

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ PARA
LA CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA, SEGÚN SU VALOR
AMBIENTAL Y LA PRESIÓN ANTRÓPICA.**

Diego B. Demangel Miranda

Santiago, Chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ PARA
LA CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA, SEGÚN SU VALOR
AMBIENTAL Y LA PRESIÓN ANTRÓPICA.**

**CLASSIFICATIONS OF WETLANDS IN THE COPIAPÓ RIVER BASIN FOR
THE CONSERVATION OF VERTEBRATE FAUNA, ACCORDING TO ITS
ENVIRONMENTAL VALUE AND THE ANTHROPOGENIC PRESSURE.**

Diego B. Demangel Miranda

**Santiago, Chile
2011**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Título

**CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ PARA
LA CONSERVACIÓN DE LA FAUNA VERTEBRADA, SEGÚN SU VALOR
AMBIENTAL Y LA PRESIÓN ANTRÓPICA.**

Memoria para optar al título profesional de
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

Diego B. Demangel Miranda

Profesor Guía	Calificaciones
Sr. Jorge Pérez Q. Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.	7, 0
Profesores Evaluadores	
Sr. Cristian Estades F. Ingeniero Forestal, M.S., Ph.D.	6, 5
Sr. Luis Morales S. Físico, M.S., Dr.	6, 5
Colaborador	
Sr. Gabriel Lobos V. Médico Veterinario, Dr.	

Santiago, Chile
2011

*A los seres que me han querido,
al resto de la naturaleza viva,
en memoria de los ecosistemas arruinados...*

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Lugar de estudio	6
Levantamiento de información y revisión bibliográfica	6
Técnicas de detección y captura	9
Criterios de clasificación de especies según estados de conservación	9
Valoración ambiental	10
Presión Antrópica	12
Relevancia Ambiental	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Problemas en el levantamiento de información	16
Análisis de sensibilidad de las fórmulas	18
Valoración ambiental	20
Presión Antrópica	23
Relevancia Ambiental	27
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	32
APÉNDICES	38
Apéndice I. Sitios de muestreo	38
Apéndice II. Listado de especies	39
Apéndice III. Estados de conservación	43
Apéndice IV. Composición específica por sitio	44
ANEXOS	45
Anexo I. Criterios de clasificación de especies	45
Anexo II. Cálculo del Índice de Influencia Humana y de la Huella Humana	46

RESUMEN

Los humedales de la cuenca del río Copiapó se encuentran en una situación crítica debido a la intervención y la extracción de agua para actividades humanas. Se realizó una clasificación de 30 humedales en base a su relevancia ambiental para la conservación, la cual se obtuvo a partir de la ponderación del valor ambiental, definido como la combinación de algunos atributos comunitarios de la fauna vertebrada (riqueza de especies, singularidad, especies amenazadas), y de la presión antrópica (una medida de la intervención humana actual y potencial) a partir de cartografías de usos del territorio. Además, se analizaron y compararon tres ecuaciones de valor ambiental propuestas. Los resultados mostraron las dificultades en el levantamiento de información y la importancia de los algoritmos elegidos para la valoración de sitios. Se destaca lo inevitable de establecer criterios subjetivos de priorización o, en su defecto, utilizar objetivos de conservación predeterminados. Por medio de las ecuaciones propuestas se determinó la presencia de tres sitios de alta relevancia ambiental: el Estuario del Río Copiapó (ya se encuentra dentro de un área de protección oficial); Río Manflas (se encuentra próximo a un sitio prioritario para la conservación, que corresponde a una declaración de intenciones por organismos públicos); y Piedra Colgada (se encuentra ubicado en una zona de alta presión antrópica y denota deterioro ambiental). Se recomienda la protección oficial de los dos últimos sitios mencionados y medidas de restauración del cause asociado al sector de Piedra Colgada.

PALABRAS CLAVES: Copiapó, sitios prioritarios, conservación, fauna de Chile, biodiversidad.

ABSTRACT

The wetlands of the Copiapó River basin are in critical condition as a result of human intervention and water extraction. A total of 30 sites wetlands were classified based on the environmental relevance for conservation, which was obtained from the combination of the environmental value, defined as the combination of some community attributes of the vertebrate fauna (species richness, singularities, threatened species), and the anthropogenic pressure, a measure of the actual and potential human intervention in the territory. Three equations of environmental value are proposed and discussed, which showed the difficulties of data collection and the choice of algorithms, where stands out the inevitability of using subjective criteria or establishing objectives for conservation. Using the three proposed equations, 3 sites were defined as of high environmental relevance: the Estuary of the Copiapó river is already inside an officially protected area; Manflas river is near to a site of priority for the conservation, that corresponds to a statement of purpose for public organisms; Piedra Colgada is in an area of “high” anthropogenic pressure. It is recommended the protection of the last two mentioned sites and restoration measures in the riverbed associated to the Piedra Colgada zone.

KEY WORDS: Copiapó, priority sites, conservation, fauna of Chile, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más productivos y de mayor importancia ecológica del planeta y constituyen el hábitat de numerosas especies de animales y plantas (Mitsch y Gosselink, 1986). Los humedales brindan beneficios a través de la pesca, el mantenimiento de las capas freáticas, el almacenamiento de aguas, control de inundaciones, turismo y recreación, estabilización de la línea de costa, la absorción de contaminantes y purificación de las aguas (Dugan, 1992; Möller y Muñoz, 1998), entre otros.

Un humedal es un terreno cuya capa freática está frecuentemente sobre, cerca o al nivel de la superficie, y por lo cual se encuentra saturada de agua por un período suficiente como para que se desarrollen condiciones acuáticas que alberguen un tipo especial de vegetación y diversos tipos de actividad biológica adaptados a un ambiente de alta humedad. En general un humedal es un ambiente de transición entre el acuático y el terrestre, presentando características de ambos, lo que lo hace muy interesante en cuanto a su riqueza biológica (Möller y Muñoz, 1998). Sin embargo la definición universalmente conocida de humedal corresponde a la utilizada por la convención de RAMSAR, que lo define como: "Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2006).

El interés y la valoración creciente de los ecosistemas de humedal contrastan con las también crecientes presiones e intervenciones sobre los mismos. El valor de este tipo de sistemas como refugio de especies, núcleos de biodiversidad o reguladores del régimen hidrológico local o regional (para dar sólo algunos ejemplos) se ve amenazado (Malvárez, 1999). Es por esto que los humedales resultan en este momento un centro de atención crítico para cada vez más profesionales e instituciones que buscan ampliar y profundizar su conocimiento para definir pautas y medidas de conservación, intervención y manejo. Una limitante en tal sentido es la escasez de material bibliográfico referido específicamente a nuestros humedales y sus particularidades.

Existe acuerdo en que las áreas protegidas son una herramienta valiosa en la conservación de la biodiversidad (Bruner *et al.*, 2001; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003). Actualmente Chile cuenta con casi el 20% de su territorio dedicado a protección, muy por encima del objetivo de 10 – 12% propuesto por organizaciones internacionales de conservación (IUCN, 1993; CBD, 2004). Sin embargo, estudios regionales muestran que la cobertura es deficiente para un gran número de especies vertebradas, ya sea por no encontrarse cubiertas en ningún área o por la escasa representatividad de algunos ecosistemas, situación que no mejora al evaluar especies endémicas y amenazadas (Tognelli *et al.* 2008).

En Chile el 41% de la superficie total corresponde climatológicamente a zonas áridas y semiáridas (Benites *et al.*, 1994). La situación de los humedales en estas zonas donde el agua es escasa, vuelve aún más susceptible el conflicto entre las actividades humanas y los procesos biológicos que tanto dependen de éstos. La cuenca del río Copiapó es un caso particular en donde existen múltiples usos del territorio y actividades económicas altamente demandantes de agua, como lo son la minería y la agricultura correspondientes al 45% y 11% del PIB Regional (DGA, 2004), respectivamente. La actividad minera de la cuenca ha ido en aumento en la última década, cuyos efectos antrópicos han cambiado la cantidad y la calidad natural del agua (DGA, 2004). El panorama actual de la biodiversidad de los humedales en la cuenca resulta preocupante. Si bien históricamente los sitios para la conservación han sido designados en zonas remotas y en otras áreas que no son adecuadas para las actividades comerciales (Margules y Pressey, 2000), el objetivo de protección en esta cuenca ha sido relegado hasta el punto de encontrar situaciones aberrantes desde el punto de vista ambiental como la desaparición de gran parte del río Copiapó en la zona de los valles transversales producto de la extracción humana, o el pastoreo de centenares de animales sobre gran parte de los pequeños parches de vegetación que aún reciben algo de agua.

Aunque la cuenca del río Copiapó no posee áreas bajo protección oficial pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, SNASPE, existen algunos humedales conocidos con gran riqueza de especies como la desembocadura del río Copiapó, recientemente declarada parte del Área Marina Protegida Costera de Múltiples Usos Isla Grande de Atacama (Gaymer, 2008).

Las experiencias recientes en la aplicación de algoritmos de selección de sitios para la conservación en Chile, han estado orientadas a grandes extensiones de terreno (regiones políticas, ecorregiones y todo el territorio nacional) y, en general, no consideran ambientes que se encuentran en condiciones azonales, como es el caso de los humedales (Squeo *et al.*, 2008; Ramírez de Arellano *et al.*, 2008). A pesar de que constituyen una valiosa experiencia en la definición de metodologías y en la integración de las principales variables en la priorización de sitios, no se adecuan al trabajo con sitios de áreas diferentes, de distribuciónazonal y/o discreta en el territorio.

Es por estas razones que resulta urgente idear un método que se sitúe en el contexto actual de la información de terreno existente, que considere las particularidades de la cuenca, que establezca cuáles son los humedales con mayor valor ambiental y en qué condiciones se encuentran como resultado de la intervención directa e indirecta de las actividades humanas, y que, en definitiva, se transforme en una herramienta práctica para la toma de decisiones.

Objetivo General

Clasificar los sitios de relevancia ambiental vinculados al agua en la cuenca del Río Copiapó considerando el componente fauna vertebrada y la Presión Antrópica.

Objetivos Específicos

Identificar y valorar los principales sitios vinculados al agua dentro de la cuenca del Río Copiapó, en base a los atributos de la fauna vertebrada.

Estimar la Presión Antrópica en los distintos sitios muestreados en la cuenca.

Jerarquizar, según el valor de la fauna vertebrada y la Presión Antrópica, los sitios identificados a los que se debería otorgar mayor atención para su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La cuenca del Río Copiapó se ubica en la Región de Atacama entre los 27 y 29° de latitud sur y los 69 y 71° de longitud oeste; abarca una superficie aproximada de 18.681 km². Su relieve es muy irregular y accidentado, predominando la alternancia de los valles en sentido transversal con interfluvios montañosos denominados serranías. Sus cumbres más importantes son el Nevado Jotabeche con 5.862 msnm y el Volcán Copiapó con 6.050 msnm (DGA, 2004). Lagunas altiplánicas que se encuentran a esta latitud, como por ejemplo la laguna Santa Rosa y del Negro Francisco, son de tipo endorreica y no pertenecen a la cuenca, quedando fuera de los propósitos de este estudio.

De acuerdo a DMC (s/a), la Región de Atacama presenta clima desértico pero que con el incremento de las precipitaciones hace que la condición de desierto no sea tan rigurosa, destacándose tres condiciones climáticas: una en el sector costero, con influencias marítimas, otra en la pampa intermedia y por último el sector cordillerano con incremento de las precipitaciones y régimen térmico frío.

El Río Copiapó se forma a 1230 msnm., a partir de los dos tributarios más importantes, el Jorquera que viene del norte y el Pulido que viene del sureste. Aguas abajo, aproximadamente dos kilómetros y medio, se agrega el Río Manflas proveniente del sur con un reducido caudal. Prácticamente estos ríos son los únicos que aportan agua superficial, lo cual implica que sólo aproximadamente un tercio de la hoya hidrográfica es activa (DGA, 2004).

Levantamiento de información y revisión bibliográfica

El levantamiento de información faunística consideró dos fuentes: la principal corresponde a un muestreo de la cuenca realizado entre los días 1 al 10 de diciembre de 2008 y la secundaria a una revisión bibliográfica de estudios de diversa índole realizados dentro del área de estudio. Los sitios de muestreo se distribuyeron de manera tal que quedaran representadas las seis subcuencas (Copiapó Bajo, Copiapó Medio, Río Manflas, Río Pulido, Río Jorquera y Quebrada Paipote), no obstante se concentraron fundamentalmente en los ambientes de altura de la cuenca siendo bastante menor en la zona intermedia y baja, las cuales se encuentran ocupadas por parronales, que representan un área de alta modificación antrópica, donde casi no existe vegetación nativa y en general no está permitido el acceso.

Se incluyeron algunos sitios que, a pesar de no estar representados en las definiciones de humedales anteriormente expuestas, la flora que albergan evidencia una estrecha relación con el agua, como, por ejemplo, aquellos sitios con gran cobertura de especies vegetales que obtienen la fuente de agua a algunos metros de profundidad.

A partir de una base cartográfica (sistema de información geográfica, SIG) se identificaron sitios asociados al agua (vegas, esteros, ríos) potenciales para el estudio, considerando los de mayor tamaño y la cercanía a caminos. Además, se consultó con personal de CONAMA Copiapó y de CONAF (instituciones directamente relacionadas con la contribución a la conservación de la biodiversidad) quienes orientaron la selección de los sitios de muestreo a través del conocimiento previo de algunos sitios con especies conspicuas. Finalmente, con los antecedentes recopilados, guiándose por las características de la vegetación (por ejemplo: formaciones azonales del tipo vega) y considerando las facilidades de acceso una vez en terreno, se muestreó un total de 24 sitios (ver Figura 1).

Se examinó la base de datos del SEA (s/a) en busca de proyectos con estudios fauna asociados a alguno de los humedales que no fue posible acceder en terreno (Environmental & Science Ltda., 2008; SGA consultores, 2008). Además se revisaron algunos trabajos de biodiversidad: Manflas y Montosa (realizados el año 2004, Juan Carlos Torres-Mura & Iván Lazo, “com. pers.”); estudio del estuario del Río Copiapó (Gaymer, 2008). Del total de documentos revisados se incluyeron solamente 6 sitios (ver Apéndice 1).

Se efectuó una revisión amplia de la bibliografía atinente a vertebrados para facilitar el reconocimiento de las especies en terreno, contando además con algunas guías de campo en el momento de la identificación. Entre las fuentes consultadas figuraron para peces: Arratia (1981), Campos *et al.* (1998), Habit *et al.* (2006), Ruiz y Marchant (2004), Vila *et al.* (1999); anfibios y reptiles: Cei (1962), Díaz (1984), Díaz-Páez y Ortiz (2003), Donoso-Barros (1966), Donoso-Barros (1970), Lobos *et al.* (1999), Nuñez y Jaksic (1992), Veloso y Navarro (1988), Vidal y Labra (2008); aves: Araya y Millie (1988), Egli (2006), Jaramillo *et al.* (2005), Martínez y González (2004), Rottmann (1995); mamíferos: Campos (1986), Iriarte (2008), Mann (1978), Miller y Rottmann (1976), Muñoz y Yañez (2000). Especies de difícil determinación como por ejemplo especies parecidas dentro de un mismo género, fueron debidamente fotografiadas para su posterior identificación con la ayuda de expertos.

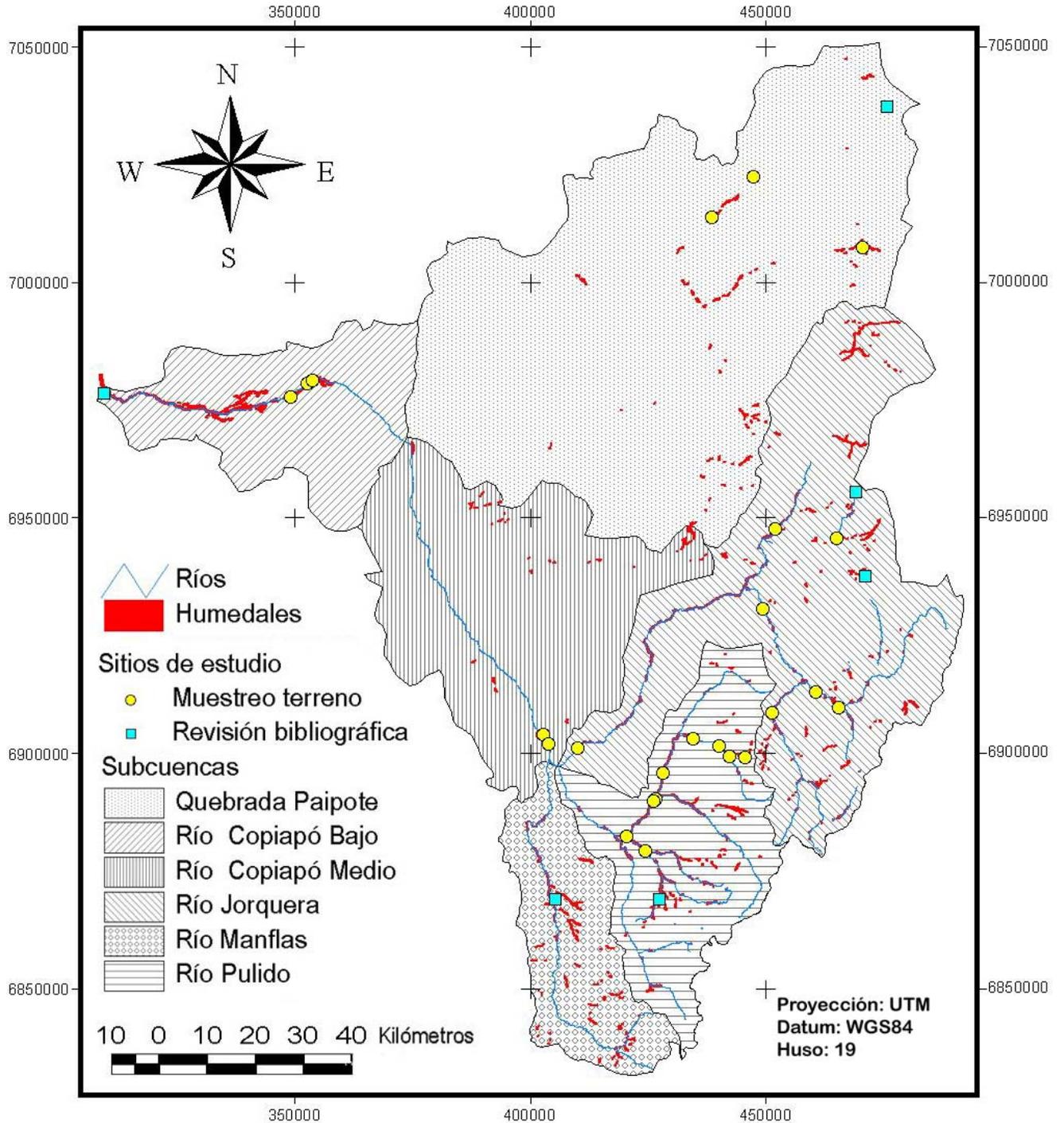


Figura 1. Sitios de estudio obtenidos de la campaña a terreno y de la revisión bibliográfica de vertebrados terrestres y peces de aguas continentales en la cuenca del Río Copiapó (ver Apéndice 1).

Técnicas de detección y captura

El muestreo de fauna vertebrada consistió en la aplicación de las siguientes técnicas de detección y captura:

- Para la detección de peces se utilizaron chinguillos (redes); una vez identificados, los peces fueron devueltos al agua. En cada estación de muestreo se prospectó una superficie cercana a los 100 m². Se revisaron aquellos sitios que presentaban un mayor potencial para la presencia de peces.
- Para los anfibios se realizaron búsquedas activas durante el día y al anochecer, poniendo especial énfasis en aquellos ambientes más favorables para esta fauna (arroyos, quebradas, zonas húmedas).
- En el caso de reptiles se realizaron observaciones directas y capturas con lazos de nudo escurridizo. Los reconocimientos de reptiles se ejecutaron en transectos de 100×10 m, prospectando los ambientes característicos de este grupo.
- Las aves fueron observadas mediante el uso de binoculares, poniendo énfasis en escuchar sus cantos. Se contó con la presencia de guías de campo y con el registro de sus vocalizaciones. Para minimizar las dudas en la identificación de especies, algunos ejemplares fueron fotografiados y caracterizados posteriormente.
- La presencia de micromamíferos fue determinada mediante observación directa, y el uso de trampas Sherman para captura viva. En los trampeos se utilizaron 80 trampas Sherman por noche cebadas con avena y vainilla. Para los macromamíferos se realizó observación directa con el apoyo de binoculares e indirecta (por medio del reconocimiento de huellas, feces, entre otros).

Criterios de clasificación de especies según estados de conservación

Los estados de conservación de las especies de la fauna vertebrada chilena fueron descritos según el Reglamento para la clasificación de especies (Gobierno de Chile, 2005b) (ver Apéndice III).

La clasificación de especies fue revisada en el portal Web del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2011) en donde se encuentran los resultados de los Procesos de Clasificación de Especies Silvestres y, además, se presentan algunas especies consideradas exóticas en el territorio chileno.

Cabe destacar que existen especies clasificadas bajo estados de conservación distintos según zona geográfica, y/o para las cuales no se encuentra mencionado el grado de amenaza de la región estudiada. En estos casos se consideró la presencia o ausencia de un estado de conservación específico para el área de estudio.

Para efectos de esta memoria se considerarán especies amenazadas aquellas que se encuentren clasificadas en las categorías “En Peligro de Extinción o Vulnerable” de manera congruente con las intenciones actuales del Gobierno (Gobierno de Chile, 2011).

Valoración ambiental

La valoración ambiental se realizó ponderando tres atributos comunitarios de la fauna vertebrada detectada en cada sitio:

-Riqueza relativa (Rr): corresponde a la proporción entre el número de especies en cada sitio con respecto a la totalidad de especies encontradas en la cuenca. El valor máximo que puede alcanzar esta variable es 1 y correspondería al caso en que el total de las especies encontradas en la cuenca estuviesen representadas en un solo sitio.

-Especies amenazadas relativas (Ar): corresponde a la proporción del número de especies amenazadas en un sitio con respecto a la totalidad de especies bajo algún grado de amenaza en la cuenca. El valor máximo que podría tomar esta variable también puede ser 1.

-Singularidad del sitio (Ss): Esta variable es una medida de la exclusividad de las especies presentes en cada sitio. Si todas las especies presentes en un sitio sólo se encontraran en este sitio, entonces, esta variable tomaría el valor 1, lo cual representaría el máximo grado de singularidad posible. Esta variable también puede entenderse como la sumatoria de las singularidades parciales de todas las especies presentes en el sitio.

Se proponen tres ecuaciones que asignan distintas combinaciones de estos atributos considerando razonamientos de agregación que buscan mantener una coherencia en la manera en que se relacionan, bajo el prisma de la biología de la conservación.

$$V_s = \frac{(Rr + Ar + Ss)}{3} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$V_s = \frac{(Rr \times Ss + Ar)}{2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$V_s = \left(\frac{Rr + Ar}{2} \right) * Ss \quad (\text{Ecuación 3})$$

Vs: Valor del sitio.

Rr: Riqueza relativa del sitio con respecto a la cuenca.

Ar: Especies amenazadas relativas del sitio con respecto a la cuenca.

Ss: Singularidad del sitio en relación a la cuenca.

Estas ecuaciones buscan normalizar las características de cada sitio con las características a nivel de cuenca. Los dígitos divisores son para eliminar el factor de los pesos de cada variable sumada.

La Ecuación 1 da igual importancia a las tres variables, mientras que la Ecuación 2 le da mayor relevancia a las especies amenazadas relativas, esto debido a que la riqueza relativa y la singularidad del sitio pueden adquirir valores menores o iguales a 1, por lo cual, al multiplicarse, el producto no puede ser mayor que el menor de sus factores. Por su parte, en la Ecuación 3, el crecimiento depende en mayor medida de la singularidad del sitio que de las otras dos variables por separado.

La Singularidad de una especie fue evaluada con la siguiente fórmula:

$$Se = \frac{1}{\text{Número de sitios donde se presenta la especie}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

mientras que la singularidad del sitio fue evaluada como:

$$Ss = \frac{\sum_{i=1}^n Se}{Rs} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Ss: Singularidad del sitio.

Se: Singularidad de la especie i.

Rs: Riqueza del sitio.

Los resultados numéricos de la valoración ambiental fueron ordenados de forma descendente y el rango se dividió en tercios que categorizan los sitios en niveles de valor

ambiental (alto, medio y bajo). Se realizó el mismo procedimiento para las tres ecuaciones de valoración ambiental y sus resultados fueron comparados.

Paralelamente se obtuvieron resultados del valor ambiental evaluado por unidad de superficie (hectárea). El área de cada sitio fue estimada por medio del Software Google Earth Pro (ver Apéndice 1).

Se realizó un análisis de sensibilidad para probar en qué grado afecta la ponderación de los tres atributos comunitarios distintos (riqueza relativa, especies amenazadas relativas y singularidad del sitio).

Dos de las tres variables (riqueza relativa, especies amenazadas relativas y singularidad del sitio) fueron fijadas en el valor que se obtuvo al promediar la totalidad de los sitios muestreados, mientras que la variable restante se hizo cambiar a una tasa de 0,01 entre los valores 0 y 1. Con el mismo método fueron probadas las tres variables. Se construyeron gráficas en las cuales se representan las respuestas del valor de los vertebrados a cada una de las variables y en donde se contrastan las tres ecuaciones propuestas.

Los resultados fueron discutidos y analizados junto con expertos¹ para determinar si existe una combinación de factores más aceptada por ellos.

Presión Antrópica

La Presión Antrópica corresponde a la condición en que se encuentra un sitio como resultado de la influencia directa e indirecta de las actividades humanas sobre la superficie terrestre. Se puede entender como una clasificación de la intervención actual en conjunto con el riesgo asociado a intervenciones potenciales.

La Presión Antrópica es una clasificación de la Huella Humana (WCS y CIESIN, 2005), que a su vez corresponde al Índice de Influencia Humana normalizado para cada bioma mundial (ver Figura 2). En la cuenca del Río Copiapó se encuentran representados dos biomas: Bosques mediterráneos, bosque abierto y matorral y Pastizales y matorrales montanos (Olson *et al.*, 2004).

El Índice de Influencia Humana se obtuvo superponiendo ocho capas de usos humanos en las cuales se asignó una puntuación a cada factor que presuma influencia sobre los

¹ Pedro Cattán A., Médico Veterinario, Dr. en Ciencias, Centro de Estudios de Vida Silvestre, Universidad de Chile.

Gabriel Lobos V., Médico Veterinario, Dr. en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Centro de Estudios de Vida Silvestre, Universidad de Chile.

Jorge Pérez Q., Ingeniero Agrónomo, Ph.D. en Ecología, Departamento Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile.

ecosistemas mundiales. Las capas superpuestas fueron: densidad demográfica (humanos por km^2), distancia a ferrocarriles dentro de 2 km, distancia a carreteras dentro de 15 km, distancia a ríos navegables dentro de 15 km, distancia a la línea de costa dentro de los 15 km, la luminosidad de noche detectada por satélites, áreas construidas con asentamientos humanos y usos agrícolas (Sanderson *et al.*, 2002) (ver Anexo I). Los valores mínimo y máximo que puede tomar el Índice de Influencia Humana a nivel mundial son 0 y 64, respectivamente. La medición se realizó a una resolución espacial de 1 km^2 y las capas utilizadas están fechadas alrededor del año 2000.

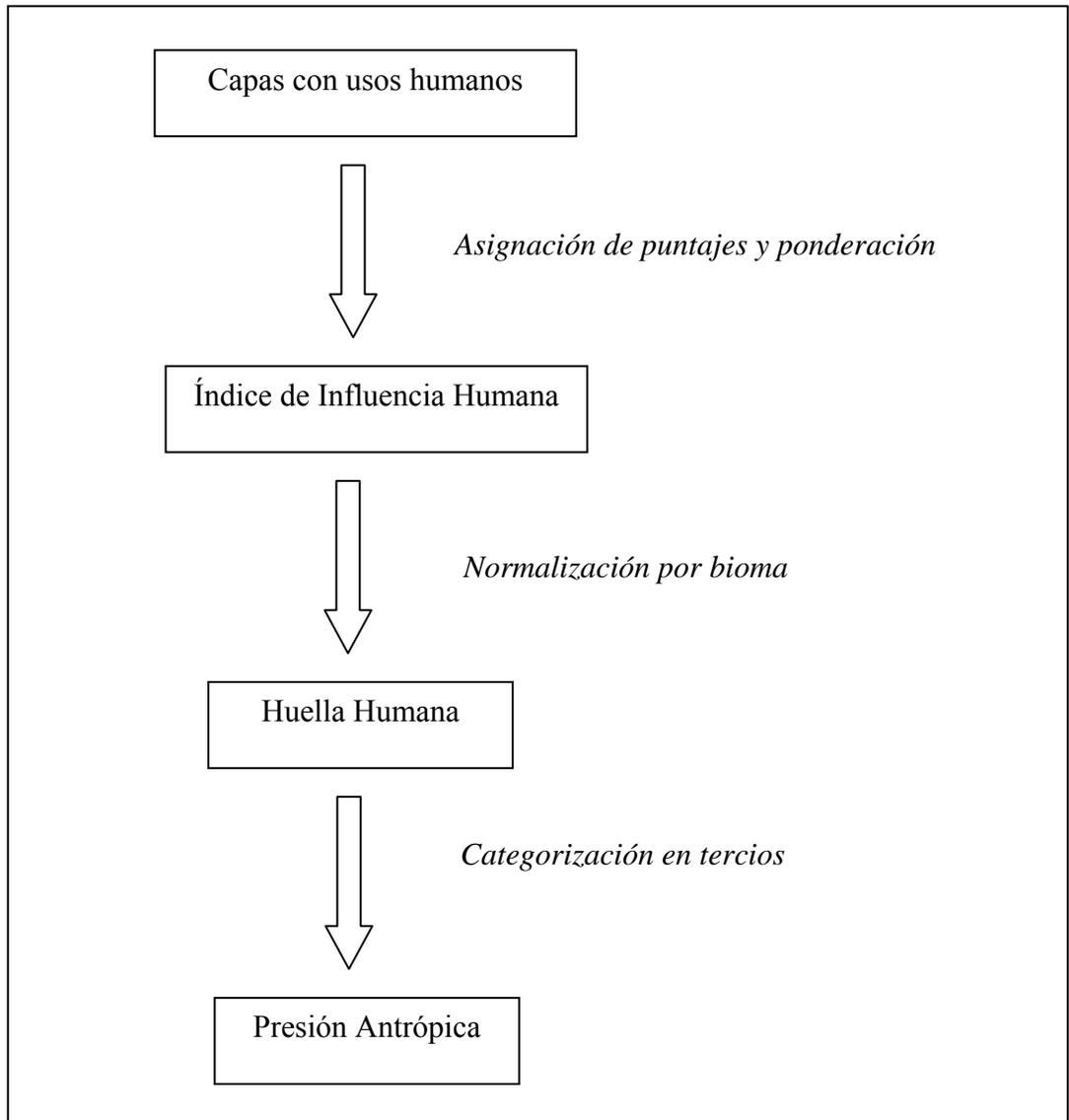


Figura 2. Esquema metodológico para la obtención de la Presión Antrópica.

La espacialización de la Huella Humana (WCS y CIESIN, 2005) se proyectó en el sistema UTM 19S datum WGS84 y luego fue ajustado a los límites de la cuenca. El modelo fue

llevado a formato vectorial (polígonos) y se revisó el área por medio del Software Google Earth en busca de posibles errores como la consideración de salares y de zonas nevadas como ciudades. Se realizaron las correcciones correspondientes en el sector norte de la cuenca asignando el valor promedio de los sitios colindantes. Finalmente se midió la Huella Humana en cada sitio.

Los resultados numéricos de la Huella Humana fueron ordenados de forma descendente y el rango se dividió en tercios que categorizan los sitios en niveles de Presión Antrópica (baja, media y alta).

Relevancia Ambiental

Se ponderaron las categorías obtenidas del Valor Ambiental y de la Presión Antrópica a partir de una matriz de doble entrada (ver Cuadro 1), obteniéndose una clasificación de los humedales según su Relevancia Ambiental para la conservación. Se discuten en forma general algunas recomendaciones para cada categoría de conservación obtenida.

Cuadro 1. Matriz para la clasificación de sitios según su relevancia ambiental para la conservación de la fauna nativa.

Relevancia Ambiental		Presión Antrópica		
		Alta	Media	Baja
Valor Ambiental	Alto	Alta	Alta	Media
	Medio	Alta	Media	Baja
	Bajo	Media	Baja	Baja

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área de estudio se registraron 152 especies de vertebrados, de las cuales 21 corresponden a mamíferos, 114 a aves, 12 a reptiles, 3 a anfibios y 2 especies a peces (ver Apéndice II). Del total, 11 especies se consideran de origen exótico (ver Apéndice II) y, a pesar de que pueden ser consideradas como un indicador de la influencia humana sobre el territorio, fueron excluidas de la valoración hecha para este estudio.

Del total de especies nativas encontradas en la cuenca la gran mayoría (79,4%) corresponden a aves (ver Cuadro 2). Esto resulta coherente con los antecedentes generales de la fauna nativa de la Región de Atacama. De los 259 vertebrados nativos presentes en esta región, según la revisión bibliográfica de literatura general, 27 (10,4%) especies corresponden a mamíferos (Iriarte, 2008), 195 (75,3%) a aves (Jaramillo *et al.*, 2005), 29 (11,2%) a reptiles, 6 (2,3%) a anfibios (Vidal y Labra, 2008) y 2 (0,8%) a peces (Campos *et al.*, 1998). Si se comparan estos antecedentes con los porcentajes de las especies encontradas presentados en el Cuadro 2, es posible apreciar el gran parecido en la composición específica de los sitios estudiados con la Región de Atacama. Esto estaría indicando el alto grado de representatividad de las especies encontradas en la cuenca.

Cuadro 2. Composición específica de vertebrados nativos y especies amenazadas encontradas en los sitios de estudio de la cuenca del Río Copiapó.

Taxa	Especies encontradas	Especies amenazadas ¹	Proporción de especies amenazadas (%)
Mamíferos	13 (9,2%)	3	23,08
Aves	112 (79,4%)	4	3,57
Reptiles	12 (8,5%)	5	41,67
Anfibios	3 (2,1%)	3	100
Peces	1 (0,7%)	0	0
Total	141 (100%)	16	11,35

¹ Las especies amenazadas corresponden a las clasificadas “En Peligro” y “Vulnerable” según lo publicado en el sitio oficial del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2011).

Del total de especies halladas en la cuenca, 31 se encontraban clasificadas bajo algún grado de amenaza (ver Apéndice III), de éstas, 15 se consideran “Especies amenazadas” para efectos de este estudio (ver Cuadro 3). A lo anterior se agrega una especie clasificada como “Fuera de Peligro” y las especies consideradas de origen exótico. Las especies restantes no se encontraban listadas.

Cuadro 3. Especies amenazadas en los sitios de estudio de la cuenca del Río Copiapó.

Nombre común	Nombre científico	Estado de Conservación ¹
MAMÍFEROS		
Guanaco	<i>Lama guanicoe</i>	En Peligro
Tuco-tuco de Atacama	<i>Ctenomys fulvus</i>	Vulnerable
Vizcachas	<i>Lagidium viscacia</i>	En Peligro
AVES		
Bandurria	<i>Theristicus melanopis</i>	En Peligro
Piuquén	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Vulnerable
Gaviota garuma	<i>Larus modestus</i>	Vulnerable
Gaviota andina	<i>Larus serranus</i>	Vulnerable
REPTILES		
Lagartija de Ortiz	<i>Liolaemus juanortizi</i>	En Peligro
Lagarto de Müller	<i>Liolaemus lorenzmuelleri</i>	Vulnerable
Lagarto nítido	<i>Liolaemus nitidus</i>	Vulnerable
Corredor de Atacama	<i>Microlophus atacamensis</i>	Vulnerable
Iguana	<i>Callopistes maculatus</i>	Vulnerable
ANFIBIOS		
Sapo de Atacama	<i>Rhinella atacamensis</i>	En Peligro
Sapo espinoso	<i>Rhinella spinulosa</i>	Vulnerable
Sapo de cuatro ojos	<i>Pleurodema thaul</i>	En Peligro

¹ Los estados de conservación corresponden a lo publicado en el sitio oficial del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2011).

Problemas en el levantamiento de información

En el levantamiento de información se presentaron una serie de sesgos y dificultades que se detallan a continuación:

Movilidad

Una debilidad de los métodos de valoración de sitios a través de mediciones de fauna está dada por la movilidad de la fauna. Las aves, las cuales representan la mayor cantidad de especies de fauna vertebrada encontrada en los sitios, poseen una gran proporción de especies total o parcialmente migratorias (Jaramillo *et al.*, 2005). Una medición adecuada de este grupo taxonómico requiere necesariamente de mayor resolución temporal, lo cual incrementa sustancialmente los costos operacionales. También existen antecedentes sobre fluctuaciones notorias en la densidad de las poblaciones de micromamíferos (Iriarte, 2008; Muñoz y Yañez, 2000) y migraciones locales en macromamíferos (Muñoz y Yañez, 2000).

Temporalidad

Resulta extremadamente complejo obtener mediciones de terreno en sitios distantes en un período de tiempo breve y a una misma hora del día. También se verificó que los estudios provenientes de fuentes secundarias de información no han sido realizados contemporáneamente al estudio en cuestión. En general los datos han sido obtenidos en

otras épocas del año, en más de una campaña a terreno o simplemente no aparecen especificadas las fechas en los cuales fueron tomados.

Tamaño del sitio

A pesar de que, en general, los humedales se presentan de manera discreta en el espacio debido a su estrecha dependencia con un cuerpo de agua, es complejo establecer límites del humedal, sobre todo de aquéllos que pertenecen a la sección de un río y de los que poseen especies vegetales que no están restringidas exclusivamente a estos sistemas. En el mismo sentido, existen humedales en los cuales se han documentado grandes variaciones en el tamaño del espejo de agua (Malvárez, 1999) y otros en que se evidencia la presencia de agua superficial en el pasado. También, se verificó que los estudios publicados, en general, no poseen una superficie determinada, mencionándose sólo el nombre del río, del sector o de la localidad más cercana. Además, en la revisión bibliográfica, muchas veces el área abarcada pudo incluir extensiones mayores que se escapan a las formaciones de humedales.

Técnicas de detección y captura

Existen micromamíferos que aparecen con frecuencia (*Abrothrix sp.*, *Oligoryzomys sp.* y *Phyllotis sp.*) mientras que otros difícilmente aparecen (*Abrocoma bennetti*), a pesar de estar en la distribución y hábitat propicios para esta especie. Esto podría estar indicando que existen especies de mamíferos que caen fácilmente en las trampas Sherman mientras que otras, a pesar de encontrarse en los sitios, por motivos de timidez u otros, resulta complejo que entren en estas trampas². La detección de fecas de especies que no son capturadas por los métodos usuales puede ser un reflejo de esta limitación.

Esfuerzo de muestreo

Dada las diferencias naturales de todos los sitios estudiados resulta complejo establecer tiempos y métodos de muestreo que homogenicen los esfuerzos. Sitios de mayor tamaño, en general, requieren de mayor esfuerzo, pero este aumento no depende exclusivamente del factor área. El relieve, el tipo de cobertura (suelo descubierto, agua, piedras, matorrales, etc.) y las especies presentes condicionan la experiencia en terreno. En la inclusión de sitios por medio de revisión bibliográfica, se verificó que muchas veces no están especificados los métodos de detección y captura y, en los casos en que si se encuentra especificado, no existe uniformidad en las técnicas y en los tiempos ocupados.

²Gabriel lobos, Dr. en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Universidad de Chile, 2011 “Comunicación personal”.

Análisis de sensibilidad de las fórmulas

Se pudo comprobar que todas las variables responden de manera directamente proporcional, no obstante, las razones de crecimiento de las variables son distintas entre las tres ecuaciones propuestas (ver Figura 3).

Considerando la respuesta del valor del sitio a la variación de la singularidad del sitio se puede apreciar que las ecuaciones 1 y 3 son sensibles mientras que la Ecuación 2 responde en una medida bastante menor a esta variable (ver Figura 3).

Al interpretar la respuesta del valor del sitio a la variación de la riqueza relativa del sitio se puede apreciar que las ecuaciones 1 y 2 son sensibles mientras que la respuesta de la Ecuación 3 es casi nula, con lo cual se puede afirmar que la Ecuación 3 da escasa importancia a la riqueza de especies de los lugares (ver Figura 3). Además se puede apreciar que las tres ecuaciones responden a la variación de las especies amenazadas relativas del sitio, aunque esta respuesta es notoriamente mayor en la Ecuación 2 que en la Ecuación 3.

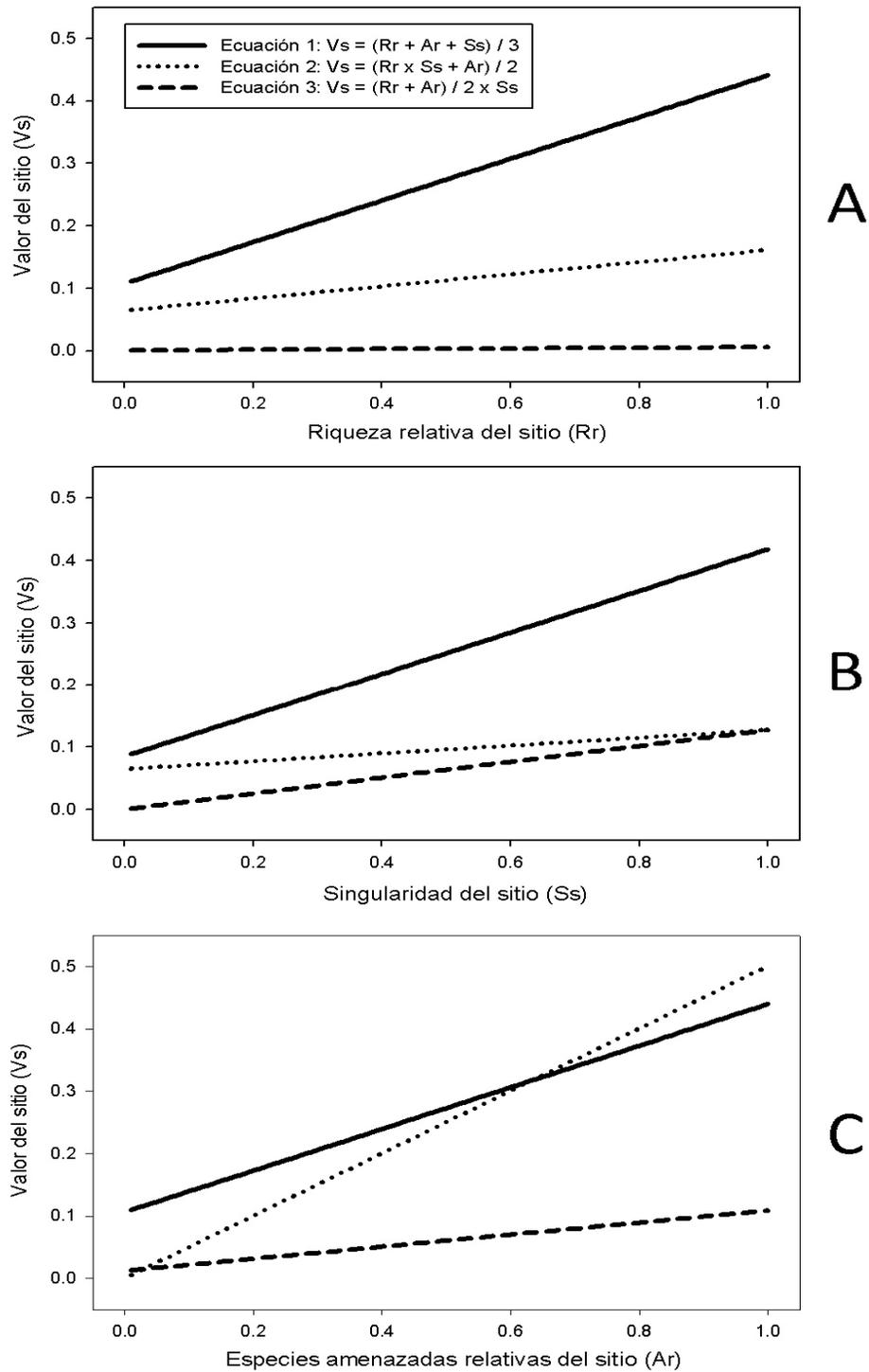


Figura 3. A: Respuesta del valor del sitio a la variación de la riqueza de especies relativas del sitio para las tres ecuaciones propuestas. B: Respuesta del valor del sitio a la variación de la singularidad del sitio para las tres ecuaciones propuestas. C: Respuesta del valor del sitio a la variación de las especies amenazadas relativas a la cuenca para las tres ecuaciones propuestas.

Valoración ambiental

Al utilizar las tres ecuaciones propuestas para la valoración ambiental de los vertebrados de cada sitio, se obtuvo resultados bastante similares sobre todo en los sectores de alto valor (ver Cuadro 4). El sitio con mayor valor ambiental fue S1 (Estuario) y coincide en las tres ecuaciones. Los 4 sitios de mayor valor son exactamente los mismos entre las ecuaciones 1 y 2.

El sitio que presentó mayor diferencia de ranking fue S14 (Río Pulido 3), que al ser evaluado con la ecuación 1 queda 11 puestos arriba con respecto a las otras dos ecuaciones. A pesar de existir diferencias numéricas apreciables al evaluar los sitios con las tres ecuaciones la posición relativa en el ranking de los sitios es bastante parecida entre las tres maneras de valorar (ver Cuadro 4). La gran mayoría de los sitios (22) no varían más de 2 puestos al ser evaluados con las distintas ecuaciones.

Al categorizar de manera cualitativa los resultados numéricos del valor ambiental, se obtuvo algunas diferencias entre las tres ecuaciones. La Ecuación 3 categoriza sólo un sitio en valor ambiental “alto” mientras que las otras dos ecuaciones asignan tres sitios en esta categoría. La Ecuación 3 asigna 27 sitios en valor ambiental bajo mientras que las ecuaciones 1 y 2 sitúan 24 y 21 sitios en esta categoría, respectivamente (ver Cuadro 4).

El método utilizado para valorar ambientalmente los sitios está basado en la presencia o ausencia de especies y no considera la dinámica poblacional y la calidad del hábitat. Pueden existir sitios con alto Valor Ambiental que posean una alta cantidad de especies, que las especies presentes sean singulares y/o exista una alta proporción de especies amenazadas, no obstante, basado en el modelo de “Fuentes y Sumideros” de Pulliam (1988), que busca explicar la dinámica de regulación de las poblaciones, es esperable que existan sitios donde el número de nacimientos exceda al de muertes, conformándose una subpoblación donadora o “fuente”, mientras que en otros sitios el número de muertes puede superar al de nacimientos y esta subpoblación “sumidero” se esté manteniendo en el tiempo gracias a las inmigraciones desde otras subpoblaciones. En el mismo sentido puede que las especies presentes no estén utilizando el sitio de manera considerable para otras necesidades vitales como la alimentación. Cabe destacar que esta limitante no se solucionaría si incluyéramos la abundancia de las especies, aumentáramos el esfuerzo de muestreo, la resolución temporal e intentáramos minimizar cualquiera de los problemas en el levantamiento de información antes descritos. Es por esto que en las metodologías que buscan establecer cuáles sitios son propicios para la conservación de una o más especies se debe considerar la calidad del hábitat para las especies estudiadas (van Horne, 1983). Sólo de esta manera se podrá aseverar en qué sitios se producen los procesos biológicos mínimos para la sobrevivencia de la o las especies que se desean conservar y, por consiguiente, cuántos y cuáles sitios son necesarios conservar.

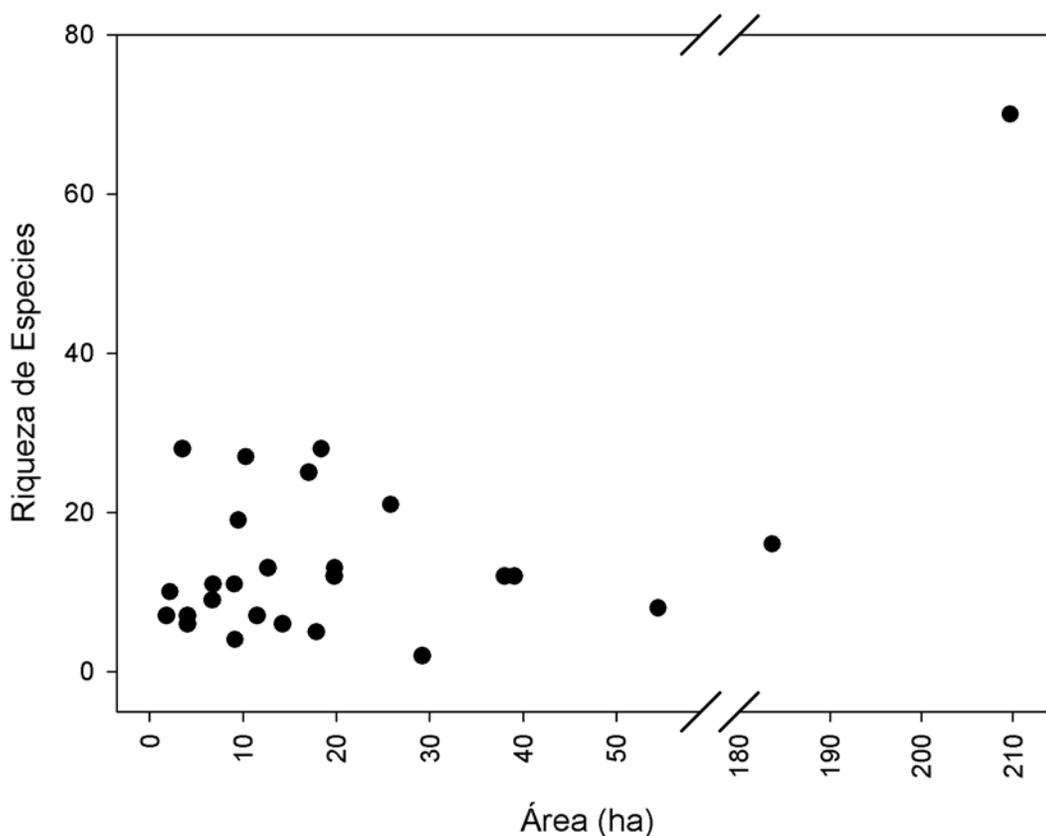
Cuadro 4. Ranking del Valor Ambiental de los sitios de estudio en la cuenca del Río Copiapó obtenido por las tres ecuaciones propuestas.

Ranking	Ecuación 1		Ecuación 2		Ecuación 3	
	NºID Sitio	Valor Ambiental	NºID Sitio	Valor Ambiental	NºID Sitio	Valor Ambiental
1°	S1	Alto	S1	Alto	S1	Alto
2°	S7	Alto	S7	Alto	S9	Medio
3°	S9	Alto	S9	Alto	S7	Medio
4°	S23	Medio	S23	Medio	S2	Bajo
5°	S2	Medio	S21	Medio	S23	Bajo
6°	S19	Medio	S19	Medio	S19	Bajo
7°	S5	Bajo	S25	Medio	S5	Bajo
8°	S25	Bajo	S24	Medio	S25	Bajo
9°	S24	Bajo	S26	Medio	S27	Bajo
10°	S26	Bajo	S27	Bajo	S26	Bajo
11°	S27	Bajo	S2	Bajo	S24	Bajo
12°	S21	Bajo	S5	Bajo	S4	Bajo
13°	S4	Bajo	S6	Bajo	S21	Bajo
14°	S14	Bajo	S18	Bajo	S6	Bajo
15°	S6	Bajo	S30	Bajo	S18	Bajo
16°	S18	Bajo	S22	Bajo	S3	Bajo
17°	S30	Bajo	S4	Bajo	S30	Bajo
18°	S3	Bajo	S3	Bajo	S11	Bajo
19°	S11	Bajo	S11	Bajo	S10	Bajo
20°	S10	Bajo	S10	Bajo	S20	Bajo
21°	S20	Bajo	S20	Bajo	S22	Bajo
22°	S22	Bajo	S28	Bajo	S28	Bajo
23°	S28	Bajo	S17	Bajo	S17	Bajo
24°	S29	Bajo	S16	Bajo	S16	Bajo
25°	S17	Bajo	S14	Bajo	S14	Bajo
26°	S16	Bajo	S15	Bajo	S15	Bajo
27°	S15	Bajo	S8	Bajo	S8	Bajo
28°	S8	Bajo	S12	Bajo	S12	Bajo
29°	S13	Bajo	S13	Bajo	S13	Bajo
30°	S12	Bajo	S29	Bajo	S29	Bajo

* Las celdas sombreadas representan aquellas que varían más de 3 puestos al ser evaluados con las diferentes fórmulas.

** N° ID Sitio: S1 Estuario, S2 Piedra Colgada 1, S3 Piedra Colgada 2, S4 Serranía Poblete, S5 Tranque Lautaro, S6 Unión ríos Manflas y Copiapó, S7 Río Manflas, S8 Río Jorquera, S9 Río Montosa, S10 Río El Potro, S11 Río Pulido 1, S12 Río Pulido 2, S13 Río Ramadillas, S14 Río Pulido 3, S15 Río Pulido 4, S16 Río Pircas Coloradas 1, S17 Río Pircas Coloradas 2, S18 Vega en Río Pircas Coloradas, S19 Vega en Río Cachitos, S20 Unión ríos de la Gallina y Pircas Negras, S21 Río Turbio 1, S22 Río Turbio 2, S23 Vega en Río Figueroa, S24 Caspiche, S25 Sector Mina Refugio, S26 Quebrada las Guanacas, S27 Sector Mina La Coipa, S28 Quebrada San Andrés 1, S29 Quebrada San Andrés 2, S30 Sector La Pepa.

Como se aprecia en la Figura 4, no existe una tendencia clara en la proporción de la riqueza de especies con el tamaño del humedal. Los problemas en el levantamiento de información descritos anteriormente pueden resultar explicativos de la ausencia de esta proporción directa esperable entre la riqueza de especies y el tamaño del humedal (Blanco, 1999). No obstante, los humedales en zonas desérticas son unidades ecosistémicas discretas en el espacio donde la riqueza de especies puede ser reflejo de otros aspectos particulares como la diversidad de hábitats, de la situación geográfica particular (por ejemplo un estuario) y la posición relativa a otros humedales (por ejemplo humedales dentro de las rutas migratorias de aves). En un sentido similar apunta la revisión realizada por Urbina-Cardona y Reynoso (2005): “los valores de riqueza observada y en general de cualquier índice de diversidad, son una función de factores tales como la unidad de muestreo (tipo de técnica utilizada, el tamaño del área de muestreo y el número de replicas y repeticiones realizadas), la distribución espacial de las poblaciones objetivo y la heterogeneidad del hábitat.”

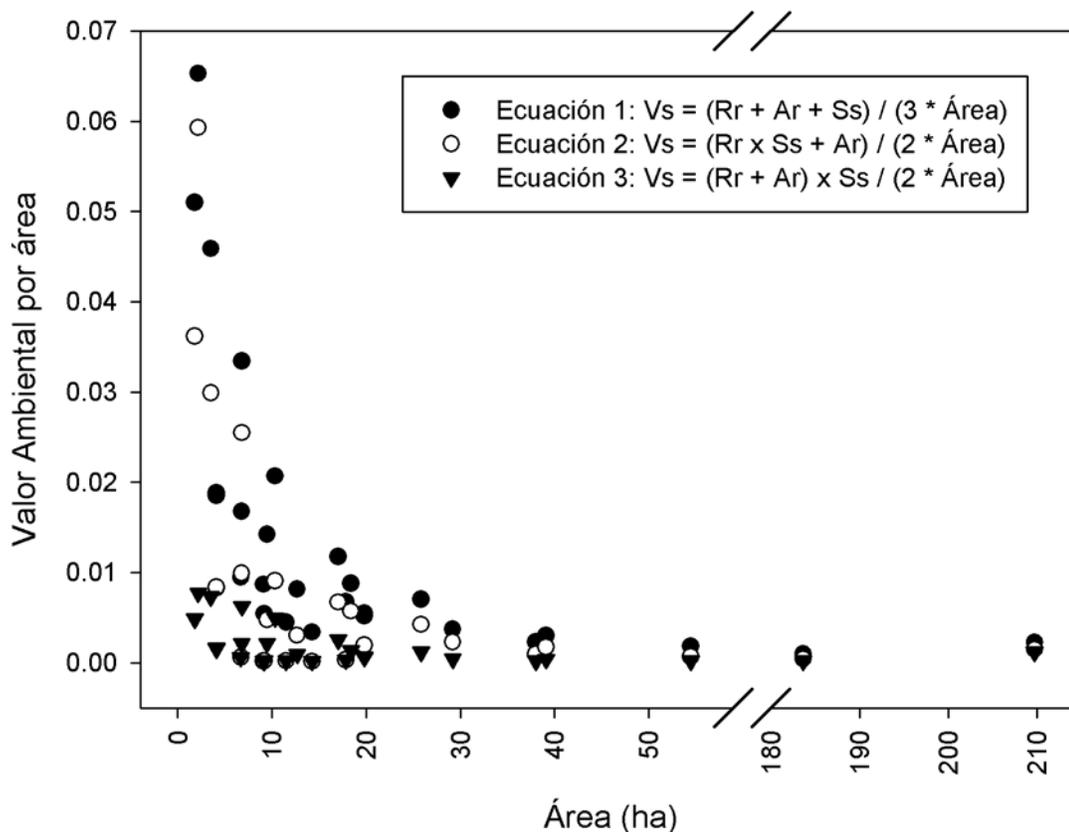


*S/I: Sitios sin información del área.

Figura 4. Relación entre el área de los sitios y la riqueza de especies en cada sitio de estudio.

Al evaluar las ecuaciones de valoración por tamaño del sitio, los resultados sí muestran una dependencia estrecha entre el área y el valor ambiental. A medida que aumenta el área es posible observar que disminuye considerablemente el Valor Ambiental del sitio (ver Figura

5), lo cual resulta esperable dada las consideraciones vistas en el párrafo anterior. No se consideró el tamaño del sitio en la valoración final.



* S/I: Sitios sin información del área.

Figura 5. Respuesta del Valor Ambiental del los sitios de estudio evaluados por área al aumento del área.

El tamaño de un humedal se relaciona de manera directamente proporcional con la biomasa capaz de albergar (Blanco, 1999), por lo cual una medición de biodiversidad que pretenda estandarizarse por unidad de superficie debiese contemplar la abundancia de la fauna.

Presión Antrópica

La carta del Índice de Influencia Humana generada para la cuenca del Río Copiapó varió entre los valores 0 y 46 (ver Figura 6). Gráficamente es posible apreciar que dentro de la cuenca existen dos centros con alta influencia humana. El primero, en la zona medio-baja de la cuenca, representa el sector más densamente poblado en donde se ubica la ciudad de

Copiapó, además allí existen otros centros poblados y algunos usos humanos intensivos (industrias, mineras, plantaciones agrícolas, entre otros). El segundo, ubicado en la zona noreste de la cuenca, representa un sector con alta actividad minera.

El Índice de Influencia Humana proviene de un estudio a nivel planetario, por lo cual resultaría factible aumentar la resolución espacial de la carta de este índice en estudios posteriores. También, dada la gran cantidad de proyectos mineros recientemente aprobados y en calificación dentro de la Región de Atacama (SEA, s/a), es necesario actualizar este índice en estudios posteriores ya que, en algunos sectores, resulta esperable un aumento considerable de éste.

Del total de sitios evaluados seis quedan categorizados en nivel de alta Presión Antrópica, dieciséis en media y ocho en baja (ver Cuadro 5). Cabe destacar que la Presión Antrópica es un indicador que clasifica sitios en una zona geográfica delimitada dando mayor relevancia a aquellos sitios con más intervenciones humanas reales y potenciales. Este indicador busca medir las zonas con mayor riesgo y no las de gran naturalidad o zonas prístinas.

Los sitios muestreados, en mayor o menor medida, ya se encuentran bajo algún grado de Presión Antrópica debido a las distintas facilidades de acceso. Es probable que existan sitios remotos con mayor valor en cuanto a la fauna vertebrada y que justamente por esta condición de aislamiento no resultaría urgente tomar medidas de conservación según las consideraciones hechas por este estudio. No obstante, estos sitios remotos pueden estar siendo afectados por otros tipos de impactos como el sobrepastoreo, la caza y el consumo de huevos por parte de pobladores de zonas aledañas (Malvárez, 1999), la alteración del flujo de los ríos y la recolección de leña (Dinerstein *et al.*, 1995). Otra limitación de este estudio es que no se considera el hecho de que los humedales que se encuentran en la zona baja de la cuenca se podrían ver directamente afectados en caso de contaminación de las aguas o brotes epidemiológicos que se originen en los humedales aguas arriba, riesgo que disminuye en las zonas altas de la cuenca.

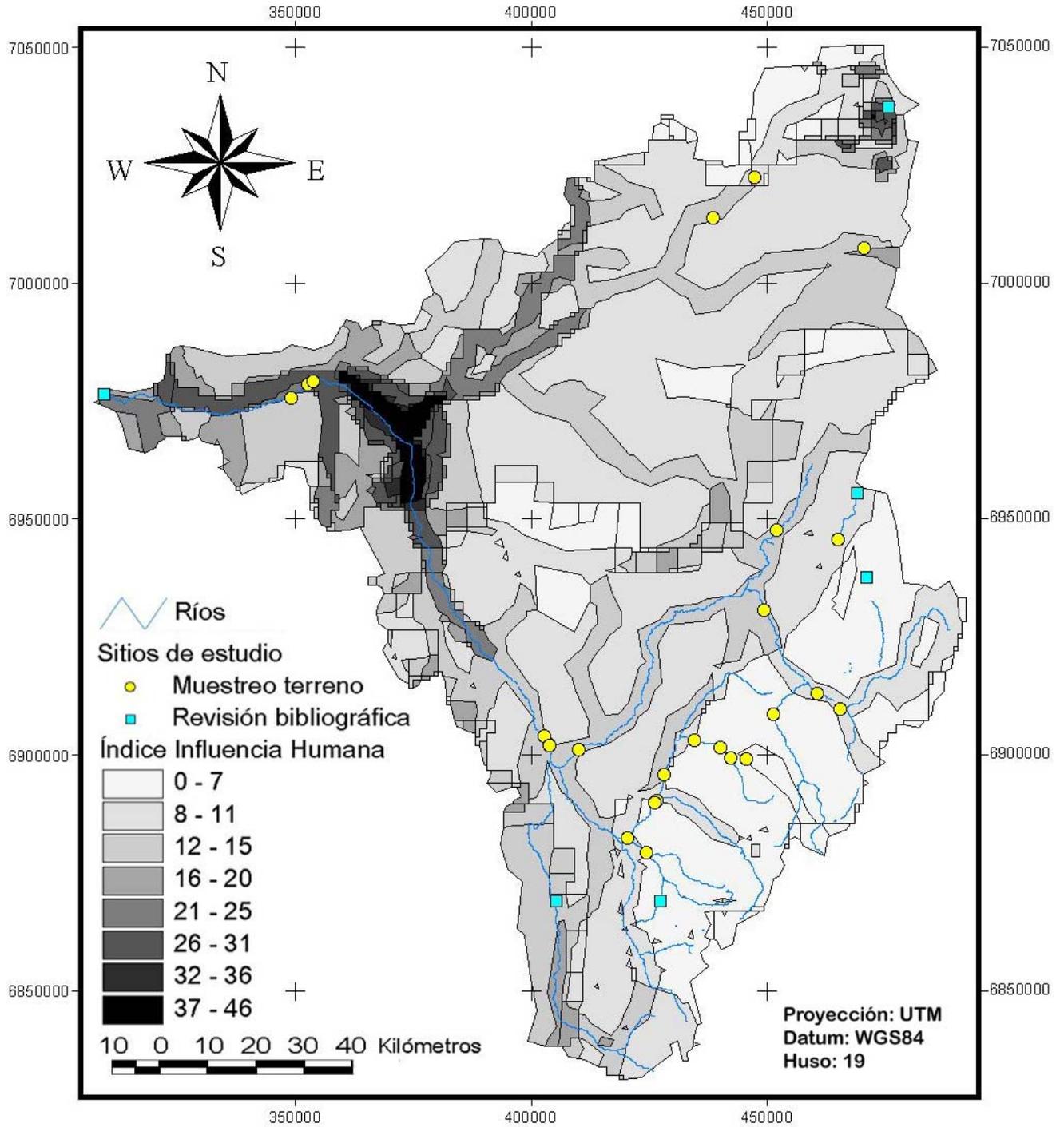


Figura 6. Índice de Influencia Humana en la Cuenca del Río Copiapó, basado en WCS y CIESIN (2005).

Cuadro 5. Presión Antrópica estimada en base a la Huella Humana en los sitios de estudio en la cuenca del Río Copiapó.

N°ID Sitio	Sitio	Huella Humana	Presión Antrópica*
S2	Piedra Colgada 1	40	Alta
S3	Piedra Colgada 2	40	Alta
S27	Sector Mina La Coipa	38	Alta
S4	Serranía Poblete	34	Alta
S30	Sector La Pepa	30	Alta
S1	Estuario	28	Alta
S7	Río Manflas	23	Media
S22	Río Turbio 2	21	Media
S23	Vega en Río Figueroa	21	Media
S28	Quebrada San Andrés 1	21	Media
S5	Tranque Lautaro	20	Media
S6	Unión ríos Manflas y Copiapó	20	Media
S8	Río Jorquera	20	Media
S14	Río Pulido 3	20	Media
S29	Quebrada San Andrés 2	17	Media
S20	Unión ríos de la Gallina y Pircas Negras	15	Media
S21	Río Turbio 1	15	Media
S25	Mina Refugio	15	Media
S26	Quebrada las Guanacas	15	Media
S10	Río El Potro	14	Media
S11	Río Pulido 1	14	Media
S13	Río Ramadillas	14	Media
S9	Río Montosa	8	Baja
S15	Río Pulido 4	8	Baja
S16	Río Pircas Coloradas 1	8	Baja
S17	Río Pircas Coloradas 2	8	Baja
S19	Vega en Río Cachitos	8	Baja
S24	Caspiche	8	Baja
S12	Río Pulido 2	7	Baja
S18	Vega en Pircas Coloradas	1	Baja

* Presión Antrópica: $1 \leq \text{Baja} < 14$; $14 \leq \text{Media} < 27$; $27 \leq \text{Alta} \leq 40$.

La Huella Humana en todos los sitios de muestreo evaluada por unidad de superficie posee un valor promedio de 21,4, bastante cercano al promedio de todos los píxeles de la cuenca (17,7). El valor más alto de la Huella Humana es 71 y corresponde al sector en que se ubica la ciudad de Copiapó, mientras que para los sitios de muestreo este valor máximo es 40 y corresponde al sector de Piedra Colgada. En la zona noreste de la cuenca se encuentra el sitio Sector Mina La Coipa (40) el cual se ubica cercano a otro de los centros de alto valor de la Huella Humana (66) producto de la actividad minera, como se mencionó anteriormente. Existen dos zonas cordilleranas donde el valor de la Huella Humana es nulo, ubicadas en el este de la subcuenca del Río Pulido y en el sureste de la subcuenca del Río Jorquera.

Relevancia Ambiental

Al ponderar el Valor Ambiental con la Presión Antrópica se obtuvo una clasificación bastante similar entre las tres ecuaciones, ya que del total 22 (73,3%) de los sitios quedan exactamente en el mismo nivel de Relevancia Ambiental. Entre las ecuaciones 1 y 2 tan sólo cuatro sitios quedan clasificados en distinto nivel (ver Cuadro 6), mientras que los otros 26 sitios quedan en el mismo nivel. Por su parte, entre las ecuaciones 1 y 3 quedan 5 sitios clasificados en diferente nivel y entre las ecuaciones 2 y 3 quedan 7 sitios en distinto nivel de Relevancia Ambiental.

Existen otras maneras alternativas de establecer los tres niveles cualitativos del Valor Ambiental y de la Presión Antrópica como, por ejemplo, dividir el ranking de los sitios en cuantiles predeterminados, lo cual anularía la distribución del valor de los sitios en cada cuenca particular, al no considerar el valor proporcional entre los distintos sitios. También se podría establecer niveles a partir de la desviación estándar, lo cual correspondería a otra manera razonable de separar los sitios que destacan del total de la muestra³.

Las ecuaciones 1, 2 y 3 asignan 3, 2 y 1 sitios en Relevancia Ambiental alta, respectivamente. El único sitio que queda en Relevancia Ambiental alta indistintamente de las ecuaciones utilizadas fue S1 (Estuario). Esto pone de manifiesto que en la selección de sitios por medio de atributos comunitarios la elección de distintos algoritmos matemáticos puede ser determinante en la asignación de niveles de importancia. Resulta necesario establecer prioridades en los atributos que se considerarán, ya que, si bien las operaciones matemáticas pueden transformarse en una herramienta de medición exacta, la combinación de estos atributos no representa un comportamiento descriptivo de un fenómeno natural o biológico. Debe representar justamente el criterio utilizado por del investigador en el diseño de los indicadores y métodos de medición.

Dadas las limitaciones que se presentan al valorar la complejidad del fenómeno biológico resulta razonable la elección de algoritmos parsimoniosos⁴, que en este caso sería la simple agregación a través de una sumatoria de factores (representada por la Ecuación 1).

Si consideramos que la Estrategia Nacional de Biodiversidad (CONAMA, 2003) y el Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD, 2004) establecen la protección de al menos el 10% de la superficie de los ecosistemas relevantes, respectivamente, entonces la Ecuación 1, al asignar 3 sitios (equivalentes al 10% del total), sería la que mejor se acomoda a este objetivo de conservación⁵.

³ Pedro Cattán, Dr. en Ciencias, Universidad de Chile, 2011 “Comunicación personal”.

⁴ Gabriel Lobos, Dr. en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Universidad de Chile, 2011 “Comunicación personal”.

⁵ Jorge Pérez, Ph.D. en Ecología, Universidad de Chile, 2011 “Comunicación personal”.

La Ecuación 1, que corresponde a la de mayor parsimonia, clasifica 3 sitios en Relevancia Ambiental alta. Estos sitios coinciden con los clasificados en Relevancia Ambiental alta si se consideran las tres ecuaciones propuestas (ver Cuadro 6):

- El Estuario (S1) registró el mayor valor de sitio y posee Presión Antrópica alta, por lo cual se considera un sitio de alta Relevancia Ambiental. Resulta notable que en un solo sitio se encuentre representada la mitad de la fauna vertebrada y más de la mitad de todas las especies de aves registradas en la cuenca (ver Apéndice IV). Este sitio ya se encuentra bajo protección oficial dado que forma parte del Área Marina y Costera Protegida “Punta Morro-desembocadura Río Copiapó” (Gobierno de Chile, 2005a).
- El sitio Piedra Colgada 1 (S2) corresponde a una formación vegetal compuesta principalmente por chañares (*Geoffroea decorticans*) y sectores con totorales (*Typha angustifolia*) donde se evidencia presencia de agua en el pasado lo que sugiere índices de biodiversidad históricos mayores a los actuales. Fue posible corroborar con los lugareños la presencia pasada de agua y de especies asociadas (Anseriformes y Gruiformes). Este sitio registró el mayor nivel de Huella Humana entre todos los sitios evaluados, esto resulta comprensible ya que se encuentra ubicado dentro de un sector con poblados y tierras usadas para la agricultura. Es esperable que medidas de protección, como la fiscalización de la prohibición de caza o el establecimiento de algún tipo de área protegida oficial, en conjunto con la restauración de la vegetación acuática a través del reestablecimiento del caudal del Río Copiapó en, al menos, el caudal ecológico mínimo, posibiliten una comunidad de fauna vertebrada estable y más diversa.
- El sitio Río Manflas (S7), si bien se encuentra en un sector con Presión Antrópica media, es el segundo sitio con mayor Valor Ambiental. Este sitio se encuentra cercano al Sitio Prioritario de Interés: Las juntas del Río Copiapó (Muñoz *et al.*, 1996), lo cual denota un reconocimiento previo de la importancia de los atributos de la biodiversidad allí presente. No obstante cabe resaltar que la condición de sitio prioritario sólo denota una proposición de intenciones y no corresponde a una medida de conservación efectiva. Otro aspecto destacable es que posee el 100% de los anfibios y más de la mitad de los mamíferos encontrados en la cuenca (ver Apéndice IV). Se recomienda la protección por medio del establecimiento de algún tipo de área protegida de carácter oficial.

Los sitios que no quedaron clasificados en Relevancia Ambiental alta poseen una menor prioridad para la toma de medidas de conservación respectivas, no obstante, considerando el aumento esperable del Índice de Influencia Humana, se recomienda reevaluar el nivel de Relevancia Ambiental de éstos. Además, es esperable que gran parte de las especies presentes en los sitios evaluados formen parte de dinámicas poblacionales dentro o fuera de la cuenca. En este sentido, los sitios clasificados con menor nivel de Relevancia Ambiental, según las consideraciones hechas por este estudio, junto con otros sitios no evaluados,

posiblemente también deban considerarse si se desea que las especies presentes en la cuenca perduren en el tiempo. Es por esto que se recomienda la inclusión de nuevos criterios en la valoración de sitios, como los lugares de reproducción de las especies, y, en la medida de lo posible, se deben incorporar otros criterios que consideren la naturaleza de las poblaciones de estos organismos vivos, como los propuestos por Pulliam (1988) y van Horne (1983), aumentando la precisión en la elección de sitios para la conservación.

Cuadro 6. Relevancia Ambiental de los sitios de estudio estimada con las tres ecuaciones de valoración ambiental propuestas, cuenca del Río Copiapó, Región de Atacama.

N° ID Sitio	Sitio	Relevancia Ambiental		
		Ecuación 1	Ecuación 2	Ecuación 3
S1	Estuario	Alta	Alta	Alta
S2	Piedra Colgada 1	Alta	Media	Media
S3	Piedra Colgada 2	Media	Media	Media
S4	Serranía Poblete	Media	Media	Media
S5	Tranque Lautaro	Baja	Baja	Baja
S6	Unión ríos Manflas y Copiapó	Baja	Baja	Baja
S7	Río Manflas	Alta	Alta	Media
S8	Río Jorquera	Baja	Baja	Baja
S9	Río Montosa	Media	Media	Baja
S10	Río El Potro	Baja	Baja	Baja
S11	Río Pulido 1	Baja	Baja	Baja
S12	Río Pulido 2	Baja	Baja	Baja
S13	Río Ramadillas	Baja	Baja	Baja
S14	Río Pulido 3	Baja	Baja	Baja
S15	Río Pulido 4	Baja	Baja	Baja
S16	Río Pircas Coloradas 1	Baja	Baja	Baja
S17	Río Pircas Coloradas 2	Baja	Baja	Baja
S18	Vega en Río Pircas Coloradas	Baja	Baja	Baja
S19	Vega en Río Cachitos	Baja	Baja	Baja
S20	Unión ríos de la Gallina y Pircas Negras	Baja	Baja	Baja
S21	Río Turbio 1	Baja	Media	Baja
S22	Río Turbio 2	Baja	Baja	Baja
S23	Vega en Río Figueroa	Media	Media	Baja
S24	Caspiche	Baja	Baja	Baja
S25	Sector Mina Refugio	Baja	Media	Baja
S26	Quebrada las Guanacas	Baja	Media	Baja
S27	Sector Mina La Coipa	Media	Media	Media
S28	Quebrada San Andrés 1	Baja	Baja	Baja
S29	Quebrada San Andrés 2	Baja	Baja	Baja
S30	Sector La Pepa	Media	Media	Baja

* Para facilitar las comparaciones entre las tres ecuaciones de valoración ambiental propuestas se sombrearon con gris oscuro y gris claro las celdas que representan a los sitios de relevancia ambiental alta y media, respectivamente.

CONCLUSIONES

Los humedales estudiados en la cuenca del Río Copiapó poseen diferencias considerables en la fauna que albergan y en las características de ésta, lo cual permite realizar valoraciones comparativas. Las distintas agregaciones de los atributos comunitarios considerados resultan en ordenaciones jerárquicas similares entre los sitios, sin embargo, al establecer niveles cualitativos de Valor Ambiental se pueden generar diferencias sustanciales entre los distintos niveles de relevancia.

La disposición actual de capas de información, que representan de manera espacializada los usos humanos del territorio, permiten la incorporación de características cualitativas (visibles en terreno) como una medida cuantitativa de la influencia humana sobre los ecosistemas. De esta manera se abre una puerta ancha al factor humano que permite la inclusión de múltiples nuevos aspectos cuantificables de la presión que ejercemos sobre los ambientes naturales.

El Estuario del Río Copiapó posee el mayor valor de sitio indistintamente para todas las ecuaciones de valoración ocupadas. Este sitio ya ha sido considerado un lugar de importancia para la conservación de la naturaleza y forma parte de un área protegida oficial. A éste se agregan dos sitios más (Piedra Colgada 1 y Río Manflas) que son clasificados con Relevancia Ambiental alta. Piedra Colgada se encuentra ubicado en una zona de alta Presión Antrópica y en terreno fue posible evidenciar su deterioro, por lo cual se recomiendan medidas de restauración y protección. Por su parte el sector de Río Manflas presenta cualidades destacadas en la composición de la fauna que alberga y se encuentra próximo a un sitio declarado prioritario para la conservación por las autoridades, por lo que se recomienda la adopción de alguna forma de protección oficial.

Una debilidad notoria de los métodos de valoración de sitios a través de mediciones de fauna está dada por los sesgos y las dificultades en el levantamiento de información. Mediciones adecuadas requieren necesariamente de mayor resolución temporal, lo cual incrementaría sustancialmente los costos operacionales. Además, la imposibilidad práctica de homogenizar los esfuerzos de muestreo, constituyen una importante fuente de imprecisiones. Si bien es posible incluir sitios a partir de un levantamiento bibliográfico, esto aumenta las fuentes de error y dificulta aún más el análisis.

Los métodos de valoración de sitios basados en la presencia o ausencia, no consideran la dinámica poblacional y la calidad del hábitat para las especies presentes. Esto es una debilidad notoria, ya que las medidas de conservación basadas en estos métodos pueden omitir aspectos fundamentales para la supervivencia de las especies, como lo es la conservación de los sitios en donde se reproducen éstas.

Previo a la toma de decisiones que involucre medidas de conservación o intervención de los humedales de la cuenca del Río Copiapó, se recomienda considerar criterios de Relevancia Ambiental que, en la medida de lo posible, aumenten la resolución temporal e incluyan abundancia de las especies presentes y la calidad del hábitat para éstas. Dado el aumento de actividades humanas en la cuenca y, por consiguiente, el aumento de la Presión Antrópica, resulta esperable que estudios posteriores clasifiquen en Relevancia Ambiental alta a aquellos sitios que presentan Valor Ambiental alto y que en este estudio sólo quedaron clasificados en Relevancia Ambiental media, dado que la medición del Índice de Influencia Humana fue hecha hace aproximadamente una década cuando la Presión Antrópica era baja en estos sitios.

Al intentar dar Valor Ambiental a un sitio es necesario tener claridad sobre cuales son los aspectos que se están o se desean priorizar. Para esto resulta conveniente establecer objetivos de conservación tales como: superficies o porcentajes del ecosistema a conservar; sitios en los cuales exista una alta representación del ecosistema o de una zona geográfica, ya sea por la composición específica de especies, de alguna taxa en particular u otros; sitios con especies singulares; sitios que alberguen especies amenazadas; etc.

La valoración de sitios para la conservación por medio de los atributos comunitarios de la fauna vertebrada y de los usos humanos del territorio, permite una jerarquización que conceptualmente considera la importancia y la urgencia de su conservación. No obstante, los métodos de valoración están sujetos a supuestos y ocupan criterios que, aunque no siempre resultan evidentes, muchas veces se vislumbran al momento de operar. Resulta inevitable que el criterio esté dado por un observador y, probablemente, el nivel de exactitud dependerá del grado de experticia que se posee en relación a una visión más aceptada. Sin embargo, existiendo claridad sobre los principios y el comportamiento de los métodos utilizados, es posible obtener clasificaciones comparativas que cumplan con objetivos de conservación propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- Araya, B. y G. Millie. 1988. Guía de campo de las Aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 389 pp.
- Arratia, G. 1981. Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Publicación Ocasional N° 34, Museo Nacional de Historia Natural, Chile. 108 p.
- Benites, J., D. Saintraint y K. Morimoto. 1994. Degradación de tierras y producción agrícola en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay, p. 83-116 Erosión de suelos en América Latina. FAO, Santiago, Chile.
- Blanco, D. 1999. Los Humedales como hábitat de aves acuáticas, pp. 215 – 224 *In*: Malvérez, A. Tópicos sobre Humedales Subtropicales y Templados de Sudamérica. UNESCO, Montevideo, Uruguay. 229 pp.
- Bruner, A.G., R.E. Gullison, R.E. Rice and G.A.B. da Fonseca. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291, 125–128.
- Campos, H. 1986. Mamíferos Terrestres de Chile. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile. 248 pp.
- Campos, H, G. Dazarola, B. Dyer, L. Fuentes, J. Gavilan, L. Huaquin, G. Martinez, R. Melendez, G. Pequeño, F. Ponce, V. Ruiz, W. Sielfeld, D. Soto, R. Vega & I. Vila. 1998. Categorías de conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 47: 101-122.
- Cei, J.M. 1962. Batracios de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 128 pp.
- CONAMA. 2003. Estrategia Nacional de Biodiversidad. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 21 pp.
- CBD. 2004. 2010 biodiversity target. Convention on Biological Diversity. Disponible en: <http://www.biodiv.org/doc/decisions/COP-07-dec-en.pdf> . Leído el 20 de agosto del 2009.
- DGA. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Copiapó. Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile. Realizado por Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. 122 pp.
- Díaz, N. 1984. Sapos y ranas, las 35 especies chilenas. *Naturaleza*, Chile. 3:8-13.

Díaz-Páez, H. y J.C. Ortiz. 2003. Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 509-525.

Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder y G. Ledec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. World Bank, Washington, D.C.

DMC. s/a. Climas de Chile, Región de Atacama. Dirección Meteorológica de Chile. Disponible en: http://www.meteochile.cl/climas/climas_tercera_region.html . Leído el 02 de diciembre del 2008

Donoso-Barros, R. 1966. Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile. Santiago. 458 pp.

Donoso-Barros, R. 1970. Catálogo Herpetológico Chileno. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*. 31: 49-124.

Dugan, P. (Ed). 1992. Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y 7 acciones necesarias. UICN, Suiza. 100 pp.

Egli, G. 2006. Voces de Aves Chilenas (grabación). Segunda edición, Unión de Ornitólogos de Chile, Santiago. 1 CD (68 min.), estéreo + guía de identificación.

Environmental & Science Ltda. 2008. Explotación Minera Proyecto Purén. Programa de seguimiento ambiental para flora y fauna. Disponible en: http://seia.sea.gob.cl/externos/fiscalizacion/archivos/digital__idExp6305_idFis12080.pdf Leído el 26 de enero del 2010.

Gaymer, C., U. Rojas, F. Squeo, G. Luna-Jorquera, A. Cortés, G. Arancio, C. Dumont, M. Cortéz, D. Hiriart y D. López. 2008. AMCP-MU Isla Grande de Atacama: Flora y Fauna Marina y Terrestre, 12: 223 – 249, *In*: Squeo F., G. Arancio y J. Gutiérrez (Eds), Libro Rojo de la Flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, Chile. 456 pp.

Gobierno de Chile. 2005a. Declara Área Marina y Costera Protegida “Punta Morro-desembocadura Río Copiapó” un sector de la III Región de Atacama entre Punta Morro y la desembocadura del Río Copiapó y terrenos de playa fiscales de la Isla Chata Chica e Isla Grande. Ministerio de Defensa Nacional y Subsecretaría de Marina. *Diario Oficial de la Republica de Chile*, Santiago, 12 de Septiembre de 2005. 5 pp.

Gobierno de Chile. 2005b. Reglamento para la clasificación de las especies silvestres. *Diario Oficial de la Republica de Chile*, Santiago, 11 de Mayo de 2005. 7 pp.

Gobierno de Chile. 2011. Proyecto de ley: Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Silvestres Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas. Diario Oficial de la Republica de Chile, Santiago, 26 de Enero de 2011. 63 pp.

Habit, E., B. Dyer & I. Vila. 2006. Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70(1): 100-113.

Iriarte, A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España, 420 pp.

IUCN. 1993. Parks for life: report of the IV world congress on national parks and protected areas. IUCN The World Conservation Union in collaboration with WWF World Wide Fund for Nature. Gland, Switzerland. 252 pp.

Jaramillo, A., D. Burke y D. Beadle. 2005. Aves de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España, 240 pp.

Johnson, A.W. 1965,1967. The Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Vol. 1 y 2. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 447 pp.

Johnson, A.W. 1972. Supplement to the Birds of Chile and adjacent regions of Argentina, Bolivia and Peru. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 116 pp.

WCS y CIESIN. 2005. Last of the Wild. Wildlife Conservation and Center for International Earth Science Information Network. Disponible en: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/wildareas/downloads.jsp> . Leído el 26 de julio del 2011.

Lobos, G., P.E. Cattán y M. Lopez. 1999. Antecedentes de la ecología trófica del sapo africano *Xenopus laevis* en la zona central de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*. 48: 7-18.

Luebert, F. y P. Plischoff. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile, Editorial Universitaria, Santiago, 316 pp.

Malvárez, A. (Ed). 1999. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. UNESCO, Montevideo, Uruguay. 229 pp.

Mann, G. 1978. Los pequeños Mamíferos de Chile. *Gayana, Zoología*. 40: 1-342.

Margules, C.R. and R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243–253.

Martínez, D. y G. González. 2004. Las Aves de Chile. La Nueva Guía de Campo. Ediciones del Naturalista, 620 pp.

Miller, S.D. y J. Rottmann. 1976. Guía para el reconocimiento de Mamíferos Chilenos. Editorial Gabriela Mistral, Santiago.

Ministerio de Medio Ambiente. 2011. Inventario de especies silvestres. Disponible en: <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx>. Gobierno de Chile. Leído el 7 de abril de 2011.

Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 1986. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York. 539 pp.

Möller, P. y A. Muñoz. 1998. Humedales y educación ambiental. Guía practica para padres profesores y monitores. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. 99 pp.

Muñoz, M., H. Nuñez y J. Yañez (Eds). 1996. Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad Biológica en Chile. Ministerio de Agricultura, Santiago. 203 pp.

Muñoz, A. y J. Yañez (Eds). 2000. Mamíferos de Chile. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEA), Valdivia, Chile. viii + 464 pp.

Nuñez, H. y F. Jaksic. 1992. Lista comentada de los Reptiles Terrestres de Chile Continental. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile. 43: 63-91.

Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, and K.R. Kassem. 2004. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* 51:933-938.

Philippi, R.A. 1964. Catálogo de las Aves Chilenas con su distribución geográfica. *Investigaciones zoológicas Chilenas*. 11: 1-79.

Pulliam, H. R. 1988. Sources, Sinks and Population Regulation. *The American Naturalist*. 132(5): 652-661.

Ramírez de Arellano, P., M. Tognelli, C. Garin y P. Marquet. 2008. Vacíos de Conservación y Sitios Prioritarios para la Conservación de los Vertebrados Nativos de la Región de Atacama. 13: 251 – 266, *In*: Squeo F., G. Arancio y J. Gutiérrez (Eds), Libro Rojo de la Flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama, ediciones Universidad de La Serena, Chile. 456 pp.

Rottmann, J. 1995. Guía de identificación de Aves de ambientes acuáticos. UNORCH, Chile. 80 pp.

Ruiz, V. y M. Marchant. 2004. Ictiofauna de aguas continentales chilenas. Universidad de Concepción. Chile. 356 pp.

SAG. 2003. Cartilla de Caza. Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de los Recursos Naturales Renovables. 56 pp.

Sánchez-Azofeifa, G.A., G.C. Daily, A.S.P. Pfaff and C. Busch. 2003. Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biological Conservation*. 109: 123–135.

Sanderson, E.W., M. Jaiteh, M.A. Levy, K.N. Redford, A.V. Wannebo and G. Woolmer. 2002. The human footprint and the last of the wild. *Bioscience*. 52: 891-904.

SEA. s/a. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Servicio de Evaluación Ambiental. Disponible en: <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php> . Leído el 10 de enero del 2009.

Secretaría de la Convención de RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de RAMSAR: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

SGA consultores. 2008. Estudio de Vertebrados Terrestres Proyecto Ampliación Caspiche Central Región de Atacama. Disponible en: http://seia.sea.gob.cl/archivos/Anexo_4__GLV_fauna_caspiche_2_20080712.pdf . Leído el 10 de enero del 2010.

Squeo, F., L. Letelier, R. Estévez, L. Caviaras, D. Mico y G. Arancio. 2008. Definición de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Flora Nativa de la Región de Atacama. 8: 137 – 163, *In*: Squeo F. G. Arancio y J. Gutiérrez (Eds), Libro Rojo de la Flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, Chile. 456 pp.

Tognelli, M., P. Ramirez de Arellano and P. Marquet. 2008. How well do the existing and proposed reserve networks represent vertebrate species in Chile?. *Diversity and Distributions*. 14: 148-158.

Urbina-Cardona, J. y V. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México 191-207. *In*: Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (Eds.) Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. Editorial Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España. 242 pp.

van Horne, B. 1983. Density as a Misleading Indicator of Habitat Quality. *The journal of Wildlife Management*. 47 (4): 893-901.

Veloso, A. y J. Navarro. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de Anfibios y Reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino. 6: 481-539.

Vidal M. y A. Labra (Eds). 2008. Herpetología de Chile. GraficAndes, Santiago. 593 pp.

Vila I., L. Fuentes y M. Contreras. 1999. Peces límnicos de Chile. Boletín del Museo de Historia Natural, Chile, 48: 61- 75.

APÉNDICES

Apéndice I. Sitios de muestreo

Cuadro. Sitios de muestreo de vertebrados en la cuenca del Río Copiapó.

N° ID Sitio	Sitio	Coordenadas (UTM 19S, WGS 84)			Área Estimada (ha) **
		Oeste	Norte	Altitud	
S1*	Estuario	310001	6976604	9	209,7
S2	Piedra Colgada 1	353894	6979282	265	10,3
S3	Piedra Colgada 2	352786	6978514	253	19,8
S4	Serranía Poblete	349104	6975677	233	9,5
S5	Tranque Lautaro	402709	6904097	748	183,7
S6	Unión ríos Manflas y Copiapó	403946	6901921	1161	39,1
S7*	Río Manflas	405083	6868962	2890	S/I
S8	Río Jorquera	409933	6901230	1325	11,5
S9*	Río Montosa	427305	6868848	2800	S/I
S10	Río El Potro	424384	6879332	2014	19,8
S11	Río Pulido 1	420438	6882338	2013	12,7
S12	Río Pulido 2	426249	6889941	2095	14,2
S13	Río Ramadillas	426618	6890214	2092	9,2
S14	Río Pulido 3	428157	6895891	2353	17,9
S15	Río Pulido 4	434487	6903023	2778	6,7
S16	Río Pircas Coloradas 1	440111	6901588	2999	4,1
S17	Río Pircas Coloradas 2	442304	6899444	2971	4,1
S18	Vega en Río Pircas Coloradas	445457	6899132	3700	6,8
S19	Vega en Río Cachitos	451259	6908684	3278	17,0
S20	Unión ríos de la Gallina y Pircas Negras	465366	6909647	3289	54,5
S21	Río Turbio 1	460512	6913042	3159	2,2
S22	Río Turbio 2	449300	6930640	2814	1,8
S23	Vega en Río Figueroa	451928	6947724	2904	6,8
S24*	Caspiche	471030	6937429	4300	18,4
S25*	Sector Mina Refugio	469050	6955485	3900	25,8
S26	Quebrada las Guanacas	465004	6945674	3586	3,5
S27*	Sector Mina La Coipa	475585	7037305	4180	S/I
S28	Quebrada San Andrés 1	438469	7013830	2398	38,0
S29	Quebrada San Andrés 2	447357	7022428	2668	9,1
S30	Sector La Pepa	470496	7007483	3327	29,2

* Sitios obtenidos a partir de la revisión bibliográfica.

** El área fue estimada por medio del software Google Earth Pro.

*** S/I: sitios sin información de área.

Apéndice II. Listado de especies

Cuadro. Especies encontradas en los distintos sitios de estudio de la cuenca del Río Copiapó.

ORDEN	FAMILIA	Nombre común	Nombre científico
MAMÍFEROS			
DIDELPHIMORPHIA	Didelphidae	Llaca o Marmosa	<i>Thylamys elegans</i>
CARNIVORA	Felidae	Puma	<i>Puma concolor</i>
CARNIVORA	Canidae	Zorro rojo o Culpeo	<i>Pseudalopex culpaeus</i>
CARNIVORA	Canidae	Zorro chilla o gris	<i>Pseudalopex griseus</i>
ARTIODACTYLA	Camelidae	Guanaco	<i>Lama guanicoe</i>
RODENTIA	Ctenomidae	Tuco-tuco de Atacama	<i>Ctenomys fulvus</i>
RODENTIA	Chinchillidae	Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>
RODENTIA	Abrocomidae	Ratón chinchilla común	<i>Abrocoma bennetti</i>
RODENTIA	Cricetidae	Ratoncito andino	<i>Abrothrix andinus</i>
RODENTIA	Cricetidae	Ratón oliváceo	<i>Abrothrix olivaceus</i>
RODENTIA	Cricetidae	Ratón orejudo de Darwin	<i>Phyllotis darwini</i>
RODENTIA	Cricetidae	Ratón orejudo amarillo	<i>Phyllotis xanthopygus</i>
RODENTIA	Cricetidae	Ratón de cola larga	<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>
AVES			
PELECANIFORMES	Phalacrocoracidae	Yeco	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>
CICONIFORMES	Ardeidae	Garza grande	<i>Ardea alba</i>
CICONIFORMES	Ardeidae	Garza chica	<i>Egretta thula</i>
CICONIFORMES	Ardeidae	Huairavo	<i>Nycticorax nycticorax</i>
CICONIFORMES	Threskiornithidae	Bandurria	<i>Theristicus melanopis</i>
CICONIFORMES	Cathartidae	Cóndor	<i>Vultur gryphus</i>
CICONIFORMES	Cathartidae	Jote de cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>
CICONIFORMES	Cathartidae	Jote de cabeza colorada	<i>Cathartes aura</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Piuquén	<i>Chloephaga melanoptera</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato gargantillo	<i>Anas bahamensis</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato jergón chico	<i>Anas flavirostris</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato jergón grande	<i>Anas georgica</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato colorado	<i>Anas cyanoptera</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato real	<i>Anas sibilatrix</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato juarjual	<i>Lophonetta specularioides</i>
ANSERIFORMES	Anatidae	Pato cortacorrientes	<i>Merganetta armata</i>
FALCONIFORMES	Accipitridae	Vari	<i>Circus cinereus</i>
FALCONIFORMES	Accipitridae	Aguila	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>
FALCONIFORMES	Accipitridae	Aguilucho	<i>Buteo polyosoma</i>
FALCONIFORMES	Accipitridae	Peuco	<i>Parabuteo unicinctus</i>
FALCONIFORMES	Falconidae	Carancho cordillerano	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>
FALCONIFORMES	Falconidae	Traro	<i>Polyborus plancus</i>
FALCONIFORMES	Falconidae	Tiuque	<i>Milvago chimango</i>
FALCONIFORMES	Falconidae	Cernicalo	<i>Falco sparverius</i>

(continúa)

Cuadro (continuación).

ORDEN	FAMILIA	Nombre común	Nombre científico
AVES			
FALCONIFORMES	Falconidae	Halcón perdiguero	<i>Falco femoralis</i>
GRUIFORMES	Rallidae	Pidén	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>
GRUIFORMES	Rallidae	Tagüita del norte	<i>Gallinula chloropus</i>
GRUIFORMES	Rallidae	Tagua	<i>Fulica armillata</i>
GRUIFORMES	Rallidae	Tagua de frente roja	<i>Fulica rufifrons</i>
GRUIFORMES	Rallidae	Tagua chica	<i>Fulica leucoptera</i>
CHARADRIIFORMES	Charadriidae	Queltehue	<i>Vanellus chilensis</i>
CHARADRIIFORMES	Charadriidae	Chorlo nevado	<i>Charadrius alexandrinus</i>
CHARADRIIFORMES	Charadriidae	Chorlo de campo	<i>Oreopholus ruficollis</i>
CHARADRIIFORMES	Haematopodidae	Pilpilén	<i>Haematopus palliatus</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Pitotoy grande	<i>Tringa melanoleuca</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Pitotoy chico	<i>Tringa flavipes</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Zarapito	<i>Numenius phaeopus</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Playero blanco	<i>Calidris alba</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Playero de Baird	<i>Calidris bairdii</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Becacina	<i>Gallinago paraguayia</i>
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	Becacina de la puna	<i>Gallinago andina</i>
CHARADRIIFORMES	Thinocoridae	Perdicita cordillerana	<i>Attagis gayi</i>
CHARADRIIFORMES	Thinocoridae	Perdicita cojón	<i>Thinocorus orbignyianus</i>
CHARADRIIFORMES	Thinocoridae	Perdicita	<i>Thinocorus rumicivorus</i>
CHARADRIIFORMES	Laridae	Gaviota garuma	<i>Larus modestus</i>
CHARADRIIFORMES	Laridae	Gaviota dominicana	<i>Larus dominicanus</i>
CHARADRIIFORMES	Laridae	Gaviota andina	<i>Larus serranus</i>
CHARADRIIFORMES	Laridae	Gaviota de Franklin	<i>Larus pipixcan</i>
CHARADRIIFORMES	Laridae	Rayador	<i>Rynchops niger</i>
COLUMBIFORMES	Columbidae	Tortolita quiguagua	<i>Columbina cruziana</i>
COLUMBIFORMES	Columbidae	Tortolita cuyana	<i>Columbina picui</i>
COLUMBIFORMES	Columbidae	Tortolita de la puna	<i>Metriopelia ayмара</i>
COLUMBIFORMES	Columbidae	Tórtola cordillerana	<i>Metriopelia melanoptera</i>
COLUMBIFORMES	Columbidae	Tórtola	<i>Zenaida auriculata</i>
COLUMBIFORMES	Columbidae	Paloma de alas blancas	<i>Zenaida meloda</i>
STRIGIFORMES	Tytonidae	Lechuza	<i>Tyto alba</i>
STRIGIFORMES	Strigidae	Tucúquere	<i>Bubo virginianus</i>
STRIGIFORMES	Strigidae	Chuncho	<i>Glaucidium nanum</i>
STRIGIFORMES	Strigidae	Pequén	<i>Athene cunicularia</i>
STRIGIFORMES	Strigidae	Nuco	<i>Asio flammeus</i>
CAPRIMULGIFORMES	Caprimulgidae	Gallina ciega	<i>Caprimulgus longirostris</i>
APODIFORMES	Trochilidae	Picaflor cordillerano	<i>Oreotrochilus leucopleurus</i>
APODIFORMES	Trochilidae	Picaflor gigante	<i>Patagona gigas</i>
APODIFORMES	Trochilidae	Picaflor del norte	<i>Rhodopis vesper</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Minero de la puna	<i>Geositta punensis</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Minero cordillerano	<i>Geositta rufipennis</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Bandurrilla de pico recto	<i>Upucerthia ruficauda</i>

(continúa)

Cuadro (continuación).

ORDEN	FAMILIA	Nombre común	Nombre científico
AVES			
PASSERIFORMES	Furnariidae	Bandurrilla	<i>Upucerthia dumetaria</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Churrete acanelado	<i>Cinclodes fuscus</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Churrete chico	<i>Cinclodes oustaleti</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Churrete costero	<i>Cinclodes nigrofumosus</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Churrete de alas blancas	<i>Cinclodes atacamensis</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Colilarga	<i>Sylviorthorhynchus desmursii</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Tijeral	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Canastero chico	<i>Asthenes modesta</i>
PASSERIFORMES	Furnariidae	Trabajador	<i>Phleocryptes melanops</i>
PASSERIFORMES	Rhinocryptidae	Turca	<i>Pterotochos megapodius</i>
PASSERIFORMES	Rhinocryptidae	Tapaculo	<i>Scelorchilus albicollis</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Mero gaucho	<i>Agriornis montana</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Dormilona de nuca rojiza	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Dormilona fraile	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Dormilona de frente negra	<i>Muscisaxicola frontalis</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Dormilona cenicienta	<i>Muscisaxicola alpina</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Dormilona tontita	<i>Muscisaxicola macloviana</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Colegial	<i>Lessonia rufa</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Colegial del norte	<i>Lessonia oreas</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Fío-fío	<i>Elaenia albiceps</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Siete-colores	<i>Tachuris rubrigastra</i>
PASSERIFORMES	Tyrannidae	Cachudito	<i>Anairetes palurus</i>
PASSERIFORMES	Phytomidae	Rara	<i>Phytotoma rara</i>
PASSERIFORMES	Hirundinidae	Golondrina chilena	<i>Tachycineta meyeni</i>
PASSERIFORMES	Hirundinidae	Golondrina de dorso negro	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>
PASSERIFORMES	Hirundinidae	Golondrina bermeja	<i>Hirundo rustica</i>
PASSERIFORMES	Troglodytidae	Chercán	<i>Troglodytes aedon</i>
PASSERIFORMES	Troglodytidae	Chercán de las vegas	<i>Cistothorus platensis</i>
PASSERIFORMES	Muscicapidae	Zorzal	<i>Turdus flacklandii</i>
PASSERIFORMES	Mimidae	Tenca	<i>Mimus thenca</i>
PASSERIFORMES	Motacillidae	Bailarín chico	<i>Anthus correndera</i>
PASSERIFORMES	Emberizidae	Chirihue dorado	<i>Sicalis auriventris</i>
PASSERIFORMES	Emberizidae	Chirihue verdoso	<i>Sicalis olivascens</i>
PASSERIFORMES	Emberizidae	Chirihue	<i>Sicalis luteola</i>
PASSERIFORMES	Emberizidae	Chincol	<i>Zonotrichia capensis</i>
PASSERIFORMES	Icteridae	Trile	<i>Agelaius thilius</i>
PASSERIFORMES	Icteridae	Loica	<i>Sturnella loyca</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Cometocino de Gay	<i>Phrygilus gayi</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Cometocino del norte	<i>Phrygilus atriceps</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Pájaro plomo	<i>Phrygilus unicolor</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Yal	<i>Phrygilus fruticeti</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Platero	<i>Phrygilus alaudinus</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Diuca	<i>Diuca diuca</i>

(continúa)

Cuadro (continuación)

ORDEN	FAMILIA	Nombre común	Nombre científico
AVES			
PASSERIFORMES	Fringillidae	Jilguero negro	<i>Carduelis atratus</i>
PASSERIFORMES	Fringillidae	Jilguero cordillerano	<i>Carduelis uropygialis</i>
REPTILES			
SQUAMATA	Colubridae	Culebra de cola larga	<i>Philodryas chamissonis</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija de Atacama	<i>Liolaemus atacamensis</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija de dos manchas	<i>Liolaemus bisignatus</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija de Isabel	<i>Liolaemus isabelae</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija de Ortiz	<i>Liolaemus juanortizi</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagarto de Müller	<i>Liolaemus lorenmulleri</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagarto nítido	<i>Liolaemus nitidus</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija de Plate	<i>Liolaemus platei</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija de Rosenmann	<i>Liolaemus rosenmanni</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Lagartija	<i>Liolaemus vallecurensis</i>
SQUAMATA	Tropiduridae	Corredor de Atacama	<i>Microlophus atacamensis</i>
SQUAMATA	Teiidae	Iguana	<i>Callopistes maculatus</i>
ANFIBIOS			
ANURA	Bufoidea	Sapo de Atacama	<i>Rhinella atacamensis</i>
ANURA	Bufoidea	Sapo espinoso	<i>Rhinella spinulosus</i>
ANURA	Leptodactylidae	Sapito de cuatro ojos	<i>Pleurodema thaul</i>
PECES			
MUGILIFORMES	Mugilidae	Lisa	<i>Mugil cephalus</i>

* Las especies listadas corresponden a las encontradas en los sitios de muestreo y en los sitios revisados bibliográficamente.

Cuadro. Especies exóticas presentes en la cuenca del Río Copiapó.

Nombre Común	Nombre científico
Laucha	<i>Mus musculus</i>
Rata	<i>Rattus rattus</i>
Liebre	<i>Lepus europaeus</i>
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Cabra	<i>capra hircus</i>
Oveja	<i>Ovis sp.</i>
Burro	<i>Equus asinus</i>
Caballo	<i>Equus caballus</i>
Garza boyera	<i>Bubulcus ibis</i>
Mirlo	<i>Molothrus bonariensis</i>
Trucha	<i>Salmo trutta</i>

Apéndice III. Estados de conservación

Cuadro. Estado de conservación de las especies listadas.

Nombre común	Nombre científico	Estado de Conservación ¹
MAMÍFEROS		
Tuco-tuco de Atacama	<i>Ctenomys fulvus</i>	Vulnerable
Yaca	<i>Thylamys elegans</i>	Rara
Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>	En Peligro
Zorro Chilla	<i>Pseudalopex griseus</i>	Insuficientemente Conocida
Zorro Culpeo	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Insuficientemente Conocida
Puma	<i>Puma concolor</i>	Insuficientemente Conocida
Guanaco	<i>Lama guanicoe</i>	En Peligro
AVES		
Bandurria	<i>Theristicus melanopis</i>	En Peligro
Piuquén	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Vulnerable
Pato gargantillo	<i>Anas bahamensis</i>	Rara
Halcón perdiguero	<i>Falco femoralis</i>	Insuficientemente Conocida
Gaviota garuma	<i>Larus modestus</i>	Vulnerable
Gaviota andina	<i>Larus serranus</i>	Vulnerable
Nuco	<i>Asio flammeus</i>	Insuficientemente Conocida
Perdicita cordillerana	<i>Attagis gayi</i>	Rara
Pato cortacorriente	<i>Merganetta armata</i>	Insuficientemente Conocida
REPTILES		
Lagartija de Ortiz	<i>Liolaemus juanortizi</i>	En Peligro
Lagartija de Isabel	<i>Liolaemus isabelae</i>	Rara
Lagartija de Rosenmann	<i>Liolaemus rosenmanni</i>	Rara
Lagartija de Plate	<i>Liolaemus platei</i>	Rara
Lagartija de Atacama	<i>Liolaemus atacamensis</i>	Rara
Culebra de cola larga	<i>Philodryas chamissonis</i>	Rara
Iguana	<i>Callopistes maculatus</i>	Vulnerable
Lagartija	<i>Liolaemus vallecurensis</i>	Rara
Lagarto de Müller	<i>Liolaemus lorenzmuelleri</i>	Vulnerable
Corredor de Atacama	<i>Microlophus atacamensis</i>	Vulnerable
Lagartija de dos manchas	<i>Liolaemus bisignatus</i>	Rara
Lagarto nitido	<i>Liolaemus nitidus</i>	Vulnerable
ANFIBIOS		
Sapo de Atacama	<i>Rhinella atacamensis</i>	En Peligro
Sapo espinoso	<i>Rhinella spinulosa</i>	Vulnerable
Sapo de cuatro ojos	<i>Pleurodema thaul</i>	En Peligro
PECES		
Lisa	<i>Mugil cephalus</i>	Fuera de Peligro

¹ Los estados de conservación corresponden a lo publicado en el sitio oficial del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2011).

Apéndice IV. Composición específica por sitio

Cuadro. Composición específica de vertebrados nativos de los sitios de estudio en la cuenca del Río Copiapó.

N° ID Sitio	Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios	Peces
S1	5	60	4	0	1
S2	1	22	4	0	0
S3	0	8	4	0	0
S4	0	15	4	0	0
S5	0	13	3	0	0
S6	0	10	0	2	0
S7	7	47	4	3	0
S8	0	5	2	0	0
S9	7	46	3	1	0
S10	0	11	1	1	0
S11	1	10	1	1	0
S12	0	5	1	0	0
S13	0	3	1	0	0
S14	0	4	1	0	0
S15	0	7	2	0	0
S16	0	5	1	0	0
S17	1	5	1	0	0
S18	3	5	1	0	0
S19	4	20	1	0	0
S20	0	7	1	0	0
S21	4	5	1	0	0
S22	2	4	1	0	0
S23	6	21	1	1	0
S24	5	15	1	0	0
S25	2	24	2	0	0
S26	2	16	1	0	0
S27	4	7	1	0	0
S28	3	6	2	0	0
S29	0	0	2	0	0
S30	2	7	1	0	0
Total Cuenca	13	112	12	3	1

* N° ID Sitio: S1 Estuario, S2 Piedra Colgada 1, S3 Piedra Colgada 2, S4 Serranía Poblete, S5 Tranque Lautaro, S6 Unión ríos Manflas y Copiapó, S7 Río Manflas, S8 Río Jorquera, S9 Río Montosa, S10 Río El Potro, S11 Río Pulido 1, S12 Río Pulido 2, S13 Río Ramadillas, S14 Río Pulido 3, S15 Río Pulido 4, S16 Río Pircas Coloradas 1, S17 Río Pircas Coloradas 2, S18 Vega en Río Pircas Coloradas, S19 Vega en Río Cachitos, S20 Unión ríos de la Gallina y Pircas Negras, S21 Río Turbio 1, S22 Río Turbio 2, S23 Vega en Río Figueroa, S24 Caspiche, S25 Sector Mina Refugio, S26 Quebrada las Guanacas, S27 Sector Mina La Coipa, S28 Quebrada San Andrés 1, S29 Quebrada San Andrés 2, S30 Sector La Pepa.

ANEXOS

Anexo I. Criterios de clasificación de especies

Los estados de conservación de las especies de la fauna vertebrada chilena fueron descritos según el Reglamento para la clasificación de especies (Gobierno de Chile, 2005b). A continuación se presentan en orden descendente de riesgo.

- Una especie se considerará "En Peligro de Extinción" cuando enfrente un riesgo muy alto de extinción.
- Una especie se considerará "Vulnerable" cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría denominada "En Peligro de Extinción", enfrente un riesgo alto de extinción.
- Una especie se considerará "Insuficientemente Conocida" cuando existiendo presunciones fundadas de riesgo, no haya información suficiente para asignarla a una de las categorías de conservación a que se refieren los artículos anteriores.
- Una especie se considerará "Rara" cuando sus poblaciones ocupen un área geográfica pequeña, o estén restringidas a un hábitat muy específico que, en sí, sea escaso en la naturaleza. También se considerará "Rara" aquella especie que en forma natural presente muy bajas densidades poblacionales, aunque ocupe un área geográfica mayor. Para los propósitos del presente reglamento, las especies clasificadas como "Raras" podrán también ser clasificadas en alguna de las categorías mencionadas anteriormente, de acuerdo a la información disponible.
- Una especie se considerará "Fuera de Peligro" cuando haya estado incluida en alguna de las categorías señaladas en los artículos anteriores y en la actualidad se la considere relativamente segura por la adopción de medidas efectivas de conservación o en consideración a que la amenaza que existía ha cesado.

Cabe destacar que para esta clasificación, de manera implícita, se asume que cualquier especie que no cumpla con los criterios antes señalados no quedará clasificada, situación que podría causar confusión, ya que estas especies puede que se encuentren sin riesgos de conservación o que simplemente no hayan sido evaluadas.

Anexo II. Cálculo del Índice de Influencia Humana y de la Huella Humana

Para el cálculo del Índice de Influencia Humana se utilizan los procedimientos desarrollados por Sanderson *et al.* (2002) en donde se establecen categorías y puntuaciones para cada una de los ocho tipos de influencia consideradas.

Cuadro. Categorías y puntuaciones consideraras en el Índice de Influencia Humana.

Variable category	Influence Score
Influence of Population Density/sq. km	
0 – 0.5	0
0.6 – 1.5	1
1.6 – 2.5	2
2.6 – 3.5	3
3.6 – 4.5	4
4.6 – 5.5	5
5.6 - 6.5	6
6.6 – 7.5	7
7.6 – 8.5	8
8.6 – 9.5	9
> 9.5	10
Influence Score of Railroads	
Within 2 km of railroads	8
Beyond 2 km of railroads	0
Influence Score of Major Roads	
Within 2 km of roads	8
Within 2 to 15 km of major roads	4
Beyond 15 km of major roads	0
Influence Score of Navigable Rivers	
Within 15 km of navigable rivers	4
Beyond 15 km of navigable rivers	0
Influence Score of Coastlines	
Within 15 km of coastlines	4
Beyond 15 km of coastlines	0

(continúa)

Cuadro (continuación).

Variable category	Influence Score
Influence Score of Nighttime Stable Lights Values	
0	0
1-38	3
39 - 88	6

>=89	10
Urban Polygons	
Inside urban polygons	10
Outside urban polygons	0
Land Cover Categories	
Urban areas	10
Irrigated agriculture	8
Rain-fed agriculture	3
Other cover types including forests, tundra, and deserts	0

Fuente: WCS y CIESIN, 2005.

El Índice de Influencia Humana se calcula sumando las puntuaciones por influencia de las ocho variables de entrada. El rango final puede ir de 0 (sin influencia humana) a 64 (máximo grado de influencia humana).

Para el cálculo de la Huella Humana se normaliza el Índice de Influencia Humana por cada bioma terrestre mediante la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{(X - X_{\min}) * (X_{\max} - X_{\min})}{(Y_{\max} - Y_{\min})} + X_{\min} \quad (\text{Ecuación})$$

Z = Valor de Huella Humana

X = Valor de entrada del Índice de Influencia Humana

X_{min} = Índice de Influencia Humana mínimo en el bioma

X_{max} = Índice de Influencia Humana máximo en el bioma

Y_{min} = Índice de Influencia Humana máximo en la Tierra (0)

Y_{max} = Índice de Influencia Humana máximo en la Tierra (64) (WCS y CIESIN, 2005)

La normalización asigna 0 a los valores mínimos del Índice de Influencia Humana y 100 a los valores máximos dentro de cada bioma.