



RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO

La región altoandina de la región de Antofagasta y, en general de la zona norte de Chile, tiene un alto valor ecológico, económico y cultural, además de tener una importancia estratégica especial para el país. En la Región de Antofagasta, esta área se extiende desde los 2.000 m de altitud y cubre el sector cordillerano y precordillerano, con una superficie de 76.768,9 km², y contiene un número importante de humedales, los cuales presentan múltiples usos o servicios ecosistémicos para los habitantes de la región. Dentro de los principales, se encuentran la provisión de agua a la industria, la agricultura y al sistema ecológico, como también los servicios de turismo y recreación.

Estos ecosistemas de humedales altoandinos corresponden a todos los sistemas hidrológicos abastecidos por aguas de deshielo de las altas cumbres, que originan vertientes, vegas y bofedales, ríos, lagos, lagunas y salares, los cuales pertenecen a la ecorregión de Puna, que ha sido catalogada como vulnerable y de alta prioridad para la conservación. Para la Puna Chilena se describen alrededor de 52 cuencas, que constituyen sistemas lacustres y salares altoandinos, de extensión variable, los cuales se caracterizan por presentar una alta biodiversidad, gran contenido de nutrientes y alta productividad primaria dentro de un contexto de extrema aridez en el cual se desarrollan. Las vegas y bofedales altoandinos son ecosistemas caracterizados por una condición hídrica de saturación permanente, presentando una gran diversidad biológica respecto del entorno, con un mayor número de especies vegetales y de fauna, propias de estos ecosistemas, además de permitir forraje y abrevadero de valiosas especies amenazadas en su conservación. Estos ecosistemas tienen además, una importancia social, cultural, ambiental y económica, ya que constituyen el sustento para las comunidades altiplánicas aymará, quechua y atacameña, pueblos originarios del norte grande de Chile, debido a que han proporcionado por miles de años agua y vegetación para sus animales, los cuales constituyen su fuente nutricional. Asimismo, en torno a ellos se desarrollan una serie de actividades turísticas que son el pilar del desarrollo económico comunal. Constituyen así un factor clave para la sustentabilidad económica, social y cultural de la región.

A pesar de su importancia, varios de los humedales altoandinos de la Región de Antofagasta se encuentran deteriorados o sometidos a presiones importantes que conducen a su deterioro. La razón de ello es multifactorial, y está dada principalmente por un uso no sustentable, principalmente de sus aguas. La industria minera, entre otros, ha hecho un uso no sustentable del agua de ese territorio, lo que ha conducido al deterioro e incluso desaparición de algunos de estos ecosistemas. Por otra parte, la industria turística no sustentable ha contribuido a la contaminación de los mismos. La actividad agropecuaria que realizan las comunidades del territorio también contribuye a su deterioro, por exceso de pastoreo. Todo lo anterior se ve agravado por las bajas medidas de protección y además, al bajo empoderamiento de la ciudadanía, que no reconoce la importancia de preservar y hacer un uso sustentable de este recurso.

Hay un factor adicional a los anteriormente mencionados que está afectando, tanto la conservación y estado de los humedales alto andinos, como la estabilidad de las poblaciones humanas que habitan el territorio. Este factor es el cambio climático, proceso lento y paulatino, que está presente en el territorio provocando cambios en el régimen de temperatura y de los patrones de precipitación, afectando las fuentes y reservas de agua del territorio. Este factor, combinado a la vulnerabilidad de la biodiversidad del territorio,

produce que las poblaciones humanas y la riqueza cultural de la zona se vean amenazadas. Dado lo anterior, se hace imperativo evaluar el impacto del cambio climático sobre esta zona en particular, y entregar herramientas de adaptación de los habitantes, que verán afectada su fuente de sustento o servicios ecosistémicos que les brindan los humedales.

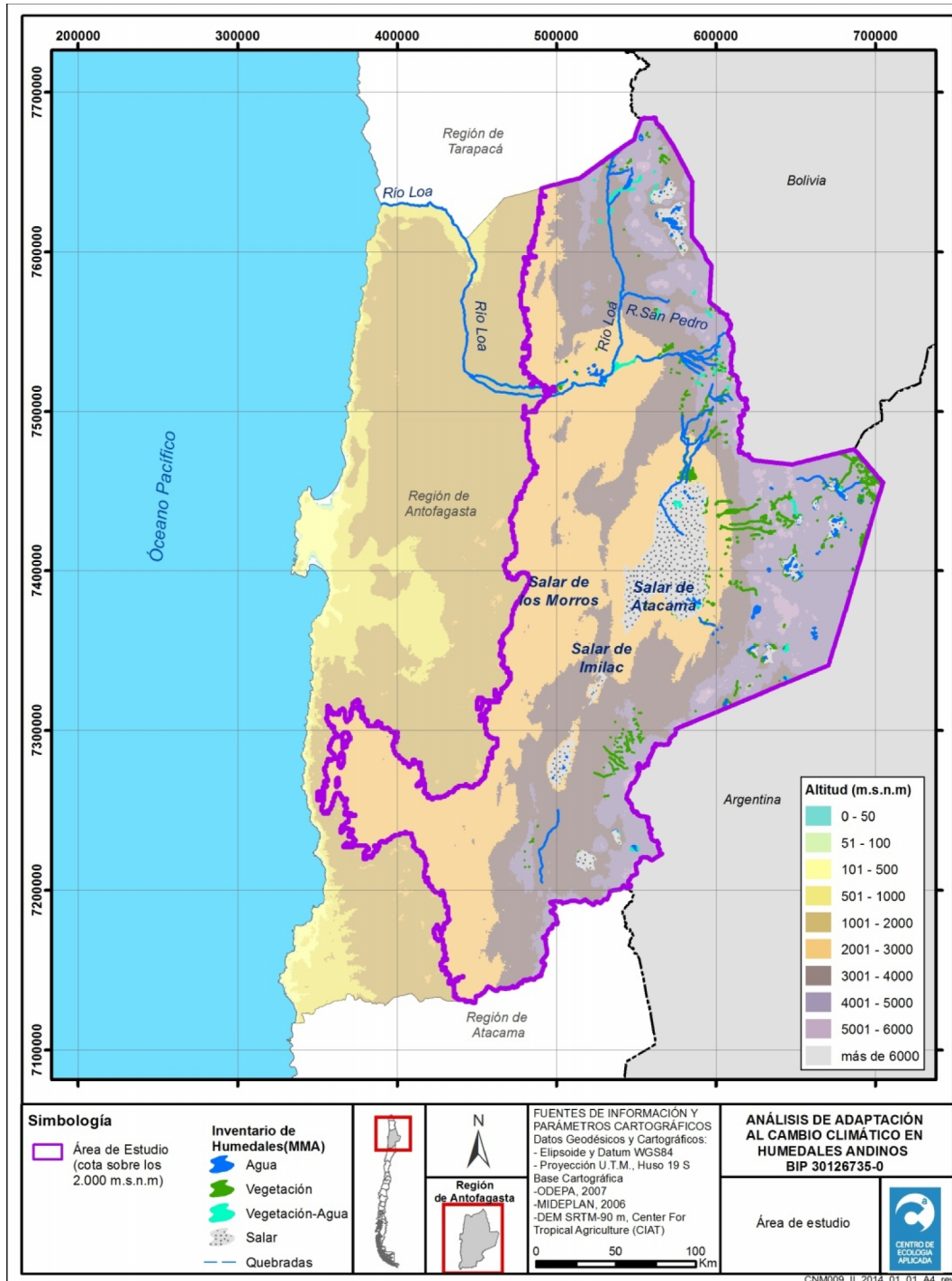


Figura 1. Área de estudio asociada a los humedales altoandinos de la región de Antofagasta.

Por lo tanto, la Subsecretaría del Medio Ambiente, Seremi Antofagasta del Gobierno de Chile licitó el estudio **titulado “Análisis de Adaptación al Cambio Climático en Humedales Andinos”**, cuyo objetivo principal fue el analizar, identificar y aplicar medidas piloto de restauración y conservación de humedales altoandinos de la región de Antofagasta, como adaptación de comunidades locales frente al cambio climático. La Figura 1 muestra el área de estudio que comprendió este proyecto.

Este estudio nació dado que las evaluaciones realizadas a nivel país respecto de la vulnerabilidad de la biodiversidad frente a escenarios de cambio climático, indican que los humedales altoandinos son vulnerables frente a cambios en las condiciones ambientales, principalmente frente a cambios en la temperatura y en las tasas de precipitación. También, se determinó que estos sistemas son vulnerables a las presiones antrópicas producto de las actividades productivas de la zona, principalmente asociadas a la extracción de recursos hídricos desde múltiples usuarios. Dado lo complejo del escenario, el estudio requería tener una mirada global, integrada y de largo plazo respecto de la sensibilidad ambiental de estos sistemas de humedales altoandinos, identificando las presiones actuales y potenciales, tanto globales como locales, de modo de aplicar medidas efectivas de planificación, control, mitigación y remediación de estos sistemas.

Dentro de los objetivos específicos del estudio estuvieron la recopilación, sistematización y análisis de la información biótica y abiótica existente sobre los humedales altoandinos seleccionados como de importancia para la región y sus comunidades, la caracterización de sus usos, presiones y amenazas, la identificación, caracterización y mapeo de los distintos tipos de bienes y servicios ecosistémicos de los humedales seleccionados, la identificación y caracterización de los diferentes actores claves vinculados a los usos, presiones y amenazas de los humedales seleccionados, la identificación e implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en las comunidades del territorio y la difusión de la importancia de los temas atinentes al conocimiento de estos ecosistemas, su conservación y manejo, en las comunidades locales, y en la región, en general.

1.1 Líneas de trabajo del estudio

El desarrollo del estudio se realizó en base a diferentes líneas de trabajo, las cuales contemplaron la **identificación de humedales prioritarios**, donde a partir de una revisión bibliográfica de estudios paralelos y previos, se elaboró una caracterización física, biológica y ecológica de los humedales; una caracterización hidrológica e hidrogeológica y un catastro de las actividades productivas y de las demandas hídricas del área de estudio. Esta información fue integrada sobre una plataforma SIG sobre la cual se identificaron y caracterizaron las presiones y amenazas sobre los humedales altoandinos emplazados en el área de estudio (extracción de agua subterránea, pastoreo, turismo, demanda agua potable, etc). Esta información fue utilizada como base para definir los humedales prioritarios, los cuales fueron definidos a dos niveles, aquellos más estables para ser usados como testigos para el cambio climático (3) y, otros sometidos a presiones y amenazas, los cuales fueron seleccionados en conjunto con las comunidades locales (15).

Una segunda línea de trabajo correspondió al **monitoreo y caracterización de los humedales considerados prioritarios**, donde se implementaron monitoreos locales

intensivos y extensivos en los humedales definidos como para ser usados como testigo ante el cambio climático y aquellos sometidos a presiones, respectivamente. El monitoreo intensivo consistió en aplicar un conjunto completo de muestreos y análisis de las matrices de agua, sedimentos, biota, emisiones de gases de efecto invernadero, y de análisis de imágenes hiperespectrales. Estos monitoreos fueron realizados en 3 temporadas distintas. El monitoreo extensivo, por otro lado, consistió en el monitoreo y caracterización de algunos parámetros de calidad de agua, de flora y vegetación. La información levantada de cada uno de los sistemas fue usada para describir y caracterizar el comportamiento ecosistémico de cada humedal o sistema, identificando las variables de estado y forzantes que determinaban sus procesos funcionales.

Una tercera línea de trabajo consistió en desarrollar una **modelación acoplada atmosférica-hidrogeológica**, donde a partir de la información hidrológica e hidrogeológica del área de estudio, del catastro de demandas hídricas, y de series de datos de escenarios probables a escala local provenientes de los resultados de correr los modelos atmosféricos globales de cambio climático, se corrió el modelo de aguas subterráneas Modflow a nivel regional, lo que permitió proyectar el nivel del agua subterránea para las situaciones de uso actual y bajo escenarios de cambio climático. Sobre la base de este análisis fueron identificadas áreas donde las presiones y amenazas tendrían un efecto de mayor magnitud en el mediano y largo plazo, para evaluar la vulnerabilidad de los humedales altoandinos a la extracción de agua subterránea y/o una menor recarga hidrológica.

De forma paralela a la modelación, se desarrolló además una **evaluación económica-ambiental para la conservación**, donde se realizó una caracterización y modelación de bienes y servicios ecosistémicos de los humedales altoandinos, identificándose el valor de ellos y su vulnerabilidad en términos de los servicios por ellos prestados.

Complementariamente se hizo una **evaluación del costo de la instalación de una o varias plantas de desalinización en la costa y la elevación del agua desalada** hacia las faenas mineras emplazadas en el altiplano, como posibilidad futura para la conservación del recurso hídrico. Paralelamente se estimó el costo económico asociado a la pérdida irreparable de los sistemas identificados en peligro en la etapa anterior. Ambos costos fueron utilizados en una evaluación económica utilizando indicadores de rentabilidad como el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

Una de las etapas de mayor relevancia del estudio fue la **aplicación de medidas piloto para la restauración y conservación**, en donde a partir de la información levantada en los monitoreos intensivos y extensivos sobre los sitios priorizados y las necesidades y percepciones de las comunidades, se desarrollarán iniciativas que permitan aumentar el conocimiento y la información disponible del territorio y el empoderamiento local, los cuales son claves en la adaptación de las poblaciones residentes al cambio climático.

Finalmente, el estudio tuvo una línea de trabajo asociada a la **difusión y participación** de los actores locales en la información levantada y generada por el estudio, en donde los avances y resultados obtenidos, fueron difundidos a la comunidad y autoridades mediante presentaciones y talleres, los que fueron coordinados de manera conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente, Seremi Antofagasta .

1.2 Actividades desarrolladas y resultados

Dentro de las actividades desarrolladas, se sistematizó la información existente de meteorología, fluviometría y de calidad de agua, proveniente de las estaciones de registro de la Dirección General de Aguas (DGA) y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Los datos de ambas fuentes fueron revisados y estandarizados de forma tal de que estuvieran disponibles para su uso posterior en modelos u otras aplicaciones. Además, se hizo una recopilación de información respecto a la existencia de proyectos mineros a partir de los registros del SEIA; información geológica y geomorfológica desde el SERNAGEOMIN, la identificación de sistemas de vegas y bofedales a partir de la información de CIREN y un estudio que desarrolló la DGA y, una recopilación y revisión de los derechos de agua del área de estudio, a partir de información de la DGA.

A modo de resumen, en el área de estudio se ubican 49 estaciones meteorológicas, de las cuales 42 están bajo la tuición de la DGA y 7 del INIA, estas últimas ubicadas principalmente en zonas con algún potencial agrícola. Respecto a las estaciones fluviométricas y de calidad de agua, se registran 73 Vigentes de las primeras, y 34 Vigentes de las últimas. Respecto a los proyectos mineros se lograron identificar 134 iniciativas, de las cuales CODELCO lidera el número de proyectos con 41 (30,6%), y Minera Escondida con 18 (13,4%).

Respecto a los derechos de agua, se encontraron 148 derechos de agua superficial, correspondientes a 5.967,18 l/s, donde el principal titular es SENDOS (caudal total otorgado de 2.311,37 l/s, o el 38,7%) seguido por la Comunidad Atacameña Río Grande y Asociación de Regantes y Agricultores de San Pedro (caudal total otorgado de 1.157,37 l/s, correspondiente a un 19,4% del total de derechos). Los derechos de agua subterráneos correspondieron a 394 derechos, donde según información del pago de patentes, el 58% de ellos se encontraba Operativo, 20% derechos Parcialmente Activos (sujetos a pago por una parte del caudal otorgado), y un 18% en condición de Inactividad. Un 4% están actualmente en revisión. El caudal total otorgado corresponde a 13.603,6 l/s y los principales titulares son CODELCO, con un caudal total otorgado de 5.221 l/s (38,4% del total) y Minera Escondida, con 3.564,49 l/s (26,2 % del total).

Respecto al catastro de sistemas de vegas y bofedales en el área de estudio, se logró determinar un total de 264 sistemas, de los cuales 188 (71,2%) son alimentados por fuentes de agua proveniente del escurrimiento superficial, 29 (10,98%) a partir de aguas subsuperficiales y 47 (17,8%), a partir de aguas subterráneas.

Adicionalmente, se utilizó como insumo para la caracterización de humedales y su priorización, la información generada en el proyecto “Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos”, donde se realizó un análisis integrado de vulnerabilidad y variabilidad histórica y presiones y amenazas hacia los humedales de la región de Antofagasta. Dicho estudio arrojó como resultado una clasificación del estado de los humedales en tres categorías, a saber:

- **Humedales Estables:** Son aquellos Humedales que en su análisis de Recurrencia Histórica muestra una tendencia al Alza y que dentro de sus análisis de Vulnerabilidad estén clasificados Bajos o Medios.

- **Humedales Estables con Presión Antrópica:** Son aquellos Humedales que es su análisis de Recurrencia Histórica muestren una tendencia al Alza, y que dentro de su análisis de vulnerabilidad antrópica estén clasificados como Altos o Muy Altos.
- **Humedales Inestables:** Son aquellos humedales que en sus análisis de Recurrencia Histórica presenten una tendencia a la Baja.

La Tabla 1 muestra el número de humedales y el porcentaje respecto al total, asociado a la clasificación anterior.

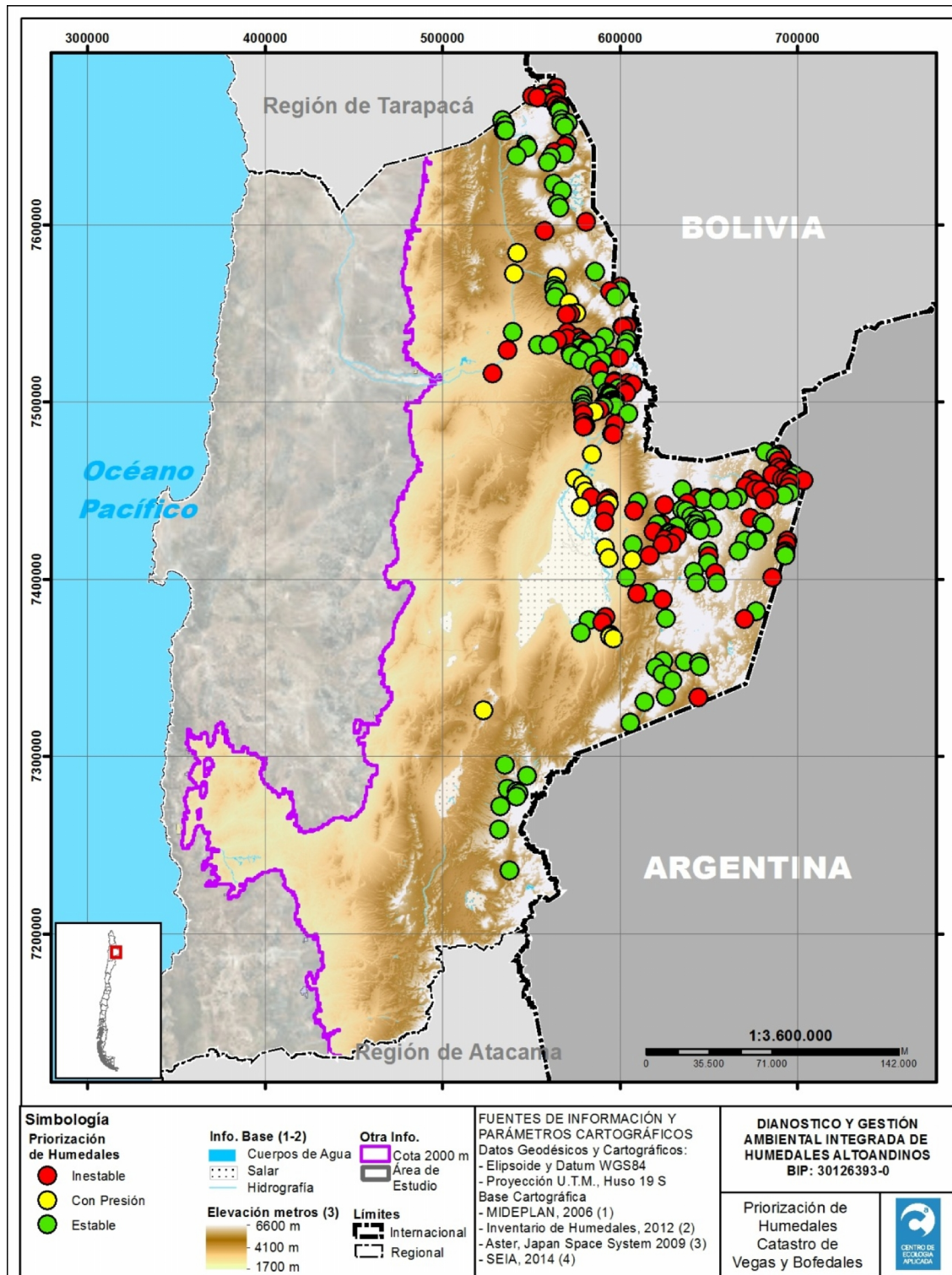
Tabla 1. Priorización de Humedales por Categoría¹.

Resumen Priorización		
Categorías	Nº	%
Humedal Estable	136	52%
Humedal Estable con Presion Antrópica	20	8%
Humedal Inestable	94	36%
Humedales sin Dato	14	5
Total	264	100%

Fuente: Informe final Proyecto Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos. BIP: 30126393-0

La distribución geográfica de los humedales clasificados se ilustra en la Figura 2.

¹ Informe Final Proyecto Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos BIP: 30126393-0



Fuente: Informe final Proyecto Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos. BIP: 30126393-0

Figura 2. Priorización de humedales, catastro de Vegas y Bofedales SITHA-CIREN.

Con la información anterior, se procedió a realizar una identificación preliminar de humedales prioritarios, para luego establecer los criterios que permitieron una priorización basada en elementos ambientales, como de servicios ecosistémicos y de importancia para las comunidades. El objetivo del proceso de priorización fue seleccionar algunos de los humedales para proceder a caracterizarlos, mediante campañas de terreno. La priorización y selección de los humedales para su caracterización se basó en el análisis y clasificación realizada a los cuerpos de agua y vegetación en el proyecto “Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos”, código BIP 30126293-0 (Figura 2); en considerar un grupo de humedales sin intervención (condición natural), para poder comparar, los efectos sólo del cambio climático; en considerar un grupo de humedales que estén sometidos a amenazas o presiones, ya sea por extracción de agua, pastoreo u otras (vulnerabilidad y estado); en considerar que los humedales están asociados a grupos humanos o comunidades y; en tener una adecuada representación de cada una de las ADI de la Región. Dado los criterios anteriormente descritos, los humedales se dividieron en dos grandes grupos, a saber, aquellos sin intervención o en condición lo más natural posible y, aquellos sometidos a presiones. Respecto a los humedales sin intervención, se seleccionaron 3, que correspondieron al salar de Carcote, la vega Tocorpuri y el salar de Aguas Calientes I. Respecto a aquellos sometidos a amenazas o presiones, se seleccionaron 6 correspondiente al ADI Alto El Loa (Lasana, Cebollar Ascotan, Ollague, Cupo, Ayquina y Chiuchiu) y 5 correspondientes al ADI Atacama La Grande (Talabre, Machuca, Peine, Camar y Coyo), lo que corresponde a 11 localidades.

La caracterización de los sistemas en condición natural fue realizada en función de las variables vigorosidad de la vegetación, determinada por teledetección o análisis de imágenes hiperespectrales; calidad de agua; biota acuática; caracterización de los tapetes microbianos; flora y vegetación; fauna y flujo de gases de efecto invernadero. Se realizaron 3 campañas de monitoreo, octubre de 2015, agosto de 2016 y marzo de 2017. Respecto a los sistemas con intervención, en 11 localidades asociadas a las comunidades de las ADI Alto El Loa y Atacama La Grande, se levantó información de terreno en marzo de 2016, para calidad de agua, biota acuática, fauna, flora y vegetación. De estos últimos sectores y localidades se elaboraron Informes específicos, los cuales fueron entregados a cada comunidad. Dichos informes contienen una descripción del área y/o localidad, y la información específica de la fauna, flora y vegetación encontrada en cada uno de los lugares caracterizados en conjunto con la comunidad.

Dentro de las actividades del proyecto estaba considerado desarrollar modelaciones numéricas, que abarcaban dos líneas de desarrollo y análisis principales. La primera de ellas correspondió a la modelación denominada de aguas subterráneas, la cual corresponde a la creación, calibración y ejecución de un modelo numérico de aguas subterráneas de toda la Región de Antofagasta, el cual permitía realizar una estimación de los cambios futuros de niveles y dinámicas del agua subterránea, posibles de existir como parte del proceso de cambio climático, y en conjunto con las presiones antrópicas locales futuras. Junto con la modelación antes descrita, se desarrolló una línea paralela de evaluación de los sistemas naturales, la cual buscó realizar una aproximación de valorización de los sistemas naturales contenidos en el área de estudios, en términos de los servicios ecosistémicos y el valor que ellos entregan, tanto a nivel biológico como a la comunidad. Esta evaluación es realizada utilizando el modelo InVEST (“Integrated Evaluation of Ecosystem Services and Tradeoffs”).

La construcción de los modelos fue realizada en base a los antecedentes recopilados y sistematizados como parte de este estudio, además de tenerse como base la sistematización previamente realizada en el proyecto en desarrollo BIP 30126293-0: “Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos”. Las modelaciones de aguas subterráneas entregarán información de la dinámica y magnitudes del cambio (espacialmente) esperado bajo los diferentes escenarios de cambio climático, permitiendo realizar una sensibilización espacial y determinar los posibles efectos esperados (en magnitud) en cada uno de los sistemas naturales priorizados y estudiados en el proyecto. En cuanto a la modelación realizada con InVEST, el modelo permitió la evaluación de sólo dos servicios ecosistémicos, calidad de hábitat y turismo.

La modelación de aguas subterráneas es realizada con el modelo ModFlow, y utiliza como base de la evaluación, la información aportada por modelos climatológicos globales e información de gran escala desarrollada por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), esta última desarrollada con el modelo global base de circulación MIROC5. Esos últimos, son procesados y llevados al campo cercano (área de estudio) mediante un proceso de “downscaling” en el modelo numérico WRF (de la sigla en inglés de “The Weather Research and Forecasting”). Los escenarios estudiados corresponden a los propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En particular, se utilizaron las condiciones de clima futuro RCP 2.6 y RCP 8.5, los cuales corresponden a una de las últimas generaciones de escenarios que utilizan una condición de mayor forzamiento radiativo en relación a la condición de clima actual, debido básicamente al efecto invernadero. Adicionalmente, y según las recomendaciones de este mismo panel, se realizó el estudio del clima Histórico, con el objetivo de analizar las variaciones entre el clima actual versus el clima futuro. Los resultados obtenidos muestran que los escenarios de cambio climático cuentan con una tendencia favorable de las recargas totales a nivel global, con respecto a la situación actual. Esto se debe principalmente al aumento de las precipitaciones en toda la zona de estudio en los escenarios climáticos futuros. Particularmente, la situación más favorable correspondería al escenario RCP 8.5, en donde el aumento de la recarga es mucho mayor que para la condición actual. Por otro lado, el escenario RCP 2.6 presenta una condición mejorada a nivel global, pero a nivel local presentó una situación desfavorable en comparación a la situación actual en el tramo norte, en la zona cercana a las subcuencas de río Salado, río San Salvador y parte del río Loa.

Con los resultados anteriores, más el análisis multicriterio desarrollado en el estudio “Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos”, se elaboró una Categorización de Riesgo de humedales, la cual incorpora el estado actual del humedal más la vulnerabilidad estimada por los efectos del cambio climático. De estos resultados se desprende que más del 60% de los humedales se encuentra con un Riesgo Bajo, mientras que un 17% presentó un Riesgo Medio, particularmente para el escenario RCP 2.6. Este último resultó ser el escenario futuro más desfavorable, en términos de la disponibilidad de agua para los humedales.

A partir de esta información, se realizó un análisis económico asociado al costo de desalación de agua de mar y la reposición de la misma en los humedales bajo análisis o costos de pérdida de humedales. La obtención de agua potable proveniente del mar, por medio de la desalinización, es una práctica muy desarrollada a nivel mundial, demostrando ser un método técnico y económicamente viable. Se describen los principales métodos de desalinización de agua de mar, estima sus costos de inversión y

operación, describiendo casos a nivel mundial y nacional, y por otra parte, dado el valor de los servicios ecosistémicos, estima el costo unitario de pérdida de humedales. Finalmente, estima el costo de reposición de dichos humedales, en un horizonte de 20 años. Se estimó, en base a literatura y revisión de proyectos actualmente en funcionamiento en Chile, que el metro cúbico de agua desalada cuesta cerca de US\$ 0,8 a 1,0/m³ si está en la costa, pero su precio sube conforme se bombea hacia el interior. En zonas de altura, donde están varias mineras en la región de estudio, puede llegar a costar entre US\$ 5 a 8 el metro cúbico. Se recogieron los resultados de uno de los estudios clave relativo a la valoración de áreas silvestres en el país (Figuroa, 2010), que complementa y profundiza la estimación del valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos de las áreas protegidas, donde se encuentra los Humedales Salar. Se utiliza el concepto de precio de mercadeo –cantidad de dinero que los individuos están dispuestos a entregar por un bien o servicio ambiental, para incrementar su bienestar o impedir una pérdida del mismo, o bien la cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar por un cambio en la calidad de vida producto del deterioro ambiental (Field, 1995).

El valor ecológico por hectárea de humedal salar, según los valores estimados por Figuroa (2010) -sobre la base de la estimación de Brander (2000)- representaría un monto de 338 dólares/ha del 2009. Se considera que el valor obtenido está claramente subestimado (incluso actualizando las cifras).

Se plantea el reemplazo de los valores utilizados como base en dicho estudio de manera de obtener cifras reales. Se obtuvo un valor de stock de US\$ 1,004.383 – 1,337.717/ha.

Al estimar el VAN (6%) Perpetuo de los caudales de recarga en los Cuerpos de Agua y Sistemas Vegetacionales de la Región, considerando el efecto proyectado del Cambio Climático en tres escenarios, se observa un impacto económico valorizado superior tanto diferencial como total por concepto de recarga hídrica en los Cuerpos de Agua, concentrándose la diferencia solo en uno de ellos, de los 48 analizados. En tanto, el impacto en los Sistemas Vegetacionales es menor, tanto en términos totales como diferenciales, distribuyéndose en 26 locaciones de 264 estudiadas. El valor del VAN Perpetuo por hectárea asociado a cuerpos de agua varió entre los US\$898.685 a los US\$1.198.247 (dependiendo si se utiliza 6 u 8 dólares como costo del m³ de agua) y, para sistemas vegetacionales, entre US\$434.835 a US\$579.780.

Uno de los objetivos del proyecto fue prospectar e implementar medidas de adaptación al cambio climático con las comunidades, tanto de la ADI Alto EL Loa, como de Atacama La Grande. Se lograron desarrollar, en forma piloto, cinco medidas de adaptación al cambio climático con las comunidades locales. La primera medida fue la implementación de un sistema de monitoreo extensivo de los humedales altoandinos con las comunidades locales. El objetivo de esta medida fue establecer una base de información confiable y empoderar a las comunidades locales con el estado de los recursos naturales de su propio territorio, generando capacidades a nivel local para observar, medir y registrar información de carácter local que dé cuenta de las variaciones observables del recurso agua, vegetación, y la fauna locales, como también de preservar el conocimiento ancestral de los usos de la flora local y la historia del territorio. Se monitorearon 16 humedales de 12 localidades y se generaron el mismo número de informes de caracterización, los cuales fueron entregados a la comunidad directamente, para su utilización.

Una segunda medida de adaptación fue la implementación, en forma piloto, de una red de monitoreo en cuencas endorreicas, que son especialmente sensibles a las presiones

generadas por la acción antrópica y al cambio climático. Fundamentalmente estos sistemas están estrechamente ligados a la existencia de los recursos hídricos en calidad y cantidad y, por lo tanto, en la medida que el agua es más escasa o cambia sus características, la integridad ecológica de los humedales se ve amenazada y con ello, la subsistencia de las comunidades que viven en el territorio. Dado lo anterior, se consideró que es de particular importancia contar con algún sistema que permitiera conocer el estado actual de dichos humedales, mediante información de tipo continúa, que entregue la posibilidad de realizar modificaciones al manejo de los recursos, ante signos iniciales de deterioro. La implementación consistió en la instalación de 1 estación meteorológica Campbell automática y un sensor de profundidad de nivel freático, en 3 humedales que serán usados como testigo del cambio climático, es decir, con nula o sin presión y estables. Los humedales seleccionados para la ubicación de estas estaciones de medición fueron el salar de Carcote y Aguas Calientes I y, la vega Tocorpuri. La tercera medida consistió en el apoyo a comunidades en sitios de interés turístico u otros servicios ecosistémicos.

En el análisis de la tercera medida, se tomó en cuenta que dentro de las medidas de adaptación al cambio climático, las más importantes son aquellas asociadas a la mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le ofrecen a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se ven afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La medida consistió en un apoyo directo, focalizado y continuo a una de las comunidades que presentó el mayor interés, con énfasis en las comunidades microbianas extremófilas que caracterizan la laguna Tebenquiche, además de varias actividades de capacitación específicas con la comunidad Coyo en el tema.

En cuarto lugar, el diagnóstico realizado permitió establecer que además de la reducción en el volumen y caudal de agua a los humedales, se constató una disminución de la calidad del agua, debido a fenómenos de salinización y contaminación inorgánica e orgánica. Dado esto, se consideró necesario desarrollar capacidades diferenciadas en monitoreo de los componentes ambientales asociados al territorio donde están insertos, de forma tal que se empoderen en su cuidado, conservación y mejoramiento, además de estar disponibles como capital humano capacitado para desempeñarse en la principal industria local. Para esto, se desarrolló una cuarta medida que consistió en implementar un programa de capacitación en tres (3) unidades educacionales del ADI Alto El Loa, para formar “monitores de calidad de agua” consistente en un curso teórico y práctico de evaluación de la calidad química del agua, más la entrega de una mochila de monitoreo que quedará disponible en cada establecimiento educacional considerado.

Finalmente, se consideró de gran importancia la nivelación de conocimientos en la comunidad, dada la necesidad de mantención y/o desarrollo de los servicios ecosistémicos que el territorio, y en forma especial los humedales del mismo, le pueden ofrecer a las comunidades locales. Se entiende que en la medida que las presiones aumentan o, el cambio climático genera cambios en las condiciones del lugar, ciertos servicios ecosistémicos se verán afectados, por lo tanto una forma de adaptación a estos cambios es encontrar o definir nuevos bienes y servicios ecosistémicos con la comunidad, que les permita adaptarse a un ambiente en continuo cambio. La base de esto es que el conocimiento existente sobre el territorio esté disponible y sea conocida por la comunidad,

de forma tal de que exista un adecuado equilibrio cuando se discutan temas asociados al territorio. Para esto se desarrollaron dos materiales de difusión que consistieron en una Guía de conservación y seguimiento de ecosistemas microbianos extremófilos y un libro orientado al turismo del área.

El estudio consideró además un extenso programa de participación y difusión el que tuvo como propósito promover la participación de las organizaciones civiles, académicas, de gobierno y sector privado en las actividades a desarrollar. Para esto se construyó un catastro de actores que logró agrupar 73 diferentes organizaciones, de las cuales 38 (52,1%) correspondieron a Comunidades; 25 de Organismos de Interés Público (34,2%) y 10 (13,7%) de Organizaciones Privadas. Debido a que el foco de atención del estudio y uno de sus indicadores de éxito es lograr tener impactos en la identificación e implementación de nuevos servicios ecosistémicos que permitan la adaptación de las comunidades al cambio climático, la estrategia de participación involucró la sensibilización del estudio con las comunidades locales, su difusión y el desarrollo de educación ambiental hacia la comunidad global de la región de Antofagasta.

Se seleccionaron comunidades representativas de las dos ADI de la región, que estuvieran en un radio de 10 km alrededor de los sistemas (vegetacionales y/o cuerpos de agua) que presentaran una condición estable desde el punto de vista de las forzantes ambientales y su estado actual. Esas comunidades (12) fueron visitadas en forma específica, y fueron caracterizados. Además, durante el período de desarrollo del proyecto se realizaron diferentes actividades de difusión y participación, desde la generación de material de difusión, como afiches, letreros, dípticos y trípticos; publicaciones en diarios de circulación masiva; elaboración de una guía educativa para estudiantes de las escuelas certificadas de la región; y actividades de divulgación como actividades educativas al aire libre, talleres, capacitaciones, seminarios y charlas. En resumen, se estima que el proyecto alcanzó a una población objetivo de sobre 650 personas, las que se distribuyen en 250 personas asistiendo a diferentes talleres regionales y locales de capacitación; 195 personas asistiendo a capacitaciones específicas y cerca de 200 asistentes a salidas educativas en terreno. Adicionalmente, se generaron varios insertos en páginas centrales de diarios de circulación regional. Estas charlas y talleres resultaron exitosas desde la perspectiva de que se intercambiaron experiencias y saberes de forma activa entre los participantes, como también se logró contextualizar los objetivos del Proyecto dando a conocer a la comunidad las etapas del mismo. Por otra parte, se logró transmitir que la importancia de estos ecosistemas no solo radica en la diversidad de las especies animales y vegetales que albergan, sino también en las actividades de importancia económica y socio-cultural que sostienen.

Se logró también capacitar e instruir en uno de los ecosistemas de mayor importancia en el área de estudio, los organismos extremófilos. Se explicó como reconocerlos, sus diferencias, sus características y la importancia de su existencia. Esta información relevante fue transmitida a la comunidad a nivel local, comunal y regional. De la misma forma se explicaron las amenazas a todos estos atractivos naturales, con el propósito de que todos los usuarios contribuyan en la conservación de objetos singulares y característicos del ecosistema de los humedales.

Como una forma de darle continuidad al trabajo desarrollado y las expectativas de las comunidades, se elaboró un Programa para ser presentado al SNI denominado **“Plataforma de Generación y Transferencia de Información Ambiental de los**

Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta” cuyo propósito es instalar capacidades, infraestructura y tecnología en comunidades y organizaciones altoandinas, que generen condiciones habilitadoras para que éstas hagan un uso sustentable de los humedales del territorio. El Programa, en base al problema identificado, propone realizar una intervención en dos focos. Por una parte, en la generación de información base sobre el estado permanente de los humedales de la región. Para ello se instalará una red de observatorios ambientales que permitan recoger datos que serán procesados para ser utilizados como insumo base para la toma de decisiones, tanto por entidades públicas como privadas. El segundo foco, será el entrenamiento y educación ambiental, que permitirá a los involucrados del proyecto administrar e interpretar la información generada, apropiar a la población con la conservación de los humedales altoandinos y dejar instalados en el territorio recursos básicos para que los involucrados puedan hacer un uso sustentable de los humedales.