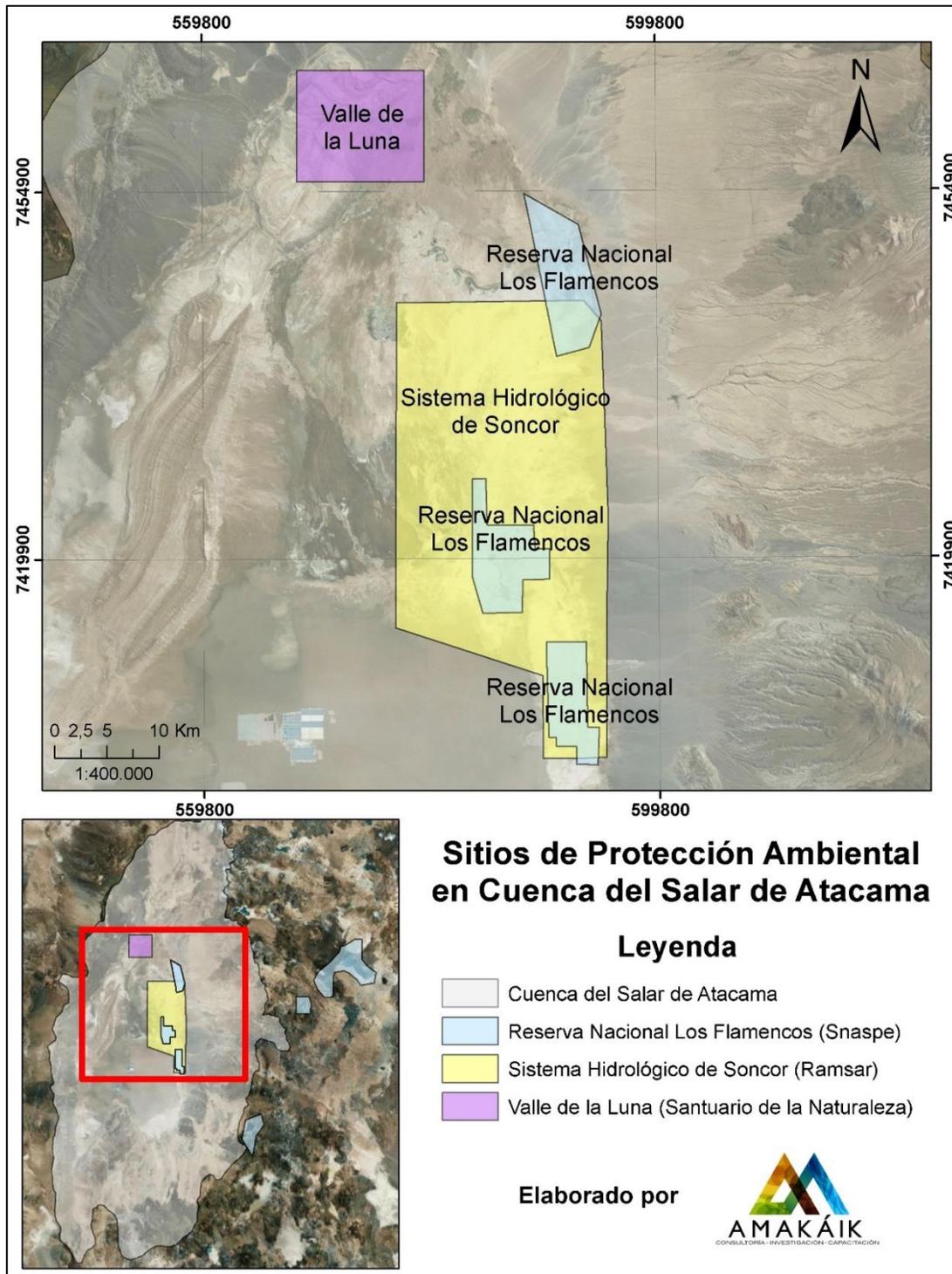


Figura 5-2: Sitios de protección ambiental presentes en la Cuenca del Salar de Atacama

### 5.3.1 Reserva Nacional Los Flamencos

Se encuentra bajo Protección Oficial perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), administrado por CONAF (Corporación Nacional Forestal) (Alegría & Lillo, 2003). Creada el 02 de abril de 1990, por D.S. 50 del Ministerio de Agricultura (Ministerio de Agricultura, 1990).

Dentro de los objetivos de esta unidad está preservar y dar representación en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, incentivar el uso público, en la forma de ecoturismo, investigación científica y educación ambiental, además de proteger ambientes expuestos a los efectos antrópicos negativos y manejarlos con criterio de desarrollo sostenido (CONAF, 2008).

La Reserva Nacional Los Flamencos se ubica administrativamente en la comuna de San Pedro de Atacama. Está dividida en siete sectores; Salar de Tara, Salar de Aguas Calientes y Salar de Pujsa, ubicados en el Altiplano; Lagunas Miscanti, Miñiques, Valle de La Luna y Tambillo, en el sector del Salar de Atacama (CONAF, 2008; CONAMA, 2008; GCF Ingenieros LTDA, 2010; Villablanca & Ibarra, 2013).

Se destaca la presencia de especies de flora como la tola (*Senecio* sp), la llareta (*Azorella compacta*), la paja brava (*Festuca orthophylla*). En el sector de Tambillo existe un bosque de 370 ha de tamarugos (*Prosopis tamarugo*). Las especies de fauna presentes son la vicuña (*Vicugna vicugna*), el zorro culpeo y el zorro gris (*Pseudalopex culpaeus* y *Pseudalopex griseus*), la vizcacha (*Lagidium viscacia*), el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*); el cóndor (*Vultur gryphus*), la perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*), la tagua cornuda (*Fulica cornuta*), la gaviota andina (*Larus serranus*), perdicitita cordillerana (*Attagis gayi*) y el piuquén (*Chloephaga melanoptera*) (CONAMA, 2008; Villablanca & Ibarra, 2013).

### 5.3.2 Sistema Hidrológico de Soncor

Sitio denominado RAMSAR el 2 de diciembre de 1996, según el D.S. 771/81 del Ministerio de Relaciones Exteriores (Ministerio de Relaciones Exteriores, 1981), administrado por la Corporación Nacional Forestal, CONAF.

Se ubica el sector nororiente del salar dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos, por lo que se encuentra incluido en el Plan de Gestión Participativa de la Reserva bajo la gestión de la categoría IV de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (CONAMA, 2008)

El sistema tiene una elevación media es de 2300 m s.n.m. y su área de protección comprendía inicialmente a 5016 ha (Valverde, 1996; GCF Ingenieros Ltda, 2010), posteriormente en el año 2010 se designó la ampliación de límites y cobertura a 67.133,05 ha (CORFO, 2010).

El sistema está formado por cuatro lagunas someras clasificadas como salobres y permanentes de no más de 1,5 m de profundidad, interconectadas superficial y subsuperficialmente, de gran dinamismo en sus superficies. Estas lagunas se emplazan sobre una capa costrosa formada por la acumulación constante de cristales de cloruro y sulfuro, que origina la excesiva evaporación en el salar (GCF Ingenieros Ltda, 2010).

Hábitat de un gran número de flamencos (*Phoenicoparrus jamesi*, *Phoenicopterus. andinus* y *Phoenicopterus chilensis*). Además se evidencia presencia de aves tales como el caití (*Recurvirostra andina*), chorlo de la puna (*Charadrius alticola*), gaviota andina (*Larus serranus*), suri (*Pteronectria pennata tarapacensis*) y aves migratorias como el playero de Baird (*Calidris bairdii*). También se observan lagartijas del género *Liolaemus* y mamíferos como los zorros chilla (*Pseudalopex griseus*) y culpeo (*Psudalopex culpaeus*) (CONAMA, 2008; GCF Ingenieros LTDA, 2010; Villablanca & Ibarra, 2013).

### 5.3.3 Santuario de la Naturaleza Valle de la Luna

Sitio creado el 7 de enero de 1982 por D.S. 37 del Ministerio de Educación, (Ministerio de Educación Pública, 1982) es considerado una subunidad de la Reserva Nacional Los Flamencos. Se encuentra bajo la administración de CONAF, sin embargo las actividades turísticas están a cargo de la comunidad indígena de San Pedro de Atacama, cuyo enfoque principal es el turismo y el cuidado del patrimonio geomorfológico. Las características geomorfológicas le otorgan a este sitio la calidad de lugar de interés científico y turístico. (CONAF, 2008; Villablanca & Ibarra, 2013).

El rasgo geomorfológico más importante es el bloque plegado, conocido como la cordillera de la Sal con una altitud media de 2.550 metros de altura, y está constituido por rocas sedimentarias con intercalaciones de sal pertenecientes a las formaciones de San Pedro y Vilama (CONAMA, 2008; Villablanca & Ibarra, 2013).

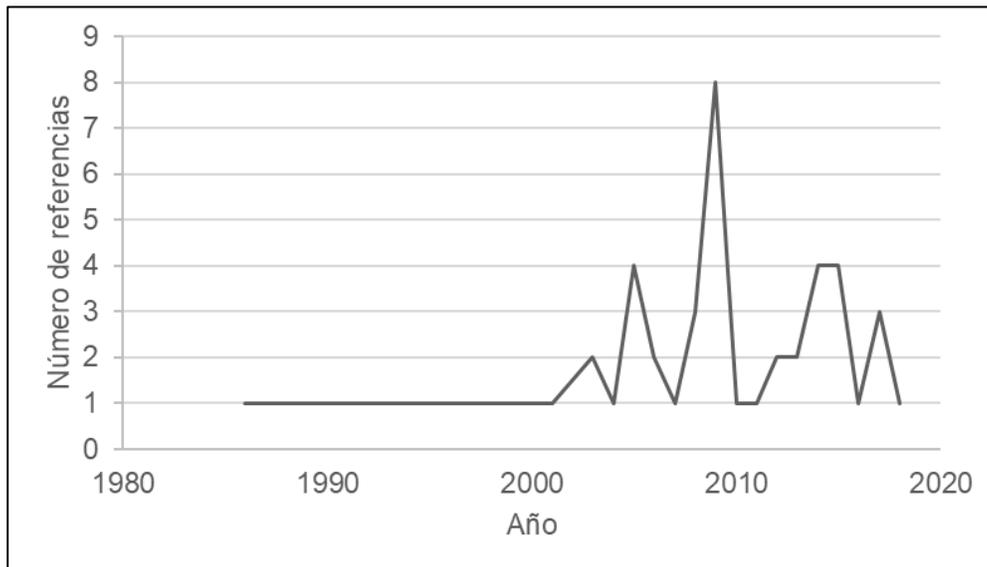
La fauna del sector es escasa, limitándose a mamíferos como el Zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), el Ratón orejudo (*Phyllotys darwini*) y la Llaca de la puna (*Thylamys pallidior*). Entre las aves se encuentran el Minero de la Puna (*Geositta punensis*), el Mero de la puna (*Agriornis albicauda*), y especies como el Zorzal negro (*Turdus chiguanco*) y el Chincol (*Zonotrichia capensis*), que se asocian principalmente a los sectores agrícolas aledaños. Se evidencian además ejemplares aislados de la lagartija del norte (*Liolaemus* sp.)

En relación a la vegetación, está es escasa en casi la totalidad del sector, con excepción del área sur del Sector, en el Ayllu de Coyo y la Aldea de Tulo, donde es posible identificar ejemplares aislados de Brea (*Pluchea absinthioides*), Grama Salada (*Distichlis spicata*), Chilca (*Bacharis* sp.) y Cachiyuyos (*Atriplex atacamensis*) en mayor cantidad. En áreas aledañas es posible observar ejemplares de Algarrobo (*Prosopis chilensis*) (CONAMA, 2008; Villablanca & Ibarra, 2013).

Es importante destacar que cercano al valle de luna se encuentra el sitio arqueológico Tulo, ubicado en el margen norte del salar de atacama, con una antigüedad estimada de más de 2800 años. La principal característica de este patrimonio son sus construcciones circulares realizadas con material de tierra en medio de un ambiente desértico. La administración de este sitio se desarrolla en el marco de una estratégica en la que participan la Comunidad Indígena de Coyo, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) y la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) (Bahamónides & Muñoz, 1997; CONAF, 2001).

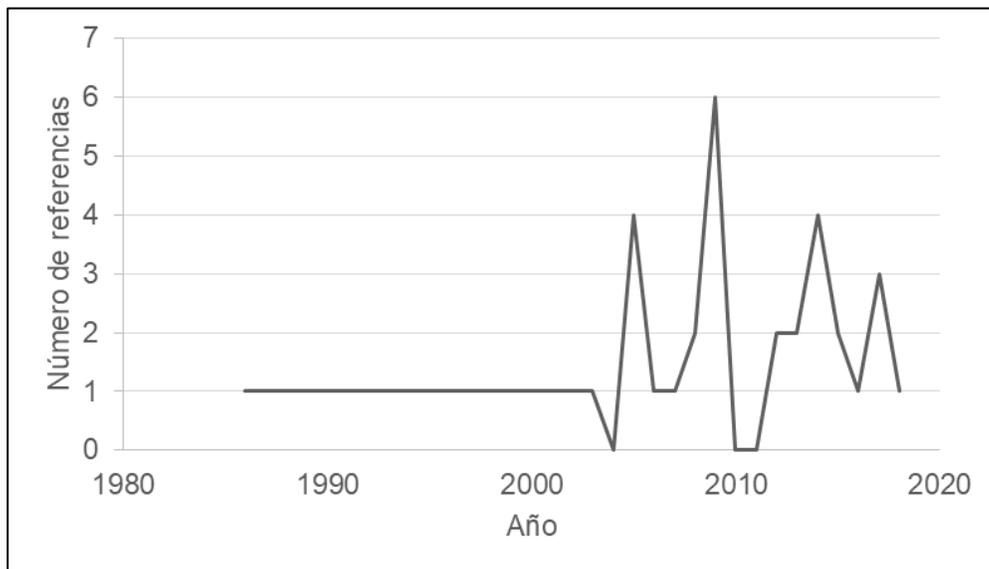
#### 5.4 Análisis de comparación con otros modelos conceptuales ecológicos

La búsqueda de antecedentes bibliográficos sobre modelos conceptuales permitió recabar copias digitales para un total de 45 trabajos, correspondientes a 33 artículos en revistas científicas, 7 libros o capítulos de libros, y 4 tesis, cuadernos o informes técnicos o manuscritos. Tal como se aprecia en la Figura 5-3, el grueso de los trabajos corresponde a publicaciones posteriores al año 2000.



**Figura 5-3: Distribución temporal de las referencias bibliográficas revisadas para la comparación de modelos conceptuales.**

Tal como se ilustra en la Figura 5-4, esta tendencia es gobernada por las referencias correspondientes a artículos en revistas científicas, que presentan un bajo número previo al año 2000, aumentando posteriormente en frecuencia en nuestra base de datos.



**Figura 5-4: Distribución temporal de las publicaciones en revistas científicas revisadas para la comparación de modelos conceptuales**

Los trabajos revisados abordan sistemas ecológicos correspondientes a 8 países, siendo Estados Unidos el que presenta mayores estudios de caso (48% de los ejemplos citados), seguido por Australia (7,5%), y luego por Alemania, Chile, Colombia, Israel, África y Europa, cada uno de los cuales representa el 3,7% de los ejemplos estudiados en las referencias consultadas. En general, los sistemas ecológicos abordados por estas referencias son muy diversos, abarcando manglares o *everglades* (14,8%), paisajes urbanos y rurales (14,8%), humedales (7,4%), lagos (7,4%), sistemas marinos costeros y arrecifes de coral (7,4%), bosques templados (7,4%), sistemas mediterráneos o chaparral (7,4%), lagos salinos (3,7%), bosques tropicales (3,7%), sistemas áridos (3,7%) y estudios a través de múltiples hábitats o sistemas (3,7%). El resto de las referencias (18,6%) no hace mención o aplicación explícita de un modelo conceptual a un sistema ecológico particular, siendo libros de texto o artículos teóricos.

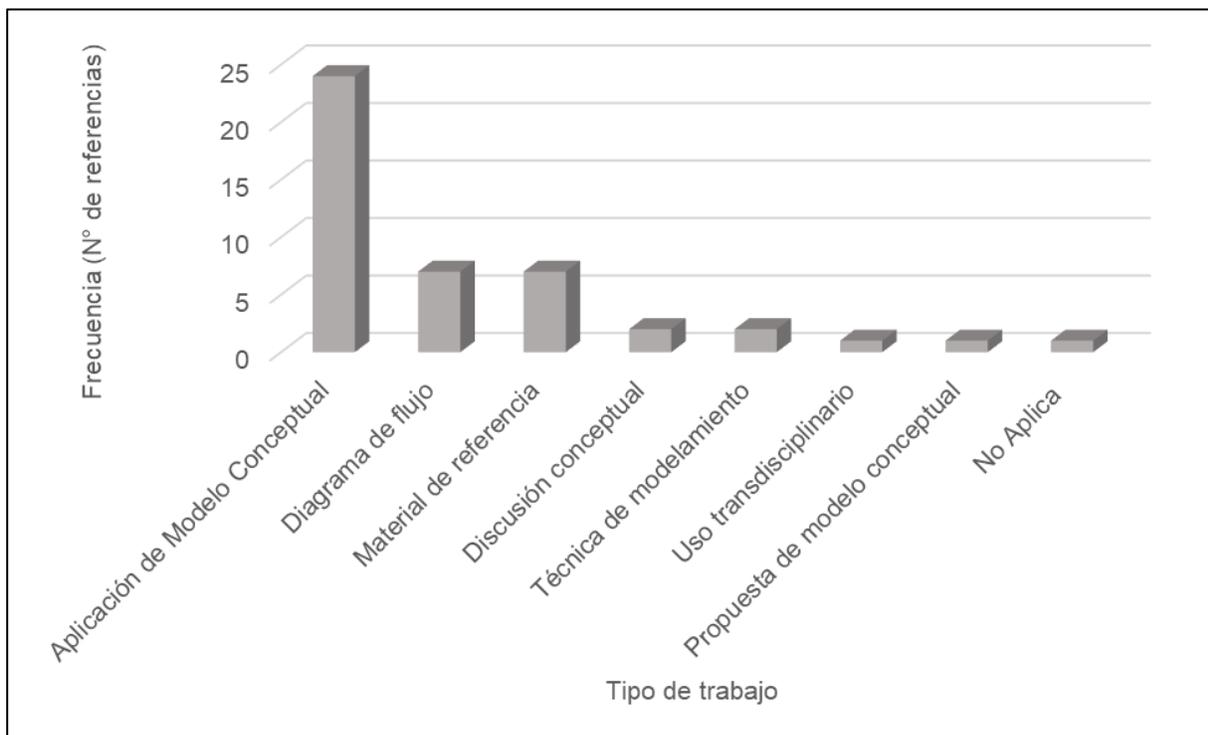
Cabe señalar que el grueso de los trabajos revisados se realizó con fines de investigación académica (44,4%). La mayoría de los trabajos restantes tienen fines mixtos, buscando informar apoyar decisiones de manejo y conservación a la vez que desarrollan investigación académica (37%), mientras que un conjunto minoritario de trabajos corresponden a desarrollo de modelos conceptuales para el manejo y gestión del balance hídrico de unidades como cuencas hidrológicas (18,5%). Finalmente, cabe mencionar que sobre el 98% de los trabajos son realizados por autores provenientes de la academia y sector público, y solo un trabajo fue generado por autores afiliados a empresas privadas.

La revisión detallada de las referencias permitió categorizarlas respecto al tipo de aporte que constituye cada referencia. La Figura 5-5 resume la distribución de frecuencia de las referencias a través de distintas categorías o tipos de trabajos. Así, pudo observarse que el 53% de las referencias corresponden a una aplicación de un Modelo Conceptual, siendo 28,89% de estas aplicaciones generales, y el resto aplicaciones a sistemas particulares o casos

de estudio específico, como la aplicación de FHES Sistemas (1 referencia) o el uso de modelos conceptuales en resolución de imágenes satelitales o análisis de sistemas complejos (1 referencia en cada caso).

A su vez, se observó que 16% de las referencias utilizaron diagramas de flujo, y que los trabajos correspondientes a material de referencia también comprenden 16% de los trabajos revisados. Estos últimos incluyen libros de texto clásicos y recientes, que entregan una sólida base tanto estadística como de modelamiento. Esta categoría incluye trabajos como los de Hastie *et al.* (2008), Manzano & Zamora (2009), Skrondal & Rabe-Hesketh (2004), entre otros.

De los trabajos restantes, un 8% corresponde a discusión conceptual o desarrollo de técnicas de modelamiento específicas, mientras que el 4% restante (2 trabajos) corresponde a tres trabajos en los que se ilustra el uso transdisciplinario de un modelo conceptual para facilitar la comunicación entre actores y disciplinas, o bien para documentar la propuesta de un nuevo modelo conceptual. Por último, el trabajo n°45 no aplica en ninguna de las categorías antes mencionada, ya que corresponde a un análisis de clasificación de cobertura de suelo en base a imágenes satelitales, sin entregar ninguna conceptualización de funcionamiento ecológico.



**Figura 5-5: Distribución de frecuencia de las referencias a través de distintas categorías o tipos de trabajos**

Por otra parte, para cada referencia se evaluó su aplicabilidad para un ecosistema como el Salar de Atacama, al igual que respecto a su importancia como referencia como guía metodológica para el desarrollo del modelo conceptual que se pretende construir para la cuenca del Salar de Atacama. En este sentido, la estrategia preliminar de modelamiento identificada ha señalado que existe la posibilidad de que no se cuente con el mismo nivel de detalle para la descripción conceptual, dependiendo de los componentes y sectores que se examinen.

Así, para los distintos compartimentos u objetos ecológicos de interés (OEI) es posible que se cuente con niveles de resolución conceptual distintos. En el caso del Salar de Atacama, los OEI abarcan desde especies a categorías diversas como taxa, formaciones paisajísticas, formaciones vegetacionales, poblaciones, ensamblajes, comunidades o compartimentos ecosistémicos.

En aquellos casos en que se cuenta con información muy difusa, la brecha de conocimiento solo permite identificar relaciones entre componentes ya sea como diagramas de relación o modelos de compartimentos o cajas. En aquellos OEI o componentes para los que hay una mayor cantidad de información disponible, es posible refinar estas relaciones a modelos de entrada y salida entre compartimentos o diagramas de dinámica de retroalimentación o diagramas de Forrester.

Dada la heterogeneidad de los antecedentes e información disponibles, no todos los ejemplos de modelos conceptuales disponibles en la literatura pueden ser pertinentes o aplicables. Por ello, el primer criterio evalúa si el modelo o técnica de modelamiento reportado en la referencia es pertinente o aplicable a un conjunto de ecosistemas como los que se encuentran en la cuenca del Salar de Atacama, mientras que el segundo criterio evalúa la importancia de los constructos y herramientas utilizados en la referencia para la realización de un modelo conceptual como el que se desea desarrollar. En la Tabla 5-3 se analiza la distribución de frecuencias para los criterios de aplicabilidad e importancia del modelo conceptual.

**Tabla 5-3: Distribución de frecuencias para los criterios de aplicabilidad e importancia del modelo conceptual. El primer criterio evalúa si el modelo o técnica de modelamiento reportado en la referencia es pertinente o aplicable a un ecosistema como la cuenca del salar de atacama, mientras que el segundo criterio evalúa la importancia de los constructos y herramientas utilizados en la referencia para la realización de un modelo ecológico conceptual para el ecosistema de la cuenca del Salar de Atacama en particular**

Tipo Publicación	Relevancia en Modelación				Total
	Muy Importante	Importante	Regular	Ninguna	
Capítulo de Libro	0	0	0	1	1
Cuaderno Técnico	0	1	0	0	1
Informe Técnico	1	0	0	0	1
Libro	3	2	0	0	5
Manuscrito	0	0	0	1	1
Revista científica	0	0	1	1	2
Revista científica	4	10	10	9	33
Tesis	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>45</b>

Como se puede apreciar, de las 45 referencias examinadas, cerca de la mitad no es relevante o pertinente para apoyar o guiar el desarrollo de un modelo conceptual para el Salar de Atacama. Ello principalmente debido a debilidades en la estrategia metodológica o a carencias en el detalle de información respecto a cómo abordar un ecosistema heterogéneo en cuanto a sus componentes, compartimentos de materia y energía, al igual que el flujo de materia, energía, nutrientes e información entre ellos. En la Tabla 5-4 se desglosa esta distribución de frecuencias de importancia por tipo de contribución o trabajo a fin de explicitar que tipo de trabajos presentan la mayor relevancia o importancia. Esto ilustra que los trabajos Muy importantes o Importantes corresponden a trabajos de referencia, algunas aplicaciones de modelos conceptuales, y la aplicación transdisciplinaria del modelo conceptual como herramienta de comunicación a través de disciplinas, entre otros. Aquellos trabajos que contemplan aplicaciones muy particulares o específicas en ámbitos particulares del conocimiento no presentaron importancia, debido a su exceso de detalle o particular enfoque a sistemas que no son comparables al ecosistema de la cuenca del Salar de Atacama.

**Tabla 5-4: Distribución de frecuencias para el tema específico de cada modelo conceptual versus la importancia del modelo conceptual para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama**

Tema Específico del Modelo Conceptual	Relevancia en Modelación				Total
	Muy Importante	Importante	Regular	Ninguna	
Aplicación Modelo Conceptual	1	5	5	2	13
Aplicación Modelo Conceptual en estudios de casos	1	0	1	0	2
Aplicación Modelo Conceptual y FHES sistema	1	0	0	0	1
Aplicación Modelo Conceptual y resolución de imágenes	0	0	1	0	1
Aplicación Modelo Conceptual en sistema complejo	0	0	1	0	1
Aplicación Modelo Conceptual y análisis estadístico matemático	0	2	0	1	3
Aplicación Modelo Conceptual y comparación	0	1	0	0	1
Aplicación Modelo Conceptual y propuesta matemática	0	0	1	0	1
Aplicación de Inferencia Bayesiana en Ecología y Manejo de Recursos Naturales	0	0	0	1	1
Aplicación de logica difusa en el modelado	0	0	0	1	1
"Bayesian Decision Network (BDN)" como variante de Modelo Conceptual	0	0	0	1	1
Diagrama de flujo	0	0	0	2	2
Diagrama de flujo y estados de transición	0	0	0	1	1
Diagrama de flujo y modelos matemáticos	0	0	0	2	2
Diagrama de flujo y redes de interacción	0	1	0	0	1
Diagrama de flujo y comparación de modelos	0	0	1	0	1
Discusión de lo que es un Modelo conceptual y FES Sistema	0	0	1	0	1
Material de referencia de modelado conceptual	2	0	0	0	2
Material de referencia de modelado en general	1	0	0	0	1
Material de referencia de modelado estadístico	0	3	0	0	3
Material de referencia de modelado no paramétrico	1	0	0	0	1
No aplica	0	0	0	1	1
Propuesta de modelo conceptual como herramienta de comunicación	1	0	0	0	1
Propuesta de modelo conceptual y propuesta de muestreo temporal	0	1	0	0	1
Revisión del concepto de resiliencia	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>45</b>

Finalmente, se evaluaron las debilidades y fortalezas de cada trabajo, respecto al juicio experto en base a todas las características del uso de un modelo conceptual. Esta información se resume en la Tabla 5-5 y Tabla 5-6.

**Tabla 5-5: Distribución de frecuencias para las categorías de debilidades en cada modelo conceptual examinado como referencia para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama**

Debilidades	n	%	% Acumulado
No aplica	18	40	40
No específica mayores desagregaciones	12	26.67	66.67
No se aprecia desagregación en mas variables	7	15.56	82.23
Se pierde el fondo del modelado con la aplicación de muchos modelos	2	4.44	86.67
No presenta el gráfico del modelo conceptual	1	2.22	88.89
No presenta el gráfico del modelo conceptual, sólo diagrama de estrategia de análisis	1	2.22	91.11
No presenta el gráfico del modelo conceptual, sólo un gráfico Fuzzy	1	2.22	93.33
Poco concreto al objeto de estudio de la licitación	1	2.22	95.55
Poco específico con licitación	1	2.22	97.77
Se pierde el objetivo del trabajo con la aplicación de muchos modelos	1	2.22	100.00
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100.00</b>	

Se puede apreciar en la Tabla 5-5 que el grueso de los trabajos se caracteriza por no definir mayor detalle de resolución al examinar los componentes. Esta ausencia de desagregación refleja un énfasis en procesos ecosistémicos de gran escala, que no coincide con la visión del modelo conceptual que se desea desarrollar para la cuenca del Salar de Atacama. En particular, el modelo conceptual para el Salar de Atacama debe ser capaz de desagregar componentes, idealmente al nivel taxonómico y funcional más fino operacional posible. En este respecto, la agregación de componentes ecosistémicos en grandes componentes (p. ej “Productores” vs “Consumidores” o “Vegetación terrestre” vs “Sistemas límnicos”) es una gran debilidad como insumo para el desarrollo del modelo conceptual para el Salar de Atacama. Por otra parte, en la Tabla 5-6 se ilustra la distribución de frecuencias para las categorías de fortalezas en cada modelo conceptual examinado como referencia para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama. Una de las conclusiones de este esfuerzo de revisión bibliográfica, es que el grueso del esfuerzo presente en las referencias revisadas está en la aplicación de técnicas o métodos novedosos de modelamiento, al igual que en el establecimiento de guías detalladas para el desarrollo de los modelos conceptuales.

**Tabla 5-6: Distribución de frecuencias para las categorías de fortalezas en cada modelo conceptual examinado como referencia para el desarrollo del modelo conceptual para la cuenca del Salar de Atacama**

Fortalezas	n	%	% Acumulado
Modelo Sencillo	6	13.33	48.89
Modelo de mayor complejidad	6	13.33	66.67
Modelo de mayor complejidad que aporta una aproximación estadístico-matemática	5	11.11	80.00
Aplicación novedosa de modelado matemática	2	4.44	8.89
Guía completa de cómo hacer modelación conceptual	2	4.44	22.22
Guía completa de cómo hacer modelación estadística	2	4.44	28.89
Modelo Sencillo que permite ver distintas aplicaciones con distintas subcomponentes y componentes	2	4.44	53.33
Múltiples aplicaciones de modelos estadísticos	2	4.44	88.89
Aplicación novedosa de minería de datos	1	2.22	2.22
Aplicación novedosa de modelado Bayesiana	1	2.22	4.44
Considera distintos componentes	1	2.22	11.11
Deja de manifiesto la importancia de los modelos conceptuales y FES-sistema	1	2.22	13.33
Entrega buen detalle de componentes y subcomponentes	1	2.22	15.56
Guía completa de cómo hacer modelación	1	2.22	17.78
Guía completa de cómo hacer modelación en ecuaciones estructurales	1	2.22	24.44
Guía completa de cómo hacer modelación no paramétrica	1	2.22	31.11
Mediante lógica difusa modelan el impacto del cambio climático en la abundancia de especies	1	2.22	33.33
Modelación ecosistémica	1	2.22	35.56
Modelo de mayor complejidad que aporta pesos en las interacciones de componentes	1	2.22	68.89
Modelo de mayor complejidad que simula en base a distintos atributos y considera distintas escalas	1	2.22	82.22
Muestra una aplicación de inferencia y modelado bayesiano	1	2.22	84.44
Múltiples aplicaciones de técnicas de modelación a distintos casos	1	2.22	91.11
No aplica	1	2.22	93.33
Posee amplia aplicabilidad	1	2.22	95.56
Presenta en detalle aspectos prácticos a considerar en el modelado	1	2.22	97.78
Propuesta de muestreo adaptativo y temporalidad	1	2.22	100.00

En este respecto, aproximaciones muy complejas no necesariamente permiten una parametrización detallada para todos los componentes, lo que enfatiza la brecha de conocimiento existente, y dificulta su implementación para el ecosistema del Salar de Atacama. Desde esta perspectiva, la mayoría de los trabajos revisados (51%) difieren de la estrategia propuesta en la presente propuesta en el grado de agregación que se considera deseable. En 23 de los 45 trabajos revisados, no se realiza ninguna distinción entre subcomponentes, ni a nivel conceptual ni en términos espaciales. Ambos son una diferencia importante con los requerimientos del presente modelo a desarrollar, que debe distinguir no solo los grandes componentes (p.ej. vegetación terrestre, vs fauna terrestre, o sistemas bióticos límnicos vs parámetros fisicoquímicos de los mismos). En este sentido, al considerar la totalidad de las características de los modelos estudiados, encontramos que hay un 73% (33 referencias) de los trabajos que presentan algún grado de aplicabilidad al sistema de estudio, mientras que el 27% restante (12 referencias) no son aplicables.

## 5.5 Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del salar de Atacama

Una vez disponibles, corregidas y procesadas las coberturas especificadas en la Tabla 4-2 (Apartado 4.5.2), se procede a la ejecución de la macrozonificación preliminar de la cuenca Salar de Atacama.

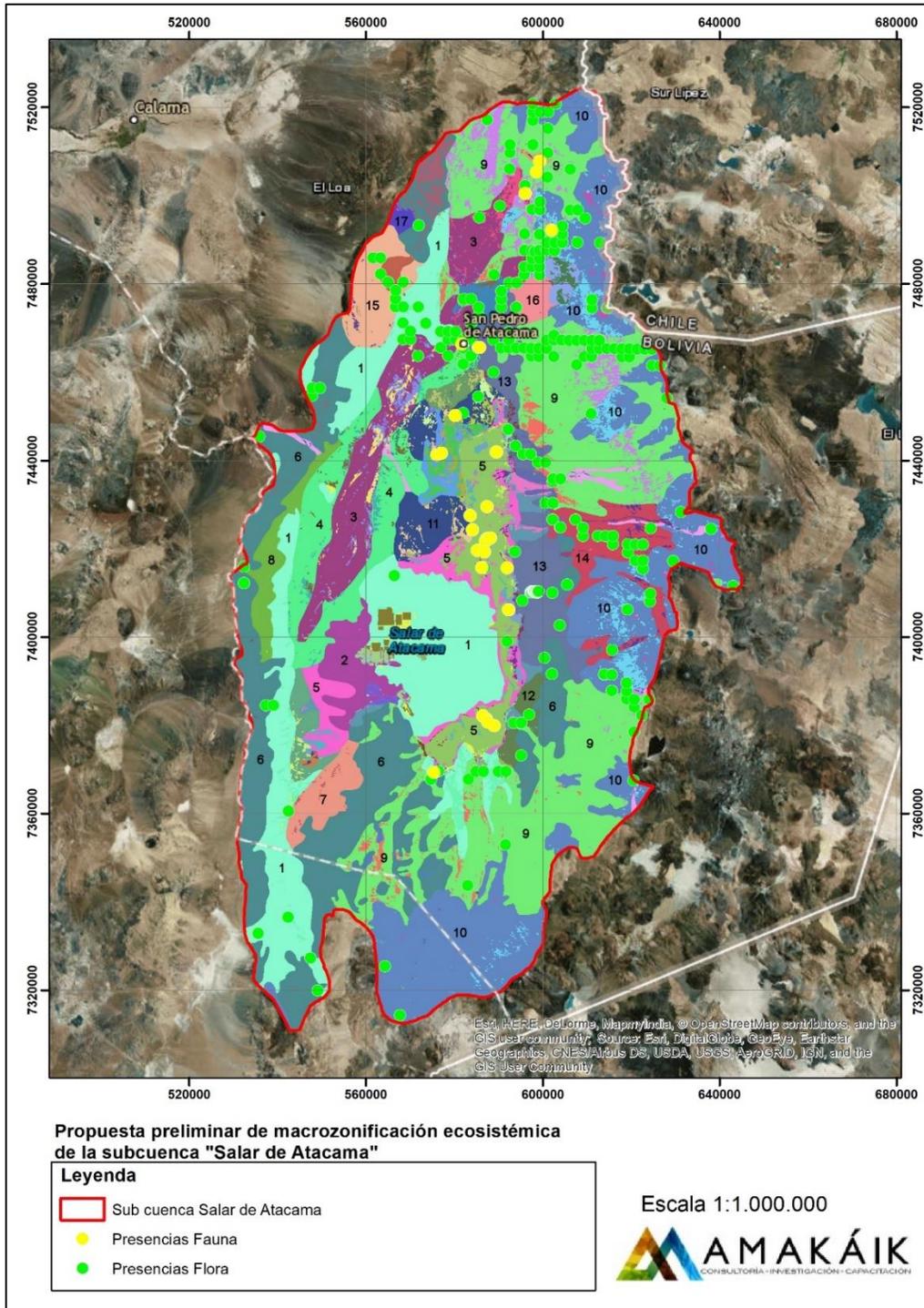
Desde la perspectiva técnica, se procedió a la intersección de la cobertura de suelos, obtenida a partir de los pasos secuenciales descritos en la metodología, con la cobertura geomorfológica mediante plataformas SIG. El resultado obtenido, corresponde a una cobertura en formato raster compuesto de 147 polígonos (Figura 5-6), cuya leyenda se muestra en la Figura 5-7. Cabe destacar que dado que ambas coberturas poseen información espacial en toda la extensión del área de estudio, y nacen o pueden representar características funcionales, son apropiadas para su caracterización a una escala apropiada.

Sobre la base de la cobertura obtenida, como segundo paso anidado, se procede a la atribución de los polígonos obtenidos, con coberturas composicionales de fauna y flora descritas en el acápite 4.5.3. De éste modo, cada polígono contiene especies de flora y fauna relevantes para dicha unidad funcional (Figura 5-6).

A modo de síntesis, en la Tabla 5-7 y Figura 5-6 se enumeran los polígonos que abarcan las mayores superficies dentro de la Cuenca del Salar de Atacama, según la macrozonificación preliminar obtenida.

**Tabla 5-7: Polígonos con mayores superficies según macrozonificación preliminar**

Número	Nombre de polígonos	Color en mapa y leyenda
1	Grandes planos de depositaciones de sedimentos	
2	Sector de salar con nivel de hidratación elevado	
3	Plateau riolítico fuertemente disecado con huellas	
4	Depósitos coluvio-deyeccionales salinos	
5	Salar inactivo y costales salinos	
6	Sedimentos finos de origen lagunar	
7	Plateau volcánico terciario con cubierta de sedimentos	
8	Conos coluviales, escombros de faldos y taludes	
9	Plateau riolítico terciario	
10	Estructuras y relieves volcánicos cuaternarios	
11	Fangos o barros salinos con sectores de vegas	
12	Terrazas marinas de sedimentos estratificados	
13	Piedmont de sedimentos deyeccionales coalescentes	
14	Plateau riolítico terciario con cubierta piroclástica	
15	Sinclinal colgado con erosión fluvial fuerte	
16	Lomajes de rocas volcánicas terciarias con cubierta	
17	Cuencas cerradas o bolsones de sedimentos	



**Figura 5-6: Propuesta Preliminar de Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca Salar de Atacama”**



**Figura 5-7: Propuesta Preliminar de Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del Salar de Atacama (continuación: leyenda de Mapa)**

## 5.6 Generación de base de datos geocientífica

En el presente apartado se da cuenta de la revisión de los documentos/artículos y publicaciones que debían ser revisados con el objeto de considerar aspectos relevantes para el planteamiento del modelo conceptual de la cuenca del Salar de Atacama.

34

Al momento de analizar las publicaciones se detectaron los siguientes problemas:

- **Artículos teóricos que no entregan ningún antecedente en relación al Sitio de Estudio:** Delgado & Marín (2005), Ewel (1989), Ewel (2001), Ferreira (1995).
- **Publicaciones que evalúan sistemas que no son homologables al sitio de estudio:** Jaksic (2001).
- **Artículos anecdóticos en relación a la administración/manejo, con ningún antecedente en relación al sistema:** RAMSAR (varios años).
- **Publicaciones que no poseen georreferenciación de variables relación a la cuenca.**

Salvo excepciones puntuales, los antecedentes entregados en los diferentes artículos carecen de información georreferenciada. Sin esta información, la recopilación de los antecedentes mínimos necesarios para desarrollar una base de datos geocientífica a partir de estas publicaciones se dificulta. Además, en la mayor parte de las publicaciones los ecosistemas/formaciones o comunidades abordadas se tratan desde una perspectiva teórica adimensional (tanto en el tiempo como en el espacio).

De modo general, las publicaciones revisadas intentan conceptualizar a los componentes que definen el sistema, aun cuando la definición del mismo no se establece claramente. De esta forma los conceptos definidos, no se articulan, aun cuando se mencionan posibles variables que “debiesen ser evaluadas” pero de las cuales no se establece ninguna referencia. Incluso algunos de los trabajos corresponden a recopilaciones cuya referencia no se establece con claridad.

En la mayor parte de las guías descriptivas orientadas a humedales (por ejemplo Ahumada *et al.*, 2011; Ahumada & Faúndez, 2009; Contreras & de la Fuente, 2006), se entregan conceptualizaciones generales del sistema “humedal” y los diferentes contextos en los que se encuentran, mucha de la información es redundante, y en algunos casos contradictoria. Y en la mayor parte de estas guías no se sale de la conceptualización, no entregándose ningún tipo de antecedentes sobre variables o atributos medidos en el salar, la cuenca, o situaciones homologables.

Esto no es de extrañar, ya que la información que se posee en muchas de las áreas naturales a nivel de país es deficiente. Esto queda de manifiesto en uno de los trabajos más ampliamente utilizados para describir las comunidades vegetales de Chile, Gajardo (1994) quien describe y clasifica la vegetación de nuestro país, Y en particular para el área de estudio describe la formación 1.B.12 Desierto del Salar de Atacama:



*“Abarca la gran cuenca del Salar de Atacama y sus alrededores, que tienen una gran homogeneidad en cuanto a paisaje. Presenta grandes extensiones carentes completamente de vegetación, especialmente en el interior del salar. Pero en su borde este y hacia al sur se encuentran comunidades esteparias desarrolladas. En algunos lugares hay lagunas cubiertas de vegetación **que no han sido exploradas botánicamente**”* (Gajardo, 1994). Si se considera que en general la vegetación es uno de los elementos primarios y más conspicuos que se describe al momento de realizar estudios biológicos, no es de extrañar que del resto de los elementos la información sea escasa o inexistente.

35

En la actualidad, el equipo de trabajo se encuentra trabajando en la recopilación de la mayor cantidad de información disponible. La búsqueda de información se está realizando sin sesgo de la fuente en una primera instancia (recurriendo a cualquier tipo de información ya sea en formato digital, mapas, informes o bases de datos que puedan ser georreferenciadas) para luego poder filtrar la información de acuerdo a su calidad.

Sin embargo, conforme a lo indicado en la metodología de la propuesta, se han reunido antecedentes disponibles en distintas fuentes de acceso público. Estos incluyen de manera importante una base de datos de presencias de especies, elaborada a partir de datos disponibles en el SEA, y proyectos y portales como GBIF, eBird y Proyecto Biota (ver anexo SIG “BBDD\_Geocientífica.zip”). Estos antecedentes permiten contar con información espacialmente explícita que describe la ocupación del territorio por parte de distintos Objetos Ecológicos de Interés (especies, poblaciones, comunidades y formaciones vegetacionales). De esta forma, se ha logrado avanzar en reducir la brecha de conocimiento existente para la cuenca del Salar de Atacama.

## 6 CONCLUSIONES

En total se recopilaron 530 archivos obtenidos desde distintos repositorios digitales consultados, los cuales fueron guardados y organizados en carpetas. De estos, 303 archivos fueron indexados en el gestor bibliográfico Mendeley. Para el análisis de referencias bibliográficas se elaboraron 26 fichas de revisión de antecedentes, las cuales incluyeron las publicaciones obligatorias por bases y algunos documentos de relevancia.

Para el componente hídrico, se concluye que a partir de la recopilación bibliográfica acotada a los objetivos establecidos para esta etapa en particular, los estudios que apuntan a definir puntualmente la interacción entre el recurso hídrico y los humedales y/o bofedales son escasos.

Se revisaron los estudios y antecedentes que caracterizan ecosistemas en humedales y bofedales, con el objetivo de evaluar de qué manera se incorpora el componente hídrico. En general, a pesar que algunos de los estudios revisados identifican variables vinculantes tales como: nivel freático, caudales superficiales, altura de escurrimiento, niveles hidrométricos, hidroquímica, evaporación, precipitaciones, viento, temperatura del aire, entre otras, en ningún caso se define la forma en que se vincula el componente hídrico con el ecosistema, además que todos los estudios denotan una pobre comprensión de la dinámica hídrica de los bofedales en general.

En la siguiente etapa, se revisarán los estudios y datos que permitan aproximarse a comprender el funcionamiento hídrico que sostiene los bofedales en particular, con el objetivo de contar con un modelo conceptual de los sistemas hídricos que sostienen los bofedales y ecosistemas como los que se han identificado en el Salar de Atacama, determinándose de manera correcta cuales son las variables vinculantes que permitan construir un modelo conceptual integrado que pueda utilizarse como herramienta de gestión ambiental eficiente.

En relación a los sitios con protección ambiental, se identificaron tres sectores en la Cuenca del Salar de Atacama. Uno es el sitio SNASPE *Reserva Nacional Los Flamencos*, que abarca 73.987 ha en total (dividida en siete sectores), abarcando 14.868,20 ha dentro de la cuenca, lo que representa un 0,95% en superficie de la Cuenca del Salar de Atacama. Otro sitio con protección ambiental identificado, fue el sitio RAMSAR *Sistema Hidrológico de Soncor*, que está formado por cuatro lagunas someras clasificadas como salobres y permanentes de no más de 1,5 m de profundidad, interconectadas superficial y subsuperficialmente, las cuales están todas ubicadas dentro de la cuenca. El sistema en total abarca 67.133,05 ha, correspondiendo a un 4,3% en superficie de la Cuenca del Salar de Atacama. El último sitio identificado fue el Santuario de la Naturaleza *Valle de La Luna*, cuyas características geomorfológicas patrimoniales le otorgan a este sitio la calidad de lugar de interés científico y turístico. El Santuario en total abarca 13.200 ha, correspondiendo a un 0,85% en superficie de la Cuenca del Salar de Atacama.

Respecto al análisis detallado de las referencias de modelos conceptuales, se puede concluir que la estrategia de modelamiento en desarrollo se caracteriza por un detalle de agregación jerárquico y flexible, guiado por la disponibilidad de información y antecedentes (tanto existente como potencialmente alcanzable). Esta flexibilidad busca permitir capturar las complejas interacciones entre atributos topográficos, hidrológicos, hidrogeológicos, físicos y químicos con las características bióticas, a través de distintos niveles de organización.



Referente a la Macrozonificación Ecosistémica de la Cuenca del salar de Atacama, se logró una macrozonificación preliminar, donde cada polígono resultante contiene especies de flora y fauna relevantes para dicha unidad funcional.

Respecto a la base de datos geocientífica, salvo excepciones puntuales, los antecedentes entregados en los artículos revisados carecen de información georreferenciada. Sin esta información, la recopilación de los antecedentes mínimos necesarios para desarrollar una base de datos geocientífica, a partir de estas publicaciones, se dificulta. Además, en la mayor parte de las publicaciones los ecosistemas/formaciones o comunidades abordadas se tratan desde una perspectiva teórica adimensional (tanto en el tiempo como en el espacio). Sin embargo, conforme a lo indicado en la metodología de la propuesta, se han reunido antecedentes disponibles en distintas fuentes de acceso público. Estos antecedentes permiten contar con información espacialmente explícita que describe la ocupación del territorio por parte de distintos Objetos Ecológicos de Interés (especies, poblaciones, comunidades y formaciones vegetacionales). De esta forma, se ha logrado avanzar en reducir la brecha de conocimiento existente para la cuenca del Salar de Atacama

## 7 REFERENCIAS

- Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras, M., & Figueroa, A. (2011). *Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos*. Gobierno de Chile. Ministerio del Medio Ambiente; Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de Protección de Recursos Naturales. Unidad de Gestión Ambiental; Dirección General de Aguas. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos.
- Ahumada, M., & Faúndez, L. (2009). *Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT)*. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- Alcaraz, D., Paruelo, J., & Cabello, J. (2006). Identification of current ecosystem functional types in the Iberian Peninsula. *Global Ecology and Biogeography*, 15(2), 200–212. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00215.x>
- Alegría, M. A., & Lillo, A. (2003). Protección legal de los humedales altoandinos (vegas y bofedales) en Chile. In *Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la vida y el desarrollo sostenible*. Universidad del Valle/Instituto Cinara. (pp. 89–96). Cartagena de Indias, Colombia.
- Alonso, H., & Risacher, F. (1995). Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: Origen de los componentes y balance salino. *Revista Geológica de Chile*, 23(2), 113–122.
- Bahamónides, M., & Muñoz, E. (1997). Sitio Arqueológico Tular 1: Consideraciones para su Conservación y Caracterización de Materiales. *Conserva*, 1, 49–60.
- Cade-Idepe. (2004). *Diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad*. Cuenca Salar de Atacama. Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- CIREN. (2013). *Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país*. Informe Final. Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile.
- CONAF. (2001). *Guía de Parques Nacionales y Áreas Silvestres Protegidas de Chile*. Corporación Nacional Forestal. Gobierno de Chile (2° edición).
- CONAF. (2008). *Actualización Plan de Manejo Participativo Reserva Nacional Los Flamencos*. Corporación Nacional Forestal. Gobierno de Chile. Región de Antofagasta, Chile.
- CONAMA. (2008). *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos*. Comisión Nacional de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- Contreras, M., & de la Fuente, A. (2006). *Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales*. Centro de Ecología Aplicada Ltda; Servicio Agrícola y Ganadero; Gobierno de Chile.
- Convención de Ramsar., & Grupo de Contacto EHAA. (2008). *Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos*. Agua, vida, futuro.

Convención Ramsar. (2005). *Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos*. 9° Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Ramsar (Ramsar, Irán, 1971).

CORFO. (1996). *Ficha Informativa Sobre Humedales RAMSAR. Sistema hidrológico de Soncor. Unidad de Gestión Patrimonio Silvestre. Corporación Nacional Forestal (CONAF)*.

CORFO. (2010). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) - Versión 2006-2008. Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama. Corporación Nacional Forestal (CORFO)*.

Delgado, L. E., & Marín, V. H. (2005). FES-sistema: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile. *Revista Ambiente Y Desarrollo*, 21(3), 18–22pp.

DGA. (1986). *Evaporación desde salares: Metodología para evaluar los recursos hídricos renovables. Aplicación en las Regiones I y II. Dirección General de Aguas. Publicación Interna SDEH 86/4. Trabajo publicado en la Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Vol. I, N° 2.*

Ewel, K. C. (1989). Learning to simulate ecological models on a microcomputer. *Ecological Modelling*, 47, 1–11pp.

Ewel, K. C. (2001). Natural Resource Management: The Need for Interdisciplinary Collaboration. *Ecosystems*, 4(8), 716–722pp.

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27, 861–874.  
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>

Ferreira, J. G. (1995). ECOWIN - an object-oriented ecological model for aquatic ecosystems. *Ecological Modelling*, 79, 21–34pp.

Gajardo, R. (1994). *La Vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria.

GCF Ingenieros Ltda. (2010). *Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamientos en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región Informe final. S.I.T. N° 210.*

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). *The Elements of Statistical Learning*.

Hernández, H. J., Galleguillos, M., & Estades, C. (2016). *Mapa de Cobertura de Suelos de Chile 2014 : Descripción del Producto. Laboratorio GEP, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.*

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965–1978.

Jaksic, F. M. (2001). Spatiotemporal variation patterns of plants and animals in San Carlos de Apoquindo, central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74(2), 477–502pp.

Jørgensen, S. E., & Bendricchio, G. (2001). *Fundamentals of Ecological Modelling* (Third). Elsevier.

Jørgensen, S. E., & Fath, B. (2011). *Fundamentals of Ecological Modelling: Applications in Environmental Management and Research*. Elsevier (4th ed.). Elsevier.

Jørgensen, S. E., & Fath, B. D. (2011). Modelling Population Dynamics. In S. E. Jørgensen & B. D. Fath (Eds.),

- Fundamentals of Ecological Modelling* (Vol. 23, pp. 129–158). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53567-2.00005-3>
- Kerr, J., & Ostrovsky, M. (2003). From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(6), 299–305. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00071-5)
- Lindenmayer, D. B., & Likens, G. E. (2009). Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(9), 482–486pp. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.005>
- Manzano, A., & Zamora, S. (2009). *Sistema de ecuaciones estructurales: una herramienta de investigación. Cuaderno técnico 4. Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior*. México, D.F.: Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. (Ceneval).
- Mardones, G. (2006). Clasificación jerárquica y cartografía de ecosistemas en la zona andina de la Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 35, 59–75. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022006000100005>
- Ministerio de Agricultura. (1990). *Decreto Supremo N°50/1990. Crea la Reserva Nacional los Flamencos en terrenos fiscales de la II Region y la declara lugar de interes científico para efectos mineros*.
- Ministerio de Educación Pública. (1982). *Decreto Supremo N° 37/1982: Declara Santuario de la Naturaleza área que señala del Valle de la Luna, II Region de Antofagasta*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2011). Capítulo 7: Biodiversidad. In *Informe del Estado del Medio Ambiente* (p. 247–318pp).
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (1981). *Decreto Supremo N° 771/1981. Promulga Convención relativas a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional especialmente como Habitat de las Aves Acuáticas, suscrita en Ramsar, Irán, el 2 de Febrero de 1971*.
- MMA, & Centro de Ecología Aplicada. (2011). *Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental*. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- Ortiz, C., Muñoz, J. F., Del Solar, D., Sáez, B., & De Vidts, P. (2003). Funcionamiento hidrológico de lagunas en salares. In *XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica* (pp. 1–11).
- Phillips, S. ., Anderson, R. ., & Schapire, R. . (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259.
- Phillips, S., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distribution with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887–893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Ramsar. (2010a). *Manual 8 Lineamientos de Ramsar en relacion con el agua*.
- Ramsar. (2010b). *Manual 9 Manejo de Cuencas Hidrograficas* (Vol. 9).
- Salas, J., Guimerà, J., Cornellà, O., Aravena, R., Guzmán, E., Tore, C., ... Moreno, R. (2010). Hidrogeología del



sistema lagunar del margen Este del Salar de Atacama (Chile). *Boletín Geológico Y Minero*, 121(4), 357–372.

Skrondal, A., & Rabe-Hesketh, S. (2004). *Generalized latent variable modeling : multilevel, longitudinal, and structural equation models*. Chapman & Hall/CRC interdisciplinary statistics series.  
<https://doi.org/10.1007/BF02295939>

Villablanca, R., & Ibarra, J. (2013). *Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta. Diagnóstico y Evaluación (2002-2013)*. Secretaría Regional Ministerial. Región de Antofagasta. Ministerio del Medio Ambiente.

Zhao, Y., Feng, D., Yu, L., Wang, X., Chen, Y., Bai, Y., ... Gong, P. (2016). Detailed dynamic land cover mapping of Chile: Accuracy improvement by integrating multi-temporal data. *Remote Sensing of Environment*, 183, 170–185. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.05.016>



## 8 ANEXOS

### ANEXO A FICHAS DE RESUMEN DE ANTECEDENTES RELEVANTES DE ESTUDIOS

**Ficha de resumen de antecedentes N°1:**

43

<b>Tipo de publicación</b>	Libro		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT)		
<b>Año</b>	2009		
<b>Autor (es)</b>	Ahumada, M. & Faúndez, L.		
<b>Fuente</b>	Servicio Agrícola y Ganadero. Gobierno de Chile. 118 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6189/SAG-HUMED06.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6189/SAG-HUMED06.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta y Región de Atacama	Arica, Parinacota, El Tamarugal, Iquique, Antofagasta, El Loa, Tocopilla, Chanaral, Copiapó y Huasco.	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión y análisis de la bibliografía	Recopilación de estudios y seguimientos sistemáticos realizados en la vegetación asociada a humedales altiplánicos.	Sí
<b>Conclusiones</b>			
No aplica, guía descriptiva de sistemas vegetacionales. Respecto a recursos hídricos, se identifica la interrelación con el aporte hídrico de las napas los que a su vez influyen en las presencia de afloramientos salinos.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Guía descriptiva de las principales especies vegetales presentes en humedales altiplánicos. La clasificación vincula el tipo de vegetación con piezometría (nivel del agua) y tipo de aporte hídrico (lagunas, escurrimientos superficiales, agua subterránea, humedad en zona no saturada, precipitaciones).			

**Ficha de resumen de antecedentes N°2:**

<b>Tipo de publicación</b>	Libro		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos		
<b>Año</b>	2011		
<b>Autor (es)</b>	Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras, M. & Figueroa, A.		
<b>Fuente</b>	Ministerio del Medio Ambiente, Servicio Agrícola Ganadero, Dirección General de Aguas. 47 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-53554_guiaConsSeguimientoHumedales2011.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-53554_guiaConsSeguimientoHumedales2011.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	País	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión y análisis de la bibliografía	Entrega pautas de manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales	Sí
<b>Conclusiones</b>			
No aplica, guía de evaluación y seguimiento ambiental de humedales. Respecto a recursos hídricos, se establece el nivel freático como el principal criterio para delimitar humedales. Se consideran las siguientes variables para el componente hídrico: caudal superficial, nivel freático, humedad y salinidad del suelo, área laguna terminal, conductividad eléctrica, altura de escurrimiento, variables meteorológicas			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Guía que entrega pautas de manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales, además de metodologías de estudio.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°3:**

45

<b>Tipo de publicación</b>	Libro		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales		
<b>Año</b>	2006		
<b>Autor (es)</b>	Centro de Ecología Aplicada Ltda.		
<b>Fuente</b>	Servicio Agrícola y Ganadero. Gobierno de Chile. 81 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-41304_recurso_1.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-41304_recurso_1.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	País	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Define criterios para evaluación ambiental de humedales	Entrega antecedentes y criterios para evaluación ambiental de humedales	Sí
<b>Conclusiones</b>			
No aplica, guía de evaluación ambiental de humedales			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Guía que entrega pautas de evaluación y seguimiento ambiental de humedales. Incluye caracterización hidrogeológica conceptual y esquemas de balance hídrico en lagunas.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°4:**

46

<b>Tipo de publicación</b>	Libro		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CODESAN y TNC-Chile		
<b>Año</b>	2008		
<b>Autor (es)</b>	Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA		
<b>Fuente</b>	Gobiernos de Ecuador y Chile, CODESAN y TNC-Chile. 54 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-53574_EstrategiaRegionalConserSostenible.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-53574_EstrategiaRegionalConserSostenible.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Latinoamericano/Regional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta y Región de Atacama	Arica, Parinacota, El Tamarugal, Iquique, Antofagasta, El Loa, Tocopilla, Chanaral, Copiapó y Huasco.	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión de antecedentes y panel de expertos	Promover la conservación y el uso sostenible de los humedales altoandinos	Sí
<b>Conclusiones</b>			
Los humedales altoandinos son considerados como ecosistemas estratégicos multifuncionales y en consecuencia en la actualidad, poseen una adecuada valoración de sus recursos naturales y culturales en los ámbitos nacionales, regionales y locales, lo que permite establecer cierto grado de control de las amenazas que afectan a dichos sistemas.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Entrega información de estrategia de conservación regional latinoamericana			

**Ficha de resumen de antecedentes N°5:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Modelación ecológica		
<b>Título</b>	FES-sistema: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile		
<b>Año</b>	2005		
<b>Autor (es)</b>	Delgado, L.E. & Marín, V.H.		
<b>Fuente</b>	Revista Ambiente y Desarrollo, 21(3): 18-22.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.cipmachile.com/web/200.75.6.169/RAD/2005/3_DELGADO_MARIN.pdf">http://www.cipmachile.com/web/200.75.6.169/RAD/2005/3_DELGADO_MARIN.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Metodología FES-sistema	Proponer el concepto de sistema físico-ecológico-social (FES-sistema) como plataforma para el análisis sociedad-naturaleza.	Revisión del concepto de FES-sistema
<b>Conclusiones</b>			
Un FES-sistema es un modelo conceptual. Se proponen una amplia gama de técnicas y métodos para incluir de manera más significativa la participación ciudadana y el conocimiento popular respecto de los sistemas ecológicos que se desea manejar.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Importancia de la participación ciudadana en decisiones y acciones científicas			

47

**Ficha de resumen de antecedentes N°6:**

<b>Tipo de publicación</b>	Informe Ambiental		
<b>Tema específico</b>	Ecología general		
<b>Título</b>	Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación		
<b>Año</b>	2008		
<b>Autor (es)</b>	Contreras, M., Pardo, R., Uraoka, T., Durán, M., Martínez, O., Novoa, F., Sabat, P., Fuentes, L., Duran, M., Martinez, O., Novoa, F., Sabat, P. & Fuentes, L.		
<b>Fuente</b>	Serie de Informes Técnicos (SIT) N° 187. Dirección General de Aguas. Gobierno de Chile. 193 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://documentos.dga.cl/ECO5182.pdf">http://documentos.dga.cl/ECO5182.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	País	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Modelo conceptual para determinar caudal mínimo ecológico. Esta metodología considera cuatro escalas de análisis: i) Hidroecoregiones, ii) Sistema, definido por el río en toda su extensión; iii) Tramo de río, iv) Sección	Proponer un modelo conceptual para determinar el caudal ecológico de un río incorporando un enfoque multiescalado y jerárquico.	Sí
<b>Conclusiones</b>			
La propuesta de modelo de caudal ecológico mínimo, considera la integración multidisciplinaria, incluyendo áreas como ingeniería hidráulica y ambiental, biología acuática, ecología, hidrología, y ciencias sociales. La información obtenida en el marco del cálculo del caudal ecológico mínimo, es analizada para tomar decisiones sobre el régimen del caudal, en términos espaciales y temporales, para satisfacer los requerimientos de hábitat de la o las especies objetivo y mantener las actividades antrópicas.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Aporte al marco teórico: en relación a las hidroecoregiones, variables forzantes del caudal ecológico y calidad del agua.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°7:**

<b>Tipo de publicación</b>	Pública o Institucional		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos		
<b>Año</b>	2005		
<b>Autor (es)</b>	Ramsar		
<b>Fuente</b>	9° Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 34 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-53576_EstrategiaHumedalesAltoandinos.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-53576_EstrategiaHumedalesAltoandinos.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Latinoamericano/Regional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta y Región de Atacama	Arica, Parinacota, El Tamarugal, Iquique, Antofagasta, El Loa, Tocopilla, Chanaral, Copiapó y Huasco.	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	Promover la conservación y el uso sostenible de los humedales altoandinos, a través de la implementación de un proceso de gestión regional de largo plazo entre los países involucrados a fin de mantener los bienes y servicios que ellos prestan, y reducir los impactos y amenazas existentes.	Si
<b>Conclusiones</b>			
Entrega un marco orientador para la cooperación entre los países involucrados, con una proyección de 10 años (2005-2015). Su propósito es la conservación y uso sostenible de los humedales y complejos de humedales en ecosistemas de páramo, jalca y puna, y otros ecosistemas altoandinos.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
No aplica para modelo conceptual, pero entrega información de estrategia de conservación regional latinoamericana			

**Ficha de resumen de antecedentes N°8:**

50

<b>Tipo de publicación</b>	Pública o Institucional		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile		
<b>Año</b>	2005		
<b>Autor (es)</b>	Comisión Nacional de Medio Ambiente		
<b>Fuente</b>	Comisión Nacional de Medio Ambiente. Gobierno de Chile. 30 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	País	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	Promover la conservación de humedales nacionales, de sus funciones y beneficios para un desarrollo sustentable	Si
<b>Conclusiones</b>			
Desarrollar las líneas de acción que responden a las necesidades nacionales y a un compromiso país con la convención Ramsar.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
No aplica para modelo conceptual, pero entrega información de estrategia de conservación a nivel nacional.			

Ficha de resumen de antecedentes N°9:

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Modelación ecológica		
<b>Título</b>	Learning to simulate ecological models on a microcomputer		
<b>Año</b>	1989		
<b>Autor (es)</b>	Ewel, K.C.		
<b>Fuente</b>	Ecological Modelling, 47: 7-17.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1016/0304-3800(89)90106-3">https://doi.org/10.1016/0304-3800(89)90106-3</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	Descripción de conceptos básicos requeridos para realizar modelación ecológica	No
<b>Conclusiones</b>			
El documento entrega conceptos básicos a través de ejemplos de modelamiento que permiten familiarizarse con las operaciones y principios fundamentales.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Si bien entrega descripciones básicas de conceptos de modelación ecológica, es solo un modelo determinista, por lo tanto no aplica en este estudio ya que no es de tipo conceptual.			

51

**Ficha de resumen de antecedentes N°10:**

52

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Ecología general		
<b>Título</b>	Natural resource management: The need for interdisciplinary collaboration		
<b>Año</b>	2001		
<b>Autor (es)</b>	Ewel, K.C.		
<b>Fuente</b>	Ecosystems, 4(8): 716-722.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1007/s10021-001-0040-1">https://doi.org/10.1007/s10021-001-0040-1</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	Análisis de los servicios ecosistémicos desde una perspectiva interdisciplinaria, abordando el manejo de recursos naturales.	No
<b>Conclusiones</b>			
El documento plantea que saber cómo funciona un ecosistema no es suficiente para gestionarlo, también es esencial incorporar interacción interdisciplinaria y el desarrollo de prácticas de gestión apropiadas.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
No aplica para modelo conceptual.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°11:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Modelación ecológica		
<b>Título</b>	ECOWIN - an object-oriented ecological model for aquatic ecosystems		
<b>Año</b>	1995		
<b>Autor (es)</b>	Ferreira, J.G.		
<b>Fuente</b>	Ecological Modelling, 79(1-3): 21-34.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1016/0304-3800(94)00033-E">https://doi.org/10.1016/0304-3800(94)00033-E</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión y análisis del modelo ecológico ECOWIN	Modelación ecológica con ECOWIN	No
<b>Conclusiones</b>			
Este artículo presenta un enfoque orientado a los objetos para la modelación y desarrolla un conjunto de objetos ecológicos por medio de ECOWIN.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
No aporta, es solo la aplicación de tipo de modelos bajo un proxy muy antiguo, las modelaciones actuales son mas dinámicas.			

53

**Ficha de resumen de antecedentes N°12:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Ecología general		
<b>Título</b>	Spatiotemporal variation patterns of plants and animals in San Carlos de Apoquindo, central Chile		
<b>Año</b>	2001		
<b>Autor (es)</b>	Jaksic, F.M.		
<b>Fuente</b>	Revista Chilena de Historia Natural, 74(2): 477-502.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.4067/S0716-078X2001000200021">https://doi.org/10.4067/S0716-078X2001000200021</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región Metropolitana	Santiago	Santiago
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión y análisis de la bibliografía publicada y no publicada	Resumir el conocimiento existente acerca del ecosistema mediterráneo, representado en San Carlos de Apoquindo	No, realizado y aplicable solo a sistemas mediterráneos
<b>Conclusiones</b>			
Existe imagen bastante amplia pero fragmentada de las interacciones ecológicas que tienen lugar en San Carlos de Apoquindo. Se requiere profundizar estudios en el componente suelos y la respuesta del ecosistema frente al evento de EL Niño.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
El artículo no se refiere a los ecosistemas de interés, solo se rescata que la metodología de revisión y sistematización de publicaciones puede ser aplicada al presente estudio-			

**Ficha de resumen de antecedentes N°13:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Modelación ecológica		
<b>Título</b>	Conceptual PHES-system models of the Aysén watershed and fjord (Southern Chile): Testing a brainstorming strategy		
<b>Año</b>	2008		
<b>Autor (es)</b>	Marín, V.H., Delgado, L.E. & Bachmann, P.		
<b>Fuente</b>	Journal of Environmental Management, 88(4): 1109-1118.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.05.012">https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.05.012</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Aysén	Aysén	Cuencas y fiordos de Aysén
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión, análisis y discusión de modelo conceptual PHES-systems en cuencas y fiordos de Aysén	Analizar y discutir el modelo conceptual PHES-systems en cuencas y fiordos de Aysén	Si
<b>Conclusiones</b>			
Los resultados muestran que el uso de técnicas de lluvia de ideas como el primer paso de modelación, permite la interacción de las personas dentro de entornos altamente jerárquicos. El énfasis en la retención de juicio de ideas hace que esta sea una metodología bastante prometedora, sobre todo cuando se trata de temas complejos donde las diferentes partes interesadas deben llegar a acuerdos.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Entrega información de interés para la representación o construcción de las relaciones entre componentes.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°14:**

<b>Tipo de publicación</b>	Pública o Institucional		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos		
<b>Año</b>	2002		
<b>Autor (es)</b>	Contreras, J.P., Rodríguez, E., Santoro, A. & Torres, H.		
<b>Fuente</b>	Corporación Nacional Forestal. Gobierno de Chile. 38 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-53577_PlanAccionHumedalesAltoandinos.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-53577_PlanAccionHumedalesAltoandinos.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta y Región de Atacama	No aplica (Altiplano)	No aplica (Altiplano)
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	En el Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los Humedales Altoandinos en Chile se proponen cuatro lineamientos estratégicos de acción: Monitoreo Biológico; Monitoreo de Recursos Hídricos; Protección de Recursos y; Planificación Territor	Contribuir a la planificación integral de las acciones y mecanismos de conservación y uso sustentable de los humedales altoandinos prioritarios de las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama en Chile.	Si
<b>Conclusiones</b>			
Se generó un cronograma donde los participantes en la preparación del plan, se comprometieron a participar en actividades durante 5 años, de tal forma que se garantizara la implementación eficaz de las acciones recomendadas en cada lineamiento estratégico.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
No aplica para modelo conceptual, pero entrega información de estrategia de conservación de humedales altoandinos			

**Ficha de resumen de antecedentes N°15:**

<b>Tipo de publicación</b>	Pública o Institucional		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica		
<b>Año</b>	2006		
<b>Autor (es)</b>	Centro de Ecología Aplicada Ltda.		
<b>Fuente</b>	Comisión Nacional de Medio Ambiente. Gobierno de Chile. 114 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-41115_recurso_1.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-41115_recurso_1.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	País	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	En este trabajo se elaboró una metodología para la conservación de humedales integrados a cuenca hidrográfica, a través del manejo sostenible, lo cual permita replicar la metodología a otros humedales, incluidos en las prioridades regionales y nacionales,	En este estudio se propone una estrategia basada en el uso de la visión ecosistémica, para realizar el sistema de clasificación. La unidad de análisis es el ecotipo, que corresponde a una familia de humedales, los cuales comparten propiedades, atributos e incluso amenazas similares.	Si
<b>Conclusiones</b>			
El sistema de clasificación permitió identificar 3 grandes familias de humedales (marinos, costeros y continentales) y diferentes clases. Tales ecotipos se definen en base a los procesos que determinan el balance hídrico específico de un área: evaporación, infiltración, escorrentía, intrusión salina y afloramientos subterráneos. El sistema de clasificación basado en ecotipos vincula las propiedades de los humedales con sus amenazas, a través de un análisis jerárquico. Los resultados obtenidos en este estudio permitieron establecer que las amenazas son específicas a los humedales según su clasificación.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Entrega información acerca del sistema de clasificación basado en ecotipos, que vincula las propiedades de los humedales con sus amenazas.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°16:**

<b>Tipo de publicación</b>	Pública o Institucional		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	El manejo de las aguas subterráneas: Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales.		
<b>Año</b>	2010		
<b>Autor (es)</b>	Ramsar		
<b>Fuente</b>	Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4° edición, manual 11. 54 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-11sp.pdf">http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-11sp.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales	Si
<b>Conclusiones</b>			
Se presenta un marco preliminar en siete etapas para el manejo de las aguas subterráneas. Consiste esencialmente en una serie de actividades técnicas, comprendidas en una más amplia correspondiente al “camino crítico” para la ordenación de cuencas fluviales y concebidas para proporcionar la información y los conocimientos pertinentes en relación con las aguas subterráneas a fin de apoyar la integración de las aguas subterráneas dentro del manejo de los humedales a escala de cuenca hidrográfica. Respecto a los recursos hídricos, se define que los vínculos entre agua subterránea y humedal son el nivel freático, dirección de flujo, interacción bofedal - acuífero y geología. Se define también que el nivel del agua depende de combinación de: precipitaciones directas, escorrentía y mecanismos de descarga/recarga de aguas subterráneas.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Entrega información sobre el entendimiento de la dinámica hídrica detrás del funcionamiento del ecosistema de humedal. Este incluye un modelo de mecanismo de transferencias de agua en un bofedal el cual queda definido en base a: manantiales, desbordamiento del río, intercambio con aguas subterráneas, precipitación, evaporación, infiltración de aguas subterráneas, escorrentía desde las laderas adyacentes y bombeo.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°17:**

<b>Tipo de publicación</b>	Pública o Institucional		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Inventario, evaluación y monitoreo: Marco integrado para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales		
<b>Año</b>	2010		
<b>Autor (es)</b>	Ramsar		
<b>Fuente</b>	Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4° edición, manual 13. 62 pp.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-13sp.pdf">http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-13sp.pdf</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	Marco Integrado para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales	Si
<b>Conclusiones</b>			
Se describe el Marco de Ramsar para el Inventario de humedales. En él se ofrece un marco estructurado en 13 pasos, que se apoya en orientaciones sobre cada paso, para planificar un inventario de humedales. Para el recurso hídrico incluye origen del agua (superficial y subterránea), entrada/salida, evaporación, frecuencia de las inundaciones, estacionalidad y duración; magnitud del régimen de flujo y/o de mareas y relación con aguas freáticas.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Entrega información de interés sobre los componentes y pasos para la caracterización de un humedal en base a metodología de inventario. No contiene antecedentes hidrogeológicos de interés para este estudio en particular			

**Ficha de resumen de antecedentes N°18:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Freshwater fishes of the Altiplano		
<b>Año</b>	2007		
<b>Autor (es)</b>	Vila, I., Pardo, R. & Scott, S.		
<b>Fuente</b>	Aquatic Ecosystem Health and Management, 10(2): 201-211.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1080/14634980701351395">https://doi.org/10.1080/14634980701351395</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Eco-región/Bioclíma		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Arica y Parinacota, Región de Tarapacá, Región de Antofagasta	No aplica (Altiplano)	No aplica (Altiplano)
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	El objetivo del documento fue revisar y actualizar el conocimiento de la ictiofauna y pesquerías de los sistemas de agua dulce del Altiplano.	Sí
<b>Conclusiones</b>			
Los ecosistemas dulceacuícolas del Altiplano son de importancia por su biodiversidad, donde ocurren especies ícticas endémicas. El manejo por parte de los países con injerencia, que han realizado actividades de pesquería y de acuicultura con especies introducidas, ha demostrado ser inadecuado en el cuidado de estos frágiles ecosistemas.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
La riqueza íctica presentada en el artículo no hace referencia a la cuenca del Salar de Atacama. Solo se rescata que corresponden a ecosistemas altiplánicos de agua dulce			

**Ficha de resumen de antecedentes N°19:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Modelación ecológica		
<b>Título</b>	Perspective changes everything: managing ecosystems from the inside out		
<b>Año</b>	2003		
<b>Autor (es)</b>	Waltner-Toews, D., Kay, J.J., Neudoerffer, C. & Gitau, T.		
<b>Fuente</b>	Frontiers in Ecology and the Environment, 1(1): 23-30.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0023:PCEMEF]2.0.CO;2">https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0023:PCEMEF]2.0.CO;2</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Adaptative Methodology for Ecosystem Sustainability and Health (AMESH)	Establecer los procedimientos para una aproximación del manejo de ecosistemas desde las bases, intercalando con las experiencias realizadas en Perú, Nepal y Kenya.	
<b>Conclusiones</b>			
Sobre la base de la experimentación se ha podido integrar al modelo básico de diagnóstico la complejidad y extensión de grupos interactuantes. AMESH es una de muchos acercamientos ecológicos que refleja un entendimiento más complejo tanto del sistema ecosocial como de la metodología requerida para investigar y manejarlo.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Estructura para establecer relaciones entre componentes en un sistema ecosocial diverso en actores.			

61

**Ficha de resumen de antecedentes N°20:**

62

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Otro		
<b>Título</b>	Geoquímica del Salar de Atacama; parte 1: origen de los componentes y balance salino		
<b>Año</b>	1996		
<b>Autor (es)</b>	Alonso; H. y Risacher; F.		
<b>Fuente</b>	Revista Geológica de Chile, 23(2): 113–122.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.5027/andgeoV23n2-a01">https://doi.org/10.5027/andgeoV23n2-a01</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Antofagasta	Loa	Cuenca Salar de Atacama
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Análisis físico-químico de aguas superficiales y subterráneas	Origen de los componentes disueltos en las aguas de aporte	Si, aplica a sistemas altiplánicos
<b>Conclusiones</b>			
<p>Los autores establecen que la alta carga salina de las aguas de aporte no proviene de salmueras residuales; sino de disolución de minerales evaporíticos en rocas sedimentarias alrededor del salar.          La mayor parte de los componentes Li; K; Mg y B tienen un origen común. Puesto que Li y B están casi siempre asociados al volcanismo; se puede inferir para todos estos componentes tienen un origen principalmente volcánico.</p>			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Datos de la composición físico-química de las aguas superficiales y subterráneas			

**Ficha de resumen de antecedentes N°21:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	Artemia (Crustacea, Anostraca) in Chile: a review of basic and applied biology		
<b>Año</b>	2012		
<b>Autor (es)</b>	De los Ríos-Escalante, P. & Salgado, I.		
<b>Fuente</b>	Latin American Journal of Aquatic Research. 40 (3): 487-496.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175024151002">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175024151002</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Varias regiones	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Revisión bibliográfica	El objetivo del estudio fue realizar una investigación para entender la caracterización de poblaciones y ecología básica de las poblaciones chilenas del camarón de salmuera ( <i>Artemia franciscana</i> y <i>Artemia persimilis</i> ) y discutir como mejorar el estado de la conservación de estas.	Si aplica a sistemas altiplánicos
<b>Conclusiones</b>			
Se discute que a futuro los estudios se deberían enfocar primero al manejo de poblaciones nativas para acuicultura local o como un recurso para su conservación, otras orientaciones de estudio, podrían ser los efectos de la radiación ultravioleta (UVR) que es notoriamente alta en los hábitats del camarón de salmuera. Este último factor es importante porque la radiación ultravioleta es un agente autógeno importante en la estructura genética de las poblaciones. En este escenario, se sugiere un manejo cuidadoso de las poblaciones introducidas del camarón de salmuera para la acuicultura local, con el fin de evitar alteraciones en las poblaciones nativas que debido a su aislamiento genético necesitarían procedimientos para su conservación con el fin de evitar extinciones locales.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Ocurrencia de la especie <i>Artemia franciscana</i> en dos lagunas del Salar de Atacama			

**Ficha de resumen de antecedentes N°22:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales

<b>Título</b>	Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile		
<b>Año</b>	2014		
<b>Autor (es)</b>	Fariás, M. E., Contreras, M., Rasuk, M. C., Kurth, D., Flores, M. R., Poiré, D. G., Novoa, F. & Visscher, P. T.		
<b>Fuente</b>	Extremophiles, 18(2): 311–329.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1007/s00792-013-0617-6">https://doi.org/10.1007/s00792-013-0617-6</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Nacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	II Antofagasta	Loa	Cuenca Salar de Atacama
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Diversidad bacteriana, tapetes microbianos, evaporitas de yeso y microbialitos de carbonatos	Comparar la presencia de ecosistemas microbiales sedimentarios en dos lagunas del Salar de Atacama	Si aplica, específicamente al Salar de Atacama
<b>Conclusiones</b>			
Se reporta la presencia y composición de ecosistemas microbianos sedimentarios en humedales del Salar de Atacama (tapetes minerales, bacterianos y microalgales). Estos sistemas laminados, que unen, atrapan y precipitan el mineral incluyen: tapetes microbianos en las lagunas Tebenquiche y La Brava, domos de yeso en Tebenquiche y microbialitos de carbonato de calcio en La Brava.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Presencia de tapetes microbianos en dos lagunas del salar y composición de estos.			

**Ficha de resumen de antecedentes N°23:**

65

<b>Tipo de publicación</b>	Presentación Congreso		
<b>Tema específico</b>	Otro		
<b>Título</b>	Funcionamiento hidrológico de las lagunas en salares		
<b>Año</b>	2003		
<b>Autor (es)</b>	Ortiz, C., Muñoz, J. F., Del Solar, D., Sáez, B., & De Vidts, P.		
<b>Fuente</b>	XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica (pp. 1–11).		
<b>Link de descarga</b>	<a href="http://www.sochid.cl/publicaciones-sochid/congresos-chilenos/congreso-xvi/congreso-xvi-trabajo-09/">http://www.sochid.cl/publicaciones-sochid/congresos-chilenos/congreso-xvi/congreso-xvi-trabajo-09/</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Eco-región/Bioclima		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Antofagasta	Loa	Cuenca Salar de Atacama
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Ecuación de balance hídrico y a mediciones de campo de las series temporales de caudales de recarga y descarga de lagunas	Comprender el funcionamiento hidrológico de las lagunas que se ubican en los márgenes de salares. Incluyó mediciones de campo del sector de las lagunas del sistema lacustre Soncor en el Salar de Atacama.	Si
<b>Conclusiones</b>			
La evaporación comprende el principal de descarga y actúa como componente amortiguador de las variaciones de la recarga de las lagunas. Se indica conexión pequeña entre lagunas y núcleo			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Sistemas lacustres del borde Este del Salar de Atacama			

**Ficha de resumen de antecedentes N°24:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Ecología de salares y humedales		
<b>Título</b>	A review of groundwater–surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology		
<b>Año</b>	2008		
<b>Autor (es)</b>	Jolly, I., McEwan, K., & Holland, K.		
<b>Fuente</b>	Ecohydrology, 130, 126–130.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1002/eco">https://doi.org/10.1002/eco</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	No Aplica	Analizar la interacción que existe entre las aguas subterráneas y las aguas superficiales en ambientes áridos a semi/áridos y como influyen en la salinidad de la costra.	Si
<b>Conclusiones</b>			
La interacción que existe entre el agua subterránea y la superficial es determinante para la ecología de los bofedales			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Caracterización de la interacción entre aguas subterráneas, aguas superficiales y humedales.			

66

**Ficha de resumen de antecedentes N°25:**

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Otro		
<b>Título</b>	Hidrogeología del sistema lagunar del margen Este del Salar de Atacama (Chile)		
<b>Año</b>	2010		
<b>Autor (es)</b>	Salas, J., Guimerà, J., Cornellà, O., Aravena, R., Guzmán, E., Tore, C., Von Igel, W. & Moreno, R.		
<b>Fuente</b>	Boletín Geológico y Minero, 121(4), 357–372.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3340751">https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3340751</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Eco-región/Bioclima		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	Región de Antofagasta	Loa	Cuenca Salar de Atacama
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Integración de antecedentes de clima, geomorfología, geología, piezometría, químicos e isotópicos	Modelo conceptual hidrogeológico del sistema de lagunas del margen oriental del Salar de Atacama	Si
<b>Conclusiones</b>			
Se entrega un modelo conceptual hidrogeológico del sistema de lagunas del margen oriental del Salar de Atacama			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Modelo conceptual hidrogeológico del sistema de lagunas del margen oriental del Salar de Atacama			

67

**Ficha de resumen de antecedentes N°26:**

68

<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica		
<b>Tema específico</b>	Otro		
<b>Título</b>	Investigating peatland stratigraphy and hydrogeology using integrated electrical geophysics		
<b>Año</b>	2002		
<b>Autor (es)</b>	Slater, L. D. & Reeve, A.		
<b>Fuente</b>	Geophysics, 67(2), 365–378.		
<b>Link de descarga</b>	<a href="https://doi.org/10.1190/1.1468597">https://doi.org/10.1190/1.1468597</a>		
<b>Alcance geográfico</b>	Internacional		
<b>Ámbito Geográfico Nacional</b>	<b>Región</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cuenca (s)</b>
	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tipo de Antecedentes</b>	<b>Metodologías</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Aplicabilidad a Sistemas Nacionales</b>
	Magnetotelúrico (MT), Transiente Electro Magnético (TEM) y gravimetría	Caracterizar bofedal con prospección geofísica	Si
<b>Conclusiones</b>			
Los métodos geofísicos son buena herramienta para definir espesor de un humedal e interacción con el agua subterránea.			
<b>Resultados de Interés para esta Licitación</b>			
Aplicaciones de prospección geofísica para caracterización de bofedales			



## ANEXO B

### FICHAS DE COMPARACIÓN CON OTROS MODELOS CONCEPTUALES ECOLÓGICOS

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 1:**

<b>Autor (es)</b>	Anderson, K.E., Glenn, N.F., Spaete, L.P., Shinneman, D.J., Pilliod, D.S., Arkle, R.S., McIlroy, S.K. & Derryberry, D.W.R.		
<b>Año</b>	2018	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y análisis estadístico matemático		
<b>Título de estudio</b>	Estimating vegetation biomass and cover across large plots in shrub and grass dominated drylands using terrestrial lidar and machine learning		
<b>Fuente</b>	Ecological Indicators, 84: 793-802.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	SI	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Aplicación novedosa de minería de datos		
<b>Debilidades</b>	No presenta el gráfico del modelo conceptual, solo diagrama de estrategia de análisis		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes y aproximación cuantitativa		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 2:**

<b>Autor (es)</b>	Blanco, P.D., del Valle, H.F., Bouza, P.J., Metternicht, G.I. & Hardtke, L.A.		
<b>Año</b>	2014	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	No aplica		
<b>Título de estudio</b>	Ecological site classification of semiarid rangelands: Synergistic use of Landsat and Hyperion imagery		
<b>Fuente</b>	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 29(1): 11-21.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

### Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 3:

<b>Autor (es)</b>	Bradley, P. & Yee, S.		
<b>Año</b>	2015	<b>Tipo de publicación</b>	Informe Técnico
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual en estudios de casos		
<b>Título de estudio</b>	Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model : Technical Support Document		
<b>Fuente</b>	US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Atlantic Ecology Division, Narragansett, RI. EPA/600/R-15/154.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Presenta en detalle aspectos prácticos a considerar en el modelado		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando ejemplos de componentes		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 4:**

<b>Autor (es)</b>	Davis, S.M., Childers, D.L., Lorenz, J.J., Wanless, H.R. & Hopkins, T.E.		
<b>Año</b>	2005	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	A conceptual model of ecological interactions in the mangrove estuaries of the Florida Everglades		
<b>Fuente</b>	Wetlands, 25(4): 832-842.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación en mas variables		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 5:**

<b>Autor (es)</b>	Delgado, L.E., Marin, V.H., Bachmann, P.L. & Torres-Gomez, M.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y FHES sistema		
<b>Título de estudio</b>	Conceptual Models for Ecosystem Management through the Participation of Local Social Actors: the Rio Cruces Wetland Conflict		
<b>Fuente</b>	Ecology and Society, 14(1), 50 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Considera distintos componentes		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 6:**

<b>Autor (es)</b>	Elmer, F. & Riegl, B.		
<b>Año</b>	2014	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	A discrete mathematical extension of conceptual ecological models - Application for the SE Florida shelf		
<b>Fuente</b>	Ecological Indicators, 44: 40-56.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	SI	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que aporta pesos en las interacciones de componentes		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación en mas variables		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes y aproximación cuantitativa para valorar interacciones entre componentes y subcomponentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

### Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 7:

<b>Autor (es)</b>	Elsawah, S., Pierce, S.A., Hamilton, S.H., van Delden, H., Haase, D., Elmahdi, A. & Jakeman, A.J.		
<b>Año</b>	2017	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y análisis estadístico matemático		
<b>Título de estudio</b>	An overview of the system dynamics process for integrated modelling of socio-ecological systems: Lessons on good modelling practice from five case studies		
<b>Fuente</b>	Environmental Modelling and Software, 93: 127-145.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que aporta una aproximación estadístico-matemática		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes y aproximación cuantitativa		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 8:**

<b>Autor (es)</b>	Embley, D.W. & Thalheim, B.		
<b>Año</b>	2011	<b>Tipo de publicación</b>	Libro
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Handbook of Conceptual Modeling		
<b>Fuente</b>	Springer Berlin Heidelberg. 589 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación conceptual		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 9:**

<b>Autor (es)</b>	Field, R.D. & Parrott, L.		
<b>Año</b>	2017	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo y redes de interacción		
<b>Título de estudio</b>	Multi-ecosystem services networks: A new perspective for assessing landscape connectivity and resilience		
<b>Fuente</b>	Ecological Complexity, 32(11): 31-41.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Aplicación novedosa de modelado matemático		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 10:**

<b>Autor (es)</b>	Gemino, A. & Wand, Y.		
<b>Año</b>	2005	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Complexity and clarity in conceptual modeling: Comparison of mandatory and optional properties		
<b>Fuente</b>	Data and Knowledge Engineering, 55(3): 301-326.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad		
<b>Debilidades</b>	Poco concreto al objeto de estudio de la licitación		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No		

### Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 11:

<b>Autor (es)</b>	Gentile, J.H., Harwell, M.a., Cropper, W., Harwell, C.C., DeAngelis, D., Davis, S., Ogden, J.C. & Lirman, D.		
<b>Año</b>	2001	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Ecological conceptual models: a framework and case study on ecosystem management for South Florida sustainability.		
<b>Fuente</b>	The Science of the total environment, 274(1-3): 231-253.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo que permite ver distintas aplicaciones con distintas subcomponentes y componentes		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación en mas variables		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando ejemplos de componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 12:**

<b>Autor (es)</b>	Guimarães, M.H., Ballé-Béganton, J., Bailly, D., Newton, A., Boski, T. & Dentinho, T.		
<b>Año</b>	2013	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Transdisciplinary conceptual modeling of a social-ecological system-A case study application in Terceira Island, Azores		
<b>Fuente</b>	Ecosystem Services, 3: 22-31.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 13:**

<b>Autor (es)</b>	Hastie T. & Tibshirani R.		
<b>Año</b>	1986	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado no paramétrico		
<b>Título de estudio</b>	Generalized Additive Models		
<b>Fuente</b>	Statistical Science, 3(1): 297-318.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación no paramétrica		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 14:**

<b>Autor (es)</b>	Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Libro
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado estadístico		
<b>Título de estudio</b>	The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference and Prediction		
<b>Fuente</b>	Springer-Verlag New York, Segunda Edición. 745 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación estadística		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 15:**

<b>Autor (es)</b>	Havens, K.E. & Gawlik, D.E.		
<b>Año</b>	2005	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Lake Okeechobee conceptual ecological model		
<b>Fuente</b>	Wetlands, 25(4): 908-925.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación en mas variables		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 16:**

<b>Autor (es)</b>	Heemskerk, M., Wilson, K. & Pavao-Zuckerman, M.		
<b>Año</b>	2003	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Propuesta de modelo conceptual como herramienta de comunicación		
<b>Título de estudio</b>	Conceptual models as tools for communication across disciplines		
<b>Fuente</b>	Conservation Ecology, 7(3): 8.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Posee amplia aplicabilidad		
<b>Debilidades</b>	Poco específico con licitación		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes (es lo que hemos hecho)		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 17:**

<b>Autor (es)</b>	Howe, R. W., Regal, R. R., Hanowski, J. M., Niemi, G. J., Danz, N. P., & Smith, C. R.		
<b>Año</b>	2007	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y propuesta matemática		
<b>Título de estudio</b>	An index of ecological condition based on bird assemblages in Great Lakes coastal wetlands		
<b>Fuente</b>	Journal of Great Lakes Research, 33(Special Issue 3), 93–105.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que aporta una aproximación estadístico-matemática		
<b>Debilidades</b>	No presenta el gráfico del modelo conceptual		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

### Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 18:

<b>Autor (es)</b>	Htun, H., Gray, S.A., Lepczyk, C.A., Titmus, A. & Adams, K.		
<b>Año</b>	2016	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación de lógica difusa en el modelado		
<b>Título de estudio</b>	Combining watershed models and knowledge-based models to predict local-scale impacts of climate change on endangered wildlife		
<b>Fuente</b>	Environmental Modelling and Software, 84: 440-457.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Mediante lógica difusa modelan el impacto del cambio climático en la abundancia de especies		
<b>Debilidades</b>	No presenta el gráfico del modelo conceptual, solo un gráfico Fuzzy		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 19:**

<b>Autor (es)</b>	Kelble, C.R., Loomis, D.K., Lovelace, S., Nuttle, W.K., Ortner, P.B., Fletcher, P., Cook, G.S., Lorenz, J.J. & Boyer, J.N.		
<b>Año</b>	2013	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	The EBM-DPSER Conceptual Model: Integrating Ecosystem Services into the DPSIR Framework		
<b>Fuente</b>	PLoS ONE, 8(8): 1-12.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación en mas variables		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes y aproximación cuantitativa podría ser similar en algunos aspectos		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 20:**

<b>Autor (es)</b>	Lindenmayer, D.B. & Likens, G.E.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Propuesta de modelo conceptual y propuesta de muestreo temporal		
<b>Título de estudio</b>	Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring		
<b>Fuente</b>	Trends in Ecology and Evolution, 24(9): 482-486.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Propuesta de muestreo adaptativo y temporalidad		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes y tomando en consideración el muestreo temporal y colección de datos		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 21:**

<b>Autor (es)</b>	Loreau, M., Daufresne, T., Gonzalez, A., Gravel, D., Guichard, F., Leroux, S.J., Loeuille, N., Massol, F. & Mouquet, N.		
<b>Año</b>	2013	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Unifying sources and sinks in ecology and Earth sciences		
<b>Fuente</b>	Biological Reviews, 88(2): 365-379.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 22:**

<b>Autor (es)</b>	Mander, M., Jewitt, G., Dini, J., Glenday, J., Blignaut, J., Hughes, C., Marais, C., Maze, K., van der Waal, B. & Mills, A.		
<b>Año</b>	2017	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo		
<b>Título de estudio</b>	Modelling potential hydrological returns from investing in ecological infrastructure: Case studies from the Baviaanskloof-Tsitsikamma and uMngeni catchments, South Africa		
<b>Fuente</b>	Ecosystem Services, 27 (Part B): 261-271.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	No aplica		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 23:**

<b>Autor (es)</b>	Manzano, A., & Zamora, S.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Cuaderno Técnico
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado estadístico		
<b>Título de estudio</b>	Sistema de ecuaciones estructurales: una herramienta de investigación		
<b>Fuente</b>	Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. (Ceneval). México. 104 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación en ecuaciones estructurales		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 24:**

<b>Autor (es)</b>	Marín, V.H. & Delgado, L.E.		
<b>Año</b>	2008	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Discusión de lo que es un Modelo conceptual y FES-sistema		
<b>Título de estudio</b>	Modelos conceptuales en ecología de ecosistemas: descubriendo al elefante		
<b>Fuente</b>	Revista Chilena de Historia Natural, 81(3): 437-439.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Deja de manifiesto la importancia de los modelos conceptuales y FES-sistema		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 25:**

<b>Autor (es)</b>	McCann, R.K., Marcot, B.G. & Ellis, R.		
<b>Año</b>	2006	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación de Inferencia Bayesiana en Ecología y Manejo de Recursos Naturales		
<b>Título de estudio</b>	Bayesian belief networks: applications in ecology and natural resource management		
<b>Fuente</b>	Canadian Journal of Forest Research, 36(12): 3053-3062.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Muestra una aplicación de inferencia y modelado bayesiano		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 26:**

<b>Autor (es)</b>	Miller, D.M., Finn, S.P., Woodward, Andrea, Torregrosa, Alicia, Miller, M.E., Bedford, D.R. & Brasher, A.M		
<b>Año</b>	2010	<b>Tipo de publicación</b>	Libro
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Conceptual ecological models to guide integrated landscape monitoring of the Great Basin		
<b>Fuente</b>	U.S. Geological Survey. Scientific Investigations Report 2010-5133. 134 p.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	SI	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación conceptual		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 27:**

<b>Autor (es)</b>	Müller, F., Bergmann, M., Dannowski, R., Dippner, J.W., Gnauck, A., Haase, P., Jochimsen, M.C., Kasprzak, P., Kröncke, I., Kümmerlin, R., Küster, M., Lischeid, G., Meesenburg, H., Merz, C., Millat, G., Müller, J., Padisák, J., Schimming, C.G., Schubert, H		
<b>Año</b>	2016	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Revisión del concepto de resiliencia		
<b>Título de estudio</b>	Assessing resilience in long-term ecological data sets		
<b>Fuente</b>	Ecological Indicators, 65: 10-43.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Múltiples aplicaciones de técnicas de modela a distintos casos		
<b>Debilidades</b>	Se diluye mucho el objetivo del trabajo con tanto modelo		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 28:**

<b>Autor (es)</b>	Naumburg, E., Mata-Gonzalez, R., Hunter, R.G., McLendon, T. & Martin, D.W.		
<b>Año</b>	2005	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Phreatophytic vegetation and groundwater fluctuations: A review of current research and application of ecosystem response modeling with an emphasis on great basin vegetation		
<b>Fuente</b>	Environmental Management, 35(6): 726-740.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando ejemplos de componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 29:**

<b>Autor (es)</b>	Ogden, J.C., Baldwin, J.D., Bass, O.L., Browder, J.A., Cook, M.I., Frederick, P.C., Frezza, P.E., Galvez, R.A., Hodgson, A.B., Meyer, K.D., Oberhofer, L.D., Paul, A.F., Fletcher, P.J., Davis, S.M. & Lorenz, J.J.		
<b>Año</b>	2014	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y comparación		
<b>Título de estudio</b>	Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of Southern Florida: 2. Conceptual ecological models		
<b>Fuente</b>	Ecological Indicators, 44: 128-147.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	SI	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes (es lo que hemos hecho)		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 30:**

<b>Autor (es)</b>	Oren, A.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual en estudios de casos		
<b>Título de estudio</b>	Saline lakes around the world: Unique systems with unique values , 10th ISSLR conference and 2008 FRIENDS of Great Salt Lake forum , May 11-16 , 2008 , University of Utah , Salt Lake City		
<b>Fuente</b>	Natural Resources and Environmental Issues, 15: 1-267.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	SI	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo que permite ver distintas aplicaciones con distintas subcomponentes y componentes		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 31:**

<b>Autor (es)</b>	Park, J. & Rao, P.S.C.		
<b>Año</b>	2014	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual en sistema complejo		
<b>Título de estudio</b>	Regime shifts under forcing of non-stationary attractors: Conceptual model and case studies in hydrologic systems		
<b>Fuente</b>	Journal of Contaminant Hydrology, 169: 112-122.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

100

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 32:**

<b>Autor (es)</b>	Rizzo, D.M., Mouser, P.J., Whitney, D.H., Mark, C.D., Magarey, R.D. & Voinov, A.A.		
<b>Año</b>	2006	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo, comparación de modelos		
<b>Título de estudio</b>	The comparison of four dynamic systems-based software packages: Translation and sensitivity analysis		
<b>Fuente</b>	Environmental Modelling and Software, 21(10): 1491-1502.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que aporta una aproximación estadístico-matemática		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 33:**

<b>Autor (es)</b>	Sklar, F.H. & Costanza, R.		
<b>Año</b>	1990	<b>Tipo de publicación</b>	Capítulo de Libro
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo y modelos matemáticos		
<b>Título de estudio</b>	The Development of Dynamic Spatial Models for Landscape Ecology: A Review and Prognosis		
<b>Fuente</b>	In: Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. New York: Springer-Verlag: 239-288.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que aporta una aproximación estadístico-matemática		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 34:**

<b>Autor (es)</b>	Skrondal A. & Rabe-Hesketh S.		
<b>Año</b>	2004	<b>Tipo de publicación</b>	Libro
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado estadístico		
<b>Título de estudio</b>	Generalized latent variable modeling multilevel, longitudinal, and structural equation models		
<b>Fuente</b>	Chapman & Hall/CRC interdisciplinary statistics series. 488 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación estadística		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 35:**

<b>Autor (es)</b>	Soetaert, K. & Herman, P.M.J.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Libro
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Material de referencia de modelado en general		
<b>Título de estudio</b>	A Practical Guide to Ecological Modelling		
<b>Fuente</b>	Dordrecht: Springer Netherlands. 388 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Muy Importante
<b>Fortalezas</b>	Guía completa de cómo hacer modelación		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 36:**

<b>Autor (es)</b>	Stringham, T.K., Krueger, W.C. & Shaver, P.L.		
<b>Año</b>	2003	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo y estados de transición		
<b>Título de estudio</b>	State and Transition Modeling: An Ecological Process Approach		
<b>Fuente</b>	Journal of Range Management, 56(2): 106.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Aplicación novedosa de modelado matemático		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 37:**

<b>Autor (es)</b>	Suding, K.N. & Hobbs, R.J.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Threshold models in restoration and conservation: a developing framework		
<b>Fuente</b>	Trends in Ecology and Evolution, 24(5): 271-279.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 38:**

<b>Autor (es)</b>	Tallis, H. & Polasky, S.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management		
<b>Fuente</b>	Annals of the New York Academy of Sciences, 1162: 265-283.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo Sencillo		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 39:**

<b>Autor (es)</b>	Ticehurst, J.L., Letcher, R.A. & Rissik, D.		
<b>Año</b>	2008	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Bayesian Decisión Network (BDN) como variante de Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Integration modelling and decision support: A case study of the Coastal Lake Assessment and Management (CLAM) Tool		
<b>Fuente</b>	Mathematics and Computers in Simulation, 78(2-3): 435-449.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Aplicación novedosa de modelado Bayesiano		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 40:**

<b>Autor (es)</b>	Twilley, R.R., Rivera-Monroy, V.H., Chen, R. & Botero, L.		
<b>Año</b>	1999	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Adapting an ecological mangrove model to simulate trajectories in restoration ecology		
<b>Fuente</b>	Marine Pollution Bulletin, 37(8-12): 404-419.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que simula en base a distintos atributos y Considera distintas escalas		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación de variables		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes y aproximación cuantitativa podría ser similar en algunos aspectos		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 41:**

<b>Autor (es)</b>	Vegas Galdos, F., Álvarez, C., García, A. & Revilla, J.A.		
<b>Año</b>	2012	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y resolución de imagines		
<b>Título de estudio</b>	Estimated distributed rainfall interception using a simple conceptual model and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)		
<b>Fuente</b>	Journal of Hydrology, 468-469: 213-228.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Regular
<b>Fortalezas</b>	Modelo de mayor complejidad que aporta una aproximación estadístico-matemática		
<b>Debilidades</b>	No se aprecia desagregación en mas variables		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 42:**

<b>Autor (es)</b>	Voinov, A., Fitz, C., Boumans, R. & Costanza, R.		
<b>Año</b>	2004	<b>Tipo de publicación</b>	Manuscrito
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo		
<b>Título de estudio</b>	Modular ecosystem modeling		
<b>Fuente</b>	Environmental Modelling and Software, 19(3): 285-304.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Modelación ecosistémica		
<b>Debilidades</b>	No aplica		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

111

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 43:**

<b>Autor (es)</b>	Ward, S. A.		
<b>Año</b>	2015	<b>Tipo de publicación</b>	Tesis
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual y análisis estadístico matemático		
<b>Título de estudio</b>	Are changes in the lesser flamingo population a natural consequence of soda lake dynamics?		
<b>Fuente</b>	University of Southampton, School of Geography, Doctoral Thesis. 280 pp.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Múltiples aplicaciones de modelos estadísticos		
<b>Debilidades</b>	Se diluye mucho el fondo del modelado con tanto modelo		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 44:**

<b>Autor (es)</b>	Wingard, G.L. & Lorenz, J.J.		
<b>Año</b>	2014	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Aplicación Modelo Conceptual		
<b>Título de estudio</b>	Integrated conceptual ecological model and habitat indices for the southwest Florida coastal wetlands		
<b>Fuente</b>	Ecological Indicators, 44: 92-107.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	Si	<b>Relevancia en modelación</b>	Importante
<b>Fortalezas</b>	Entrega buen detalle de componentes y subcomponentes		
<b>Debilidades</b>	No específica mayores desagregaciones		
<b>Similitudes</b>	Misma Estrategia de Abordaje considerando componentes		
<b>Diferencias</b>	No desagregan en mas variables en subcomponentes y componentes		

**Ficha comparación Modelos Conceptuales Ecológicos N° 45:**

<b>Autor (es)</b>	Zweig, C.L. & Kitchens, W.M.		
<b>Año</b>	2009	<b>Tipo de publicación</b>	Revista científica
<b>Tema específico (modelo conceptual)</b>	Diagrama de flujo y modelos matemáticos		
<b>Título de estudio</b>	Multi-state succession in wetlands: A novel use of state and transition models		
<b>Fuente</b>	Ecology, 90(7): 1900-1909.		
<b>Aplicabilidad al Sistema de la Cuenca del Salar de Atacama</b>	NO	<b>Relevancia en modelación</b>	Ninguna
<b>Fortalezas</b>	Múltiples aplicaciones de modelos estadísticos		
<b>Debilidades</b>	Se diluye mucho el fondo del modelado con tanto modelo		
<b>Similitudes</b>	No aplica		
<b>Diferencias</b>	No aplica		