



## Informe final de proyecto

### BIODIVERSIDAD DE AVES EN HUMEDALES COSTEROS URBANOS Y RURALES DE LA REGIÓN DE COQUIMBO



#### Científicos responsables del informe

Renzo Vargas Rodríguez, Víctor Pastén Marambio, José Cortez y Paloma Núñez

Centro de estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA),

Programa de Investigación Ecológica en Zonas Áridas (PIEZA), Universidad de La Serena  
(ULS)

#### Científicos ciudadanos participantes del estudio:

*REDAVES, ECOTERRA, ECOBRISAS y Colegio Helen Keller*

La Serena, Junio de 2016

## RESUMEN

La Región de Coquimbo posee una amplia transición ecológica al estar emplazada entre la hiperaridez del desierto de Atacama por el norte y el clima templado mediterráneo de Chile central por el sur, característica que favorece la presencia de una alta biodiversidad; albergando a 168 especies de aves, más de un tercio de las especies conocidas en Chile. Este último atributo ha despertado en la comunidad regional un creciente interés por la observación de vida silvestre, en especial de este grupo tan vistoso, cuya belleza y variedad hacen que cada vez más personas descubran en ellas una pasión y forma de vida, de las que se nutre un genuino espíritu de conservación ambiental. Aprovechando dichos atributos nace el Programa de Biodiversidad cocreado con la ONG REDAVES en colaboración con la ONG ECOTERRA, el colegio Hellen Keller y ciudadanos interesados en la protección de estos ecosistemas conservación. Mediante el desarrollo de metodologías y trabajo conjunto durante octubre de 2015 y enero de 2016 se ejecutó un monitoreo que permitió la comparación de la biodiversidad de aves en los humedales costeros urbanos del río Elqui y Culebrón, y el humedal rural Limarí. La iniciativa implicó 9 muestreos y la colaboración de 52 científicos ciudadanos. Fueron 3 los sitios de estudio evaluados, reflejando que la mayor riqueza de especies la presenta el humedal del Elqui, con un total de 58, seguida del Culebrón (47 especies) y El Limarí (34 especies). Por otro lado, la estructura y composición del ensamble de aves siguió un patrón similar en los diferentes sitios, con una notable dominancia de dos especies. Así, El Culebrón estuvo dominado por la gaviota dominicana (*Larus dominicanus*) y el zarapito común (*Numenius phaeopus*); el Elqui estuvo dominado por la gaviota dominicana, pero, en vez del zarapito, tuvo como segunda especie en orden de dominancia, al cormorán yeco (*Phalacrocorax brasilianus*). Finalmente, y en claro contraste con los sitios antes descritos, el ensamble de especies del Limarí estuvo dominado por el chirihue (*Sicalis luteola*), seguido de la gaviota dominicana (*L. dominicanus*). Considerando que la diversidad de aves en los humedales urbanos del Elqui y el Culebrón son tan altas como en el humedal rural, mejor conservado, aún estamos a tiempo para controlar o incluso revertir la degradación de los humedales costeros; siendo la colaboración estrecha que genera la ciencia ciudadana un medio efectivo para involucrar y empoderar a la ciudadanía en temáticas científicas, de conservación y valoración del entorno natural.

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. Proyecto de Ciencia Ciudadana para Zonas Áridas .....	6
1.2. Programa de Biodiversidad .....	6
1.3. Humedales Costeros de la Región de Coquimbo .....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1. Convocatoria .....	9
2.1. Área de estudio .....	9
2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS HUMEDALES .....	10
2.3.1. Humedal costero del Elqui .....	10
2.3.2. Humedal El Culebrón.....	11
2.3.3. Humedal costero del Limarí .....	11
2.4. Diseño de la investigación .....	12
2.4.1. Definición de las variables de respuesta .....	12
2.4.2. Metodología de muestreo.....	12
2.4.3. Definición de las unidades de respuesta.....	14
2.4.4. Definición de las unidades de muestreo .....	15
3. RESULTADOS .....	17
3.1. Participación de científicos-ciudadanos.....	17
3.2. Avifauna de los humedales costeros.....	20
3.2.1. Variación temporal de la abundancia de individuos entre humedales.....	23
3.2.2. Variación temporal de la riqueza de especies entre humedales .....	24
3.2.3. Variación temporal de la diversidad de especies entre humedales .....	25
3.2.4. Variación de la composición y dominancia de especies .....	26
4. DISCUSIÓN.....	28
4.1. Proyecto de ciencia ciudadana en humedales costeros de Coquimbo.....	28
4.2. Biodiversidad de avifauna de los humedales costeros urbanos y rurales .....	29
4.2. Difusión y uso de la información.....	33
5. CONCLUSIONES .....	34
6. REFERENCIAS.....	35

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio. (1) Humedal costero del Elqui, (2) humedal El Culebrón, (3) humedal costero del Limarí.....	10
Figura 2. Estación de 25 m de radio para el conteo de aves. Con color azul se indican las aves registradas dentro de la estación; con amarillo, las de paso u observadas fuera del área de muestreo. ....	13
Figura 3. Representación de uno de los humedales estudiados (Elqui): (1) Desembocadura, (2) zona media, (3) afluencia. La recta segmentada representa la distancia máxima entre los extremos este y oeste del sitio. ....	14
Figura 4. Ejemplo de una distribución aleatoria de estaciones de conteo .....	15
Figura 5. Distancia mínima establecida entre estaciones de conteo.....	15
Figura 6. Ciudadanos-científicos participantes de los muestreos: a) Alumnos del colegio Hellen Keller, profesoras, REDAVES y CEAZA en el humedal Río Elqui. b) Miembros de REDAVES, ECOTERRA, ULS y CEAZA en el Limarí y c) Miembros de REDAVES, ULS y CEAZA en El Culebrón.....	20
Figura 7. Variación mensual de la abundancia acumulada de individuos en los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí durante la primavera y verano de 2015-16.....	24
Figura 8. Variación mensual de la riqueza de especies en los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí durante la primavera y verano de 2015-16 .....	25
Figura 9. Variación mensual de la diversidad de especies en los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí durante la primavera y verano de 2015-16 .....	26
Figura 10. Diagrama rango-abundancia de los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí (período primavera y verano de 2015-16) .....	27

## Índice de tablas.

Tabla 1. Tabla 1. Participaciones de miembros de las diferentes instituciones en los muestreos realizados durante el estudio en los tres humedales. ....	17
Tabla 2. Participaciones de miembros de las diferentes instituciones según la profesión o dedicación de los participantes. ....	18
Tabla 3. Lista de participantes y frecuencia de participación en los muestreos por humedal y por mes. ....	18
Tabla 4. Lista de especies registradas durante los tres meses de estudio. Se indican los valores parciales y totales de abundancia de individuos, riqueza de especies, diversidad, dominancia y equidad. ....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Proyecto de Ciencia Ciudadana para Zonas Áridas

El Proyecto de Ciencia Ciudadana para Zonas Áridas ejecutado por el Centro Científico CEAZA, financiado mediante fondos del VI Concurso de Fortalecimiento de Centros Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico de CONICYT e implementado desde el segundo semestre del año 2015 en las provincias de Elqui, Limarí y Choapa, busca incentivar la participación de la ciudadanía en la ciencia y fortalecer la relación entre científicos y ciudadanos de la Región de Coquimbo mediante el involucramiento de personas comunes interesadas en resolver problemáticas regionales y contribuir a la generación de nuevo conocimiento científico que aporte a la toma de decisiones con miras al desarrollo sustentable .

Durante su ejecución se desarrollaron iniciativas destinadas a contribuir y resolver problemáticas asociadas a la escasez hídrica y la disponibilidad y calidad del agua. Como también al estudio de la biodiversidad en ecosistemas de zonas áridas.

### 1.2. Programa de Biodiversidad

Mediante el mencionado Proyecto de Ciencia Ciudadana para Zonas Áridas del Centro Científico nace un programa de biodiversidad orientado al estudio de aves en humedales costeros rurales y urbanos, con el propósito de promover su protección a través de la investigación científica. El objeto de estudio seleccionado, en este caso, las aves, cuya belleza y variedad hacen que cada vez más personas descubran en ellas una pasión y forma de vida, de las que se nutre un genuino espíritu de conservación ambiental. En este contexto, nace el grupo de observadores de aves de la Región de Coquimbo, hoy unidos en la organización funcional REDAVES, dedicada al registro y protección de las aves y su entorno. De esta manera, junto esta organización, quienes se interesaron en participar de una indagación científica rigurosa, se desarrolla en conjunto una metodología de muestreo estandarizada utilizando el Ciclo de Indagación.

### 1.3. Humedales Costeros de la Región de Coquimbo

Con toda evidencia, las aves son el elemento faunístico más carismático de los humedales costeros, y reflejo de ello es la gran cantidad de ciudadanos que, en número creciente, concurren a estos sitios para admirar su belleza, comportamiento y diversidad. Las aves no sólo destacan por su valor estético y asombrosa variedad, sino también por las múltiples funciones ecológicas que desempeñan, tales como controlar plagas, dispersar semillas y polinizar (Tabur & Ayvaz, 2010). Por ello, constituyen uno de los grupos biológicos más estudiados por los científicos, aunque son varios los aspectos de su historia natural que aún se desconocen.

La avifauna que habita los humedales costeros de la Región de Coquimbo está representada por más de 150 especies distintas (Jaramillo, 2005; eBird, 2016) e incluye elementos tan singulares como el bellísimo sietecolores, el elegante cisne coscoroba y el pidencito, gravemente amenazado por la contaminación y pérdida progresiva de su hábitat (Cortez-Echeverría & Pastén-Marambio 2016). Mención especial merecen las más de 25 especies boreales que anualmente escapan del invierno ártico para visitar nuestra costa (Jaramillo, 2005), rico oasis de vida enclavado en un entorno semiárido.

Pese a la importancia ecológica, económica y social de los humedales, más del 60% de su superficie ha desaparecido en los últimos 100 años, a lo que subyace como causa principal un intenso proceso de expansión urbana (RAMSAR, 2015). El aumento en la construcción de industrias, obras civiles y viviendas ha provocado una alarmante reducción y degradación de los humedales y, por consiguiente, una disminución de la biodiversidad que sustentan (Villagrán-Mella et al., 2006).

Las regiones semidesérticas concentran la mayor diversidad de tipos de humedales, desde criptohumedales a humedales con cuerpos de agua superficial, permanentes o temporales. Sin embargo, son ecosistemas muy infravalorados y su importancia no concuerda con la cantidad relativamente baja de estudios que en ellos se ha realizado. En esta situación se encuentran los humedales costeros de Chile, especialmente los ubicados en la zona centro norte, donde el creciente desarrollo urbano está produciendo su rápido y progresivo deterioro (Figuroa et al., 2009).

Aún queda tiempo para controlar o incluso revertir la destrucción de los humedales costeros; sin embargo, dicho propósito sería inalcanzable sin la participación activa de ciudadanos y científicos, cuyo trabajo colaborativo ha generado importantes avances en la producción de nuevo conocimiento (Bonney et al., 2009). En ese sentido, los programas de ciencia ciudadana representan una valiosa herramienta para conservar la biodiversidad y establecer una conexión estrecha entre las personas y la naturaleza (Devictor et al., 2010). Para evaluar el efecto de la actividad humana en la diversidad de aves de los humedales costeros de la Región de Coquimbo, realizamos una investigación utilizando el ciclo de Indagación (Feinsinger 2013).

Los ciudadanos han observado que los humedales costeros de la Región de Coquimbo concentran una alta diversidad de aves y presentan diferentes niveles de deterioro, según se ubiquen o no en zonas urbanas. En este contexto, se sabe que la degradación del medioambiente tiende a aumentar desde las zonas rurales a las urbanas y es un factor que modifica y disminuye la biodiversidad (McDonnell & Pickett, 1990, Villagrán-Mella et al., 2006).

Atendiendo a la evidencia publicada y su propia experiencia, los ciudadanos se han preguntado si la diversidad de aves en los humedales costeros de la Región de Coquimbo es o no afectada por la degradación del medioambiente y, de ser así, en qué medida la intensidad de tal efecto podría cambiar según la condición rural o urbana de dichos sistemas. En ese sentido la pregunta central de ésta investigación cuestiona ¿Cómo variarán la riqueza específica y abundancia de aves entre humedales costeros urbanos y rurales de la Región de Coquimbo durante dos estaciones del año distintas?



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Convocatoria

Se planteó la selección de una organización de base que fuera el pilar fundamental para dar continuidad y soporte al trabajo en terreno. La organización REDAVES cumplió el rol de organización base durante la indagación ciudadana en humedales, debido a su amplia experiencia en el reconocimiento de aves de la Región y su vocación institucional dirigida a la observación y conservación de las aves y sus hábitats (REDAVES 2016), estando presente durante todos los muestreos de los tres sitios de estudio seleccionados. Su función para cada terreno fue proveer de expertos en identificación de aves, además de acompañar y enseñar a los ciudadanos acompañantes en su reconocimiento. Además, con el fin de lograr una mayor participación ciudadana de aquellas instituciones que durante el diagnóstico mostraron interés en la temática, se invitó a diversas instituciones a participar de los muestreos con un particular énfasis en las provincias a las que pertenecen y en las que se encuentran los humedales en estudio.

### 2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en tres humedales costeros de la Región de Coquimbo: Elqui, El Culebrón —situados en la conurbación La Serena-Coquimbo— y Limarí, perteneciente a la comuna de Ovalle (Figura 1). El clima del área de estudio es semidesértico con lluvias invernales, niebla frecuente y oscilación térmica baja. El promedio anual de temperatura es de aproximadamente 14° C y el de precipitación fluctúa entre 80 y 120 mm, valores correspondientes a la costa de La Serena y Ovalle, respectivamente. Los índices pluviométricos, sin embargo, pueden experimentar fuertes variaciones interanuales debido al ciclo El Niño-La Niña (Novoa & López, 2001; Morales et al., 2006).

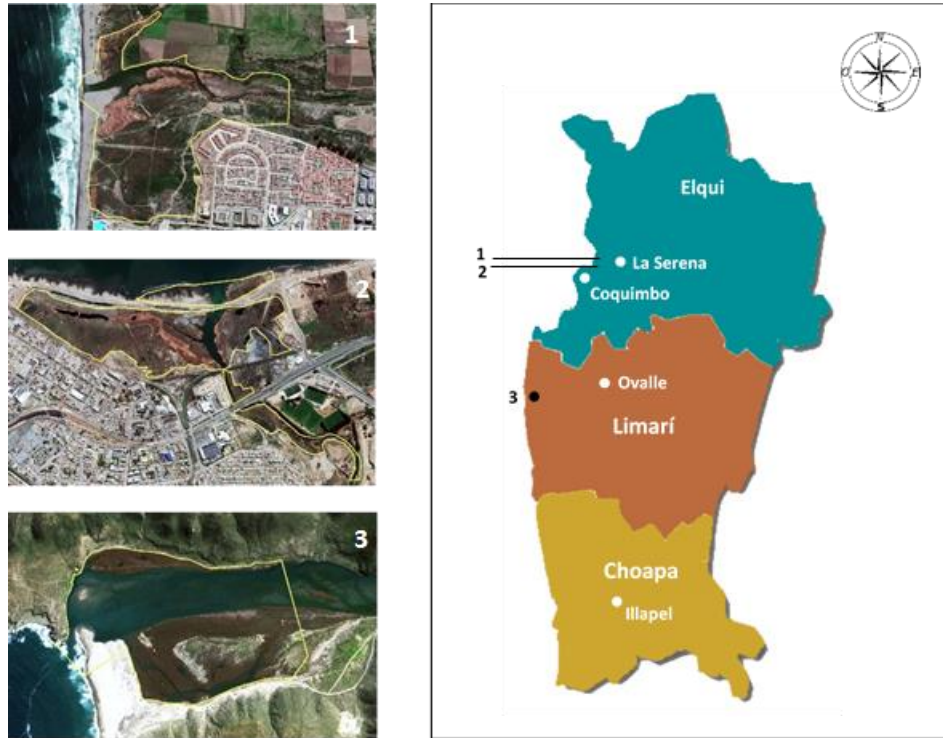


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio. (1) Humedal costero del Elqui, (2) humedal El Culebrón, (3) humedal costero del Limarí.

Los humedales comprendidos en esta investigación ciudadana se adscriben al tipo estuarino, es decir, son ambientes donde las aguas dulces y marinas se mezclan periódicamente, condición que confiere a éstos sistemas un carácter altamente complejo, dinámico y productivo. Presentan una amplia variedad de asociaciones vegetales, tales como bosques, herbazales, matorrales y totorales, que ofrecen un rico mosaico de hábitats a numerosas especies de animales, en particular aves (Corporación Ambientes Acuáticos de Chile 2005; CAACH, 2005; Figueroa et al., 2009).

## 2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS HUMEDALES

### 2.3.1. Humedal costero del Elqui

Ubicado aproximadamente 3 Km al noroeste del casco fundacional de La Serena, el humedal costero del río Elqui ( $29^{\circ} 53' S$ ,  $71^{\circ} 16' O$ ) es la más septentrional de las unidades evaluadas. Cubre una superficie aproximada de 14 ha y está flanqueado por predios agrícolas y una creciente zona residencial en las riberas norte y sur, respectivamente. Su ubicación, al centro de la bahía de Coquimbo, le confiere una particular condición de equidistancia entre

los humedales Laguna Saladita y El Culebrón. El río que le da nombre es uno de los más emblemáticos de la Región de Coquimbo, posee un régimen hídrico nivo-pluvial y representa el límite sur del desierto de Atacama (Cepeda et al., 2004; CAACH, 2005). Además, constituye el principal sustento de la actividad agrícola local, en especial la vitícola. En efecto, grandes extensiones destinadas al cultivo de uva de mesa y pisquera son regadas por el Elqui (MOP-DGA & CADE-IDEPE, 2004).

### 2.3.2. Humedal El Culebrón

El humedal El Culebrón (29° 53' S, 71° 16' O) está situado al sur de la bahía de Coquimbo, distante 1,5 Km al norte de la ciudad portuaria. Tiene una superficie de 25 ha y está surcado por el estero homónimo, cuya longitud aproximada es de 18 Km. Este curso de agua tiene un régimen de escorrentía netamente pluvial y recibe el aporte, tanto superficial como subterráneo, de quebradas y esteros menores, entre los que destacan Agua de Romero, Cruz de Caña, La Laja y Peñuelas (Godoy, 2012).

Fragmentado por terrenos públicos y privados, el sitio es uno de los más afectados por la presión antrópica. A la presencia de microbasurales, depósitos de escombros y alteraciones del cauce, en el tramo inferior del estero se suman al desarrollo urbano en todo su perímetro, como la existencia de dos puentes carreteros y el tránsito de un ferrocarril metalero (CAACH, 2005).

### 2.3.3. Humedal costero del Limarí

Este humedal está determinado por la desembocadura del Río Limarí, donde existe un estuario de barrera de aproximadamente 4 km de largo. La boca del estuario está conectada al mar durante todo el año. Este ecosistema estuarino está caracterizado por siete unidades de paisaje menores: orillas, roqueríos, dunas, playa, bajerías y espejo de agua. La flora de las orillas y de las dunas está compuesta principalmente por *Baccharis* sp, *Salicornia* sp, *Paspalum pectinatum*, *Selliera radicans*, *Jussieae repens* y *Potamogeton pectinatus* (Vásquez & Vega 2004). La cuenca del Limarí en términos hídricos se identifica fundamentalmente con la actividad agrícola, la que actualmente ocupa un 79,37% del total del agua de la cuenca. Los demás usos de importancia relativa son el consumo de agua potable (6,07%), energía (5,87%) y caudal ecológico (5,35) (Fuster 2010).

## 2.4. Diseño de la investigación

En esta investigación comparamos entre sí humedales costeros, urbanos y rurales, con diferentes grados de perturbación. Según información del INE (2005), hemos definido como **humedales urbanos** los situados en áreas cuya población es superior a 5000 habitantes y cuentan con todos los elementos distintivos de una ciudad, como calles, edificios y sistemas de alcantarillado y alumbrado públicos. Esta clase de unidad estuvo representada por los humedales del Elqui y El Culebrón. En cambio, como **humedal rural** hemos considerado todo aquel que se ubica fuera de la zona urbana, aunque puede colindar con asentamientos cuya población es igual o inferior a 5000 habitantes (ejemplo: caletas, caseríos y villorrios). El sitio representativo de este tipo de humedal fue el del Limarí.

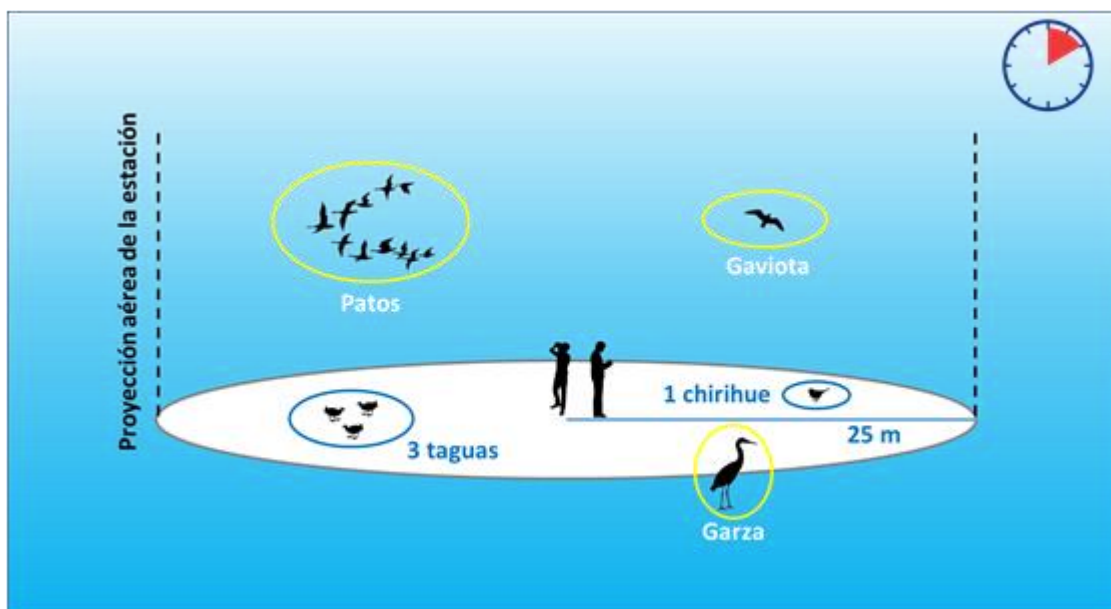
### 2.4.1. Definición de las variables de respuesta

En cada uno de los humedales se registraron los individuos de las diferentes especies de aves presentes en los humedales. También se midió el número de especies y la abundancia de individuos de aves. Como su nombre lo indica, el número de especies —también llamado riqueza específica— alude a la cantidad de especies distintas que se observan en un espacio y tiempo determinados. La segunda variable, en tanto, se refiere al número total de ejemplares de cada una de las especies registradas en una unidad de tiempo y espacio determinada.

### 2.4.2. Metodología de muestreo

Para registrar las variables de respuesta, se utilizó el método de conteo por puntos (Ralph et al., 1996), que consiste en identificar y contar todos los individuos de aves que se registran, visual o auditivamente, en estaciones de 25 m de radio durante 10 min. El conteo consideró tanto aves posadas como aquellas aves que, debido a su comportamiento de forrajeo, aterrizan escasamente, pero a menudo son observadas alimentándose en vuelo (ejemplo: golondrinas y picaflores). Con objeto de confeccionar listas de especies para cada

sitio, también se registraron las aves de paso (ejemplo: cormoranes, gaviotas y jotes) y aquellas que se avistaron fuera de las estaciones (Figura 2).



*Figura 2. Estación de 25 m de radio para el conteo de aves. Con color azul se indican las aves registradas dentro de la estación; con amarillo, las de paso u observadas fuera del área de muestreo.*

Los muestreos comenzaron a las 8:00 a. m. y nunca se extendieron más allá del mediodía. Los observadores se distribuyeron en parejas, a las que se asignó un mismo número de estaciones. Aquel que contaba con mayor experiencia en la identificación de aves se encargó de su detección, identificación y conteo, mientras que sus acompañantes tuvieron como tarea anotar los registros en la planilla de datos.

Las observaciones comenzaron apenas llegaron al centro de cada estación y prescindieron totalmente del uso de cebos y grabaciones vocales (*playbacks*) para atraer aves. Con objeto de alterar lo menos posible el comportamiento natural de las aves, tanto el conteo como el desplazamiento entre estaciones fueron realizados produciendo la menor perturbación posible.

Con el fin de captar cambios estacionales en la abundancia y composición del ensamble de aves —asociados, por ejemplo, a la migración de especies o su dinámica reproductiva—, los muestreos se efectuaron en primavera y verano, específicamente entre octubre de 2015 y enero de 2016.

#### 2.4.3. Definición de las unidades de respuesta

La unidad de respuesta es la entidad espacial mínima que manifiesta los efectos de aquello que se está comparando. Así, la unidad de respuesta establecida en este estudio fue el humedal, definido como la unidad espacial conformada por los cuerpos de agua, tanto superficiales (ejemplo: charcas, lagunas y ríos) como subterráneos (acuíferos), y toda la vegetación cuyo desarrollo depende directamente de éstos (vegetación azonal) (Martínez et al. 2011; MMA-CEA 2011). Dado que los humedales evaluados se extienden a lo largo de varios kilómetros hacia el interior de los valles, delimitamos cada área de muestreo arbitrariamente, siguiendo una recta de 1 Km perpendicular a la línea costera. Además, tomando como referencia el espejo de agua principal, dividimos cada humedal en tres sectores: afluencia, zona media y desembocadura (Figura 3), a fin de facilitar la distribución de los observadores y estaciones de muestreo.



*Figura 3. Representación de uno de los humedales estudiados (Elqui): (1) Desembocadura, (2) zona media, (3) afluencia. La recta segmentada representa la distancia máxima entre los extremos este y oeste del sitio.*

#### 2.4.4. Definición de las unidades de muestreo

Debido a las diferencias de superficie entre los humedales estudiados y nuestro objetivo de lograr muestreos representativos y a la vez comparables, evaluamos como mínimo el 10% de cada humedal. El número de estaciones de conteo necesario para cubrir dicha superficie se calculó dividiéndola por el área de una estación de muestreo con un radio de 25 m (1962,5 m<sup>2</sup>). Por ejemplo, la cantidad de estaciones considerada para evaluar el 10% del humedal El Culebrón (45 000 m<sup>2</sup>) fue 23.

Las estaciones de conteo se distribuyeron de manera aleatoria, procurando abarcar los diferentes tipos de hábitats (Figura 4). Entre estaciones se fijó una distancia mínima de 100 m, equivalente a 100 pasos largos aproximadamente (Figura. 5).



Figura 4. Ejemplo de una distribución aleatoria de estaciones de conteo.

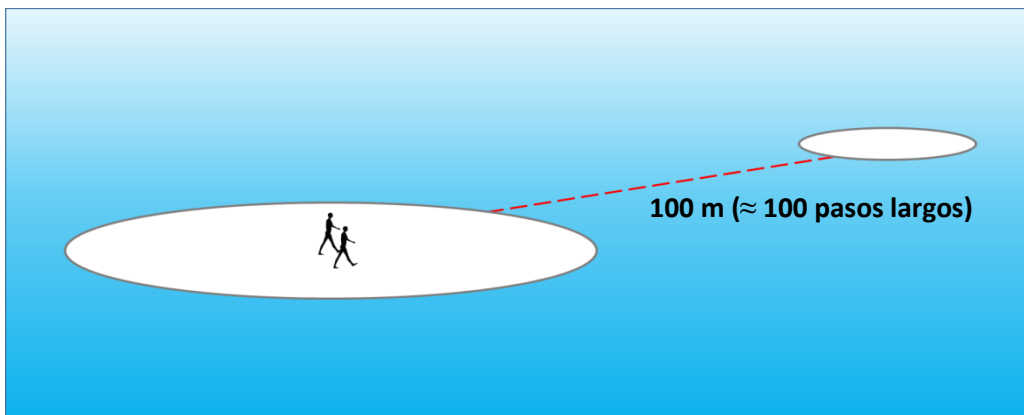


Figura 5. Distancia mínima establecida entre estaciones de conteo.

Con objeto de optimizar el uso del tiempo, controlar la perturbación inherente al monitoreo y garantizar la independencia entre conteos, a cada pareja o grupo de observadores se asignó el mismo número de estaciones. En cada muestreo se constituyó un mínimo de 3 parejas de observadores, a fin de cubrir eficientemente cada uno de los sectores y evitar el sobreesfuerzo.

#### 2.4.5. Análisis de datos

La información registrada fue sistematizada en una base de datos utilizando planillas electrónicas. La taxonomía y sistemática de las aves registradas fue revisada siguiendo bases de datos actualizadas de las aves de Chile (Aves Chile 2016; eBird 2016). Para el resumen de la información se utilizaron los índices clásicos de diversidad como son la riqueza de especies (S), la abundancia acumulada de individuos de las diferentes especies (N), como también la abundancia relativa de las mismas ( $\pi$ ). Para la caracterización de los patrones de diversidad se estimaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener, Simpson inverso y para determinar la homogeneidad de la abundancia relativa de las diferentes especies en la comunidad se utilizaron los índices de Dominancia (D) y de Homogeneidad (1-D). Adicionalmente, para analizar la variación en la estructura de los ensamblajes de aves entre los diferentes humedales se utilizaron diagramas rango-abundancia (Feinsinger 2004). Todos los parámetros fueron estimados utilizando el programa Past 3.0 (Hammer et al., 2001). Para evaluar si las diferencias de los diferentes parámetros de diversidad fueron significativamente diferentes se utilizaron Modelos Lineales Generales (GLM) utilizando el programa SigmaPlot 11.0.



### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Participación de científicos-ciudadanos

Durante todo el proyecto participaron 52 ciudadanos, entre independientes y pertenecientes a siete instituciones (Tabla 1, Figura. 6). Las instituciones con mayor frecuencia de participación de sus miembros fueron, en orden descendente, REDAVES, el colegio Helen Keller y CEAZA (Tabla 1). Del total de participantes, el 25 % fueron científicos y el restante ciudadanos de diversas profesiones y oficios (Tabla 2). Entre estos se congregó a escolares (42%) y ciudadanos interesados en la observación y conservación de la biodiversidad (Tabla 2). La participación promedio en muestreos por persona fue de  $2 \pm 2$  muestreos por persona (rango de 1 a 9 muestreos por persona). Solamente cinco personas participaron en más de la mitad de los muestreos (<5 muestreos: 4 científicos y un ciudadano), mientras que la mayoría de los ciudadanos (47 personas) participaron en 1, 2 o 3 muestreos durante el desarrollo del proyecto (Tabla 3).

*Tabla 1. Participaciones de miembros de las diferentes instituciones en los muestreos realizados durante el estudio en los tres humedales.*

Instituciones	Culebrón	Elqui	Limarí	Total
CEAZA	8	9	5	22
ULS	3	2	3	8
Colegio Helen Keller	13	14		27
ECOTERRA			5	5
Independiente		3	1	4
MetroLab		2		2
REDAVES	8	13	13	34
RR. PP. Pueblos Originarios	2			2

Tabla 2. Participaciones de miembros de las diferentes instituciones según la profesión u oficio de los participantes.

Etiquetas de fila	Colegio				Pueblos			Total	
	CEAZA	ULS	Helen Keller	ECOTERRA	Indep.	MetroLab	REDAVES		Originarios
Científico	22	8		5			2		37
Ciudadano						2		2	4
CorR. propiedades							9		9
Diseñador							2		2
Empresario							2		2
Estudiante			24		4				28
Funcionario público							9		9
Indeterminado							1		1
Informático							1		1
Ingeniero civil							2		2
Paramédico							3		3
Profesor							2		2
Profesora			3						3
Universitario							1		1

Tabla 3. Lista de participantes y frecuencia de participación en los muestreos por humedal y por mes.

Ciudadanos participantes	Culebrón			Elqui			Limarí			Total
	Ene	Oct	Nov	Ene	Oct	Nov	Ene	Oct	Nov	
Alcayaga, Johanna			1		1					2
Ananda				1						1
Arango, Diego					1			1		1
Aros, Patricio					1					1
Barraza, Rubén				1		1				2
Cifuentes, Jordan		1			1					2
Condemarín, Rodrigo	1						1			2
Cortés, Myriam					1					1
Cortez, José	1	1	1		1	1	1		1	7
Cruz, Annahiky		1			1					2
Egger, Tamara				1						1
Encina, Jonathan					1					1
Estrada, Cristian						1				1
Fernández, Ma. del Pilar									1	1
Flores, Cristofer							1			1
Flores, Loreto				1						1
Frotzbacher, Marion				1						1

Gutiérrez, Ivonne	1								1
Guzmán, Francisco		1					1		2
Herrera, Luis	1			1					2
López, Natalia							1	1	2
Masías, G.			1						1
Masías, Marcela			1	1					2
Mayorga, Luis	1	1							2
Núñez, Paloma	1			1	1				3
Núñez, Verónica			1	1		1		1	5
Olivares, Freddy							1		1
Olivares, Marcelo					1				1
Pastén, Víctor	1	1	1	1	1		1	1	8
Pedreros, Johan		1							1
Peralta, Sergio			1		1				2
Pinto, Katherine	1					1			2
Ramírez Lemus, Jorge	1								1
Ramírez, Myriam							1	1	2
Ramos, Diego					1				1
Riquelme, Bastián					1				1
Riveros, Bastián				1					1
Rojas, Karen				1			1		2
Rojas, Luis		1							1
Rojas, Sebastián					1				1
V., Sebastián					1				1
Valdivia, Laura	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Valencia, Pedro				1	1	1			3
Vallejos, Antonia							1		1
Vallejos, Carlos		1			1			1	3
Vallejos, Gabriel				1					1
Valverde, Diego								1	1
Vargas, Renzo	1	1	1	1		1	1	1	8
Vásquez, Gemma	1								1
Vásquez, Germán		1							1
Vélez, Johan		1							1
Zegers, Gaspar					1				1



**Figura 6.** Ciudadanos-científicos participantes de los muestreos: a) Colegio Hellen Keller, REDAVES y CEAZA en el humedal Río Elqui. b) Observadores de aves y científico en el humedal del río Limarí y c) Registro de información colaborativa entre observadores de aves, escolares y comunidad en general, humedal El Culebrón.

### 3.2. Avifauna de los humedales costeros

A lo largo del estudio registramos un total de 79 especies, repartidas entre 65 géneros, 32 familias y 13 órdenes, de los cuales Passeriformes y Charadriiformes fueron los más representados, con 25 y 21 especies, respectivamente (Tabla 4). De acuerdo con Jaramillo (2005), sólo se detectaron dos elementos introducidos, el gorrión (*Passer domesticus*) y la paloma doméstica (*Columba livia*).

El 78% de las especies observadas son residentes; 22%, migratorias, la mayoría de origen boreal (Jaramillo, 2005). Entre los registros obtenidos se destacan algunos de particular interés, como el cuervo de pantano (*Plegadis chihi*), la garza azul (*Egretta caerulea*) —cuyo primer reporte documentado en la zona data de los 90 (Tabilo-Valdivieso & Mondaca, 1998)— y la tagüita del Norte (*Gallinula galeata*), que hoy cuenta con evidencia suficiente para ser considerada como residente local (Aves de Chile, 2016).

Tabla 4. Lista de especies registradas durante los tres meses de estudio. Se indican los valores parciales y totales de abundancia de individuos, riqueza de especies, diversidad, dominancia y equidad.

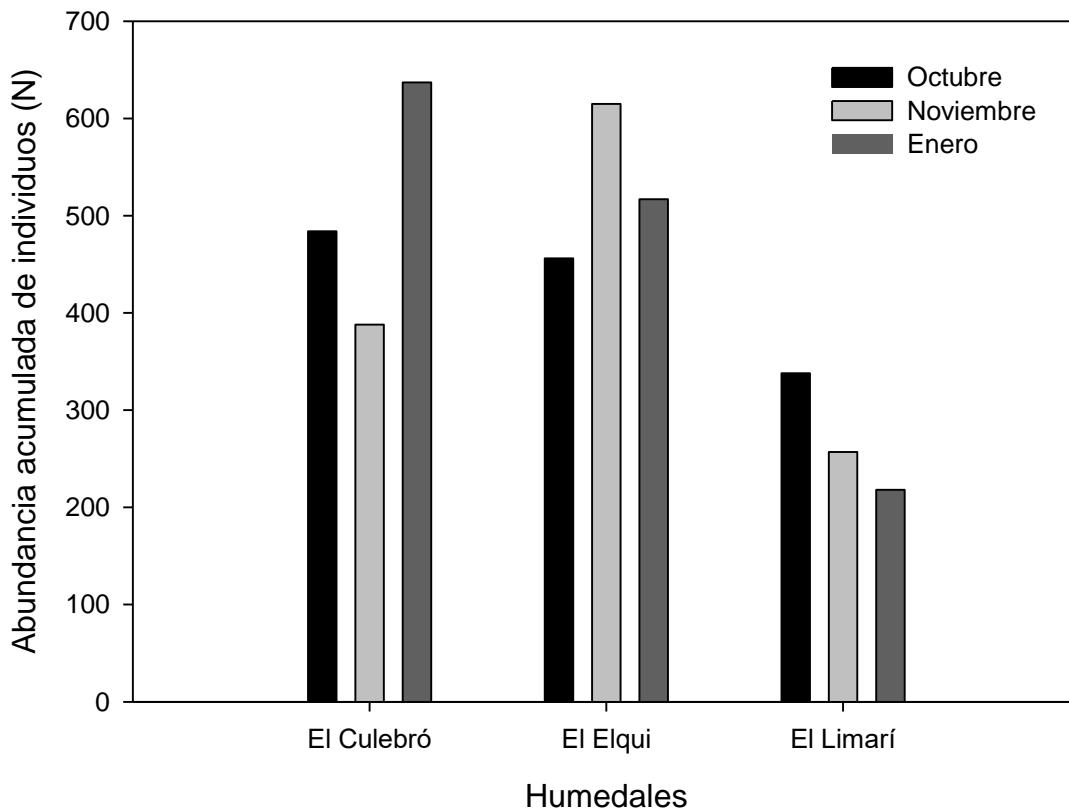
Especie	Humedal			Total general
	Culebrón	Elqui	Limarí	
<i>Agelasticus thilius</i>	22	42	0	64
<i>Anairetes parulus</i>	4	0	0	4
<i>Anas cyanoptera</i>	0	15	0	15
<i>Anas flavirostris</i>	6	17	6	29
<i>Anas georgica</i>	6	23	30	59
<i>Anas sibilatrix</i>		17	5	22
<i>Anthus correndera</i>		2	2	4
<i>Ardea alba</i>	6	1		7
<i>Ardea cocoi</i>	3	1		4
<i>Arenaria interpres</i>		58		58
<i>Athene cunicularia</i>	9			9
<i>Calidris himantopus</i>		3		3
<i>Calidris minutilla</i>		6		6
<i>Cathartes aura</i>	8	31	1	40
<i>Charadrius collaris</i>		4		4
<i>Chroicocephalus maculipennis</i>		1		1
<i>Chroicocephalus serranus</i>			2	2
<i>Circus cinereus</i>		4		4
<i>Cistothorus platensis</i>	1	26		27
<i>Columba livia</i>	44			44
<i>Columbina picui</i>		1		1
<i>Coragyps atratus</i>	15	11		26
<i>Curaeus curaeus</i>			1	1
<i>Diuca diuca</i>			2	2
<i>Egretta caerulea</i>	2	1		3
<i>Egretta thula</i>	18		9	27
<i>Fulica armillata</i>	7	19	4	30

<i>Fulica leucoptera</i>		27	3	30
<i>Fulica rufifrons</i>	4	12		16
<i>Gallinago paraguayae</i>		1		1
<i>Gallinula galeata</i>	2			2
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>			1	1
<i>Haematopus ater</i>			4	4
<i>Haematopus palliatus</i>	5	37	16	58
<i>Himantopus mexicanus</i>	6	41	23	70
<i>Hymenops perspicillatus</i>		47		47
<i>Ixobrychus involucris</i>		1		1
<i>Larus dominicanus</i>	663	319	160	1142
<i>Laterallus jamaicensis</i>			1	1
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>			1	1
<i>Lessonia rufa</i>	49	15	33	97
<i>Leucophaeus modestus</i>	6	73	14	93
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	1	95		96
<i>Limosa fedoa</i>		1		1
<i>Milvago chimango</i>	2	14		16
<i>Mimus thenca</i>		4		4
<i>Molothrus bonariensis</i>	2	2		4
<i>Numenius phaeopus</i>	128	119	63	310
<i>Nycticorax nycticorax</i>	29	3	6	38
<i>Pardirallus sanguinolentus</i>		1		1
<i>Passer domesticus</i>	18			18
<i>Patagona gigas</i>			1	1
<i>Pelecanus thagus</i>	33	2		35
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	93	145	124	362
<i>Phleocryptes melanops</i>	2	12		14
<i>Phrygilus alaudinus</i>	2		3	5
<i>Phrygilus fruticeti</i>			19	19
<i>Plegadis chihi</i>	3	1		4
<i>Podiceps major</i>	1			1
<i>Podilymbus podiceps</i>		7		7
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>		49		49
<i>Rhodopis vesper</i>	1	2		3
<i>Rynchops niger</i>	9			9
<i>Sicalis luteola</i>	73	87	186	346
<i>Spinus barbatus</i>	1			1
<i>Sterna hirundinacea</i>	14	36		50
<i>Sturnella loyca</i>	1	1	1	3
<i>Sula variegata</i>	1		2	3
<i>Tachuris rubrigastra</i>		8		8
<i>Tachycineta meyeri</i>	43	39	1	83
<i>Thalasseus elegans</i>	6			6
<i>Tringa flavipes</i>		1	17	18

<i>Tringa melanoleuca</i>		16	24	40
<i>Tringa semipalmata</i>		1		1
<i>Troglodytes aedon</i>	27	12		39
<i>Turdus falcklandii</i>	11	2		13
<i>Vanellus chilensis</i>	40	30	10	80
<i>Zenaida meloda</i>	26	15		41
<i>Zonotrichia capensis</i>	56	27	38	121
<b>Abundancia acumulada (N)</b>	1509	1588	813	3910
<b>Número de especies (S)</b>	47	58	34	79
<b>Simpson inverso (C<sub>inv.</sub>)</b>	0,7661	0,9279	0,8706	0,8854
<b>Shannon-Wiener (H')</b>	2,345	3,169	2,485	2,999
<b>Dominancia (D)</b>	0,2136	0,07212	0,1294	0,1146
<b>Equitatividad (J)</b>	0,6297	0,7805	0,7046	0,6865

### 3.2.1. Variación temporal de la abundancia de individuos entre humedales

El sitio donde se registró la mayor abundancia acumulada de individuos fue el humedal del Elqui, con un total de 1588 aves. Su valor máximo correspondió a noviembre de 2015, mes a partir del cual el número de individuos experimentó un descenso moderado. En contraste, el humedal con la menor abundancia de aves registradas fue el del Limarí (813 individuos), con un valor máximo observado en octubre de 2015. Respecto del Culebrón, la abundancia fue intermedia (1509 individuos) y mostró un notable incremento en enero de 2016 (Figura 7). Un análisis de varianza de dos vías indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas ni entre humedales (D. F.= 2; F = 4,900; P=0,084) ni entre meses (D. F.= 2; F = 0,0975; P= 0,909).

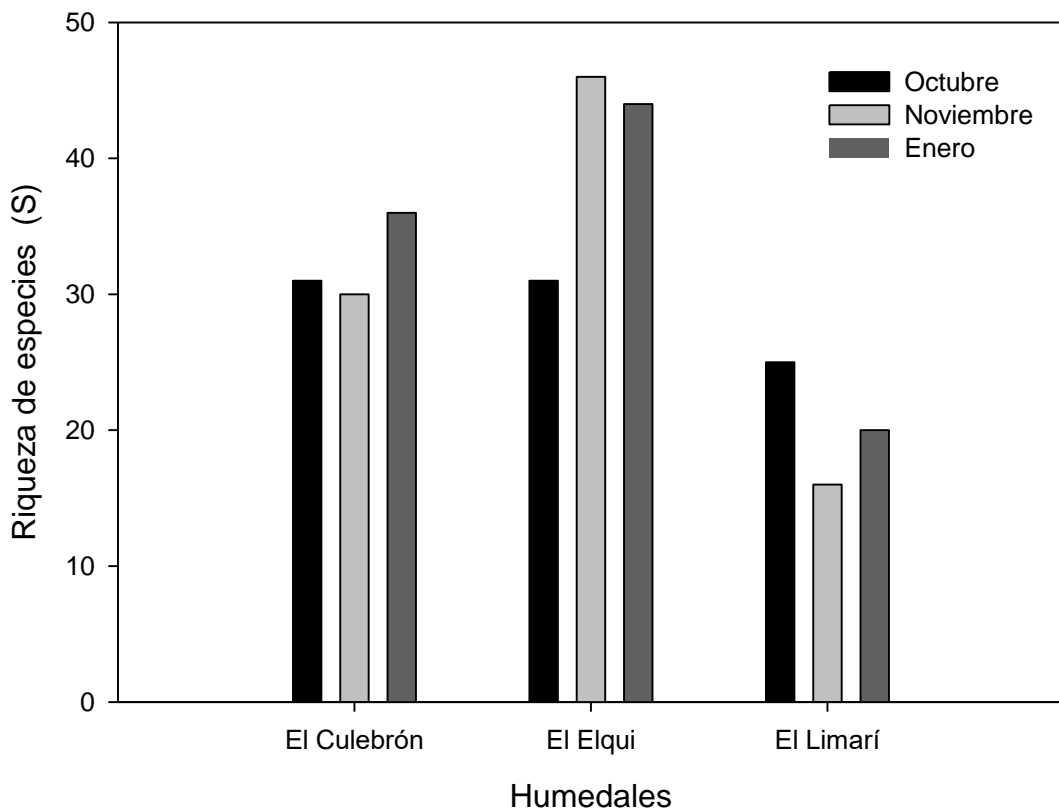


*Figura 7. Variación mensual de la abundancia acumulada de individuos en los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí durante la primavera y verano de 2015-16.*

### 3.2.2. Variación temporal de la riqueza de especies entre humedales

La riqueza de especies fue mayor en el humedal del Elqui, con un total de 58, seguida del Culebrón (47 especies) y El Limarí (34 especies). Los patrones de variación mensual de la riqueza de especies difirieron entre los tres humedales. En el humedal del Elqui el valor fue máximo en noviembre de 2015 y disminuyó ligeramente en enero de 2016. En el Limarí la mayor riqueza se observó en octubre de 2015, mientras que en El Culebrón —donde los primeros dos meses mostraron valores similares— ésta tuvo lugar en enero de 2016 (Figura 8). Por otra parte, el análisis de varianza de dos vías mostró que no existieron diferencias estadísticamente significativas ni entre humedales (D. F. = 2; F = 7,355; P=0,046) ni entre meses (D. F. = 2; F = 0,347; P= 0,726).





*Figura 8. Variación mensual de la riqueza de especies en los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí durante la primavera y verano de 2015-16*

### 3.2.3. Variación temporal de la diversidad de especies entre humedales

En general, la diversidad de especies (medida según el índice de Simpson) aumentó progresivamente durante el estudio, a excepción del Culebrón, donde tal tendencia fue interrumpida por un notable descenso en enero de 2016. El lugar con mayor diversidad de especies fue el humedal del Elqui, mientras que la menor se registró en El Culebrón. En relación con los otros sitios, El Limarí mostró una diversidad de especies intermedia (Figura 8).

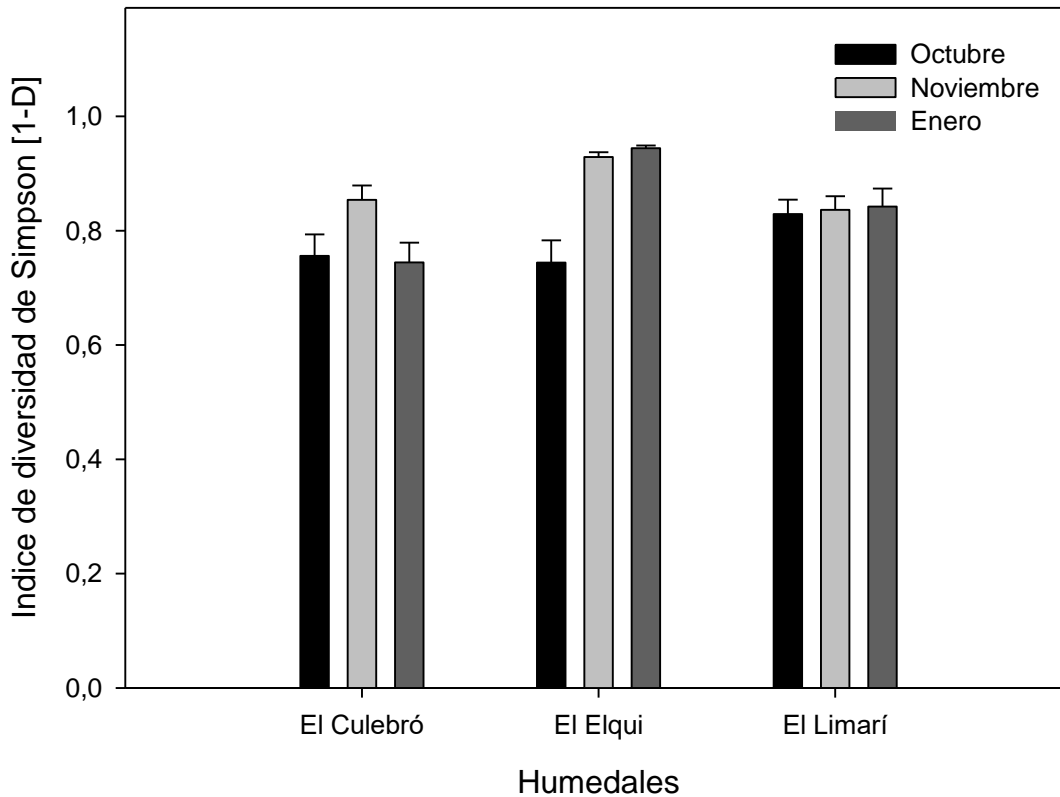


Figura 9. Variación mensual de la diversidad de especies en los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí durante la primavera y verano de 2015-16

### 3.2.4. Variación de la composición y dominancia de especies

En los tres humedales evaluados, la composición de los ensambles siguió un mismo patrón, con notable dominancia de dos especies y un descenso exponencial de la abundancia relativa a partir de éstas. Así, en el humedal El Culebrón el ensamble estuvo dominado por la gaviota dominicana (*Larus dominicanus*) y el zarapito común (*Numenius phaeopus*), con valores de abundancia relativa ( $p_i$ ) próximos a 45 y 10%, respectivamente. Las especies más raras del sitio —aquellas que contaron con sólo un registro— fueron 13, entre las que destacaron la garza azul (*Egretta caerulea*) y la tagüita del norte (*Gallinula galeata*). En comparación con los restantes humedales, El Culebrón presentó los valores más altos de dominancia ( $D = 0,2136$ ; rango al 95%: 0,1937-0,2346) y, por tanto, los menores de equidad ( $J = 0,6297$ ; rango al 95%: 0,6096-0,6505; fig. 10).

Como en El Culebrón, el humedal del Elqui mostró un ensamble dominado por la gaviota dominicana (20%), pero, en vez del zarapito, tuvo como segunda especie en orden de dominancia al cormorán yeco (*Phalacrocorax brasilianus*), cuyo porcentaje de abundancia relativa fue también cercano a 10%. Las especies registradas en sólo una ocasión fueron 18, entre las que destacaron el cuervo de pantano (*Plegadis chihi*) y la garza azul (*E. caerulea*). Los valores de dominancia reportados en el humedal del Elqui fueron los más bajos respecto del Culebrón y el Limarí (D= 0,07212; Rango al 95%: 0,7686-0,7957; Figura 9). Finalmente, y en claro contraste con los sitios antes descritos, el ensamble de especies del Limarí estuvo dominado por el chirihue (*Sicalis luteola*), seguido de la gaviota dominicana (*L. dominicanus*), con valores de abundancia relativa en torno a 25 y 20%, respectivamente. Un total de 8 especies contaron con un único registro, representando el menor valor entre los humedales evaluados, y entre éstas cabe destacar el picaflor gigante (*Patagona gigas*) y el pidencito (*Laterallus jamaicensis*). En relación con los otros sitios, los valores de dominancia reportados en este humedal fueron intermedios (D= 0,1294; Rango al 95%: 0,1176-0,1403; J= 0,7046; Rango al 95%: 0,6866-0,7303; Figura 10).

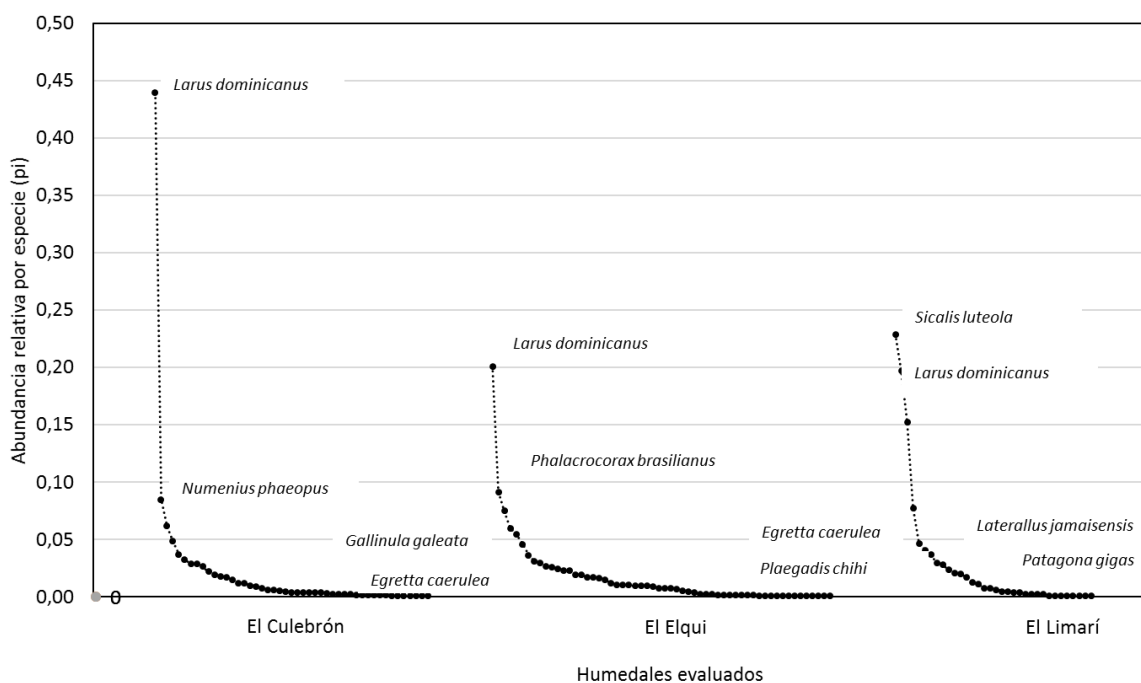


Figura 10. Diagrama rango-abundancia de los humedales El Culebrón, Elqui y Limarí (período primavera y verano de 2015-16)

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. Proyecto de ciencia ciudadana en humedales costeros de Coquimbo

La participación de los diferentes actores del proyecto fue fundamental para su concreción. La colaboración y alianza desarrollada con la organización REDAVES le entregó solvencia y calidad a los datos recabados durante el estudio. Además, brindó la garantía de una participación permanente de observadores de aves avezados y que demostraron su alto nivel de conocimiento de las aves de los humedales costeros de la región. Aunque la participación de los individuos no fue constante en todos los humedales, siempre se contó con un número de científicos-ciudadanos para llevar adelante el muestreo con eficiencia y calidad. De hecho, el recambio de personas, miembros de las diferentes instituciones y pertenecientes a las diferentes provincias de la región, hizo que el estudio no se convirtiera en una sobrecarga para los ciudadanos participantes. Esto se evidenció a través del entusiasmo con el que participaron y el grato ambiente que se compartía antes, durante y después de cada muestreo, como el desarrollo de la reflexión de las observaciones, en las cuales los participantes plantearon, a partir de las observaciones realizadas, nuevas inquietudes que podrían dar paso a nuevas indagaciones ciudadanas en el futuro. Los roles fueron claramente asignados, con los miembros de REDAVES como guías durante la observación, los miembros del equipo de coordinación del CEAZA en el diseño y desarrollo de la metodología, trabajo de convocatoria, logística y traslado y manejo de los datos, y el resto de los ciudadanos como equipo de apoyo en el registro de los avistamientos en las planillas de campo y observación de aves. Finalmente, el análisis de la información estuvo a cargo del equipo de científicos de la ULS y CEAZA que realizaron una síntesis de la información recabada.

A la luz de los resultados, es evidente que la calidad y cantidad de información recabada, no hubiese sido posible sin la participación coordinada de todo el equipo de científicos-ciudadanos convocados en éste estudio. La metodología desarrollada brinda las posibilidades de estudiar a mayor detalle la avifauna de los humedales costeros y de fácil manejo que permita el aprendizaje de futuros científicos-ciudadanos como su replicabilidad en el tiempo. Se espera que la aplicación de esta metodología en otros ambientes permita a largo plazo, una comparación con los resultados aquí presentes y permita reflexionar

sobre la forma en que los parámetros de la diversidad de aves varían en el tiempo y el espacio. Como también proveer de información y herramientas para la toma de decisiones en la protección de estas áreas silvestres y desarrollo urbano.

#### 4.2. Biodiversidad de avifauna de los humedales costeros urbanos y rurales

Entender los patrones de variación de los diferentes componentes de la diversidad de aves resulta fundamental para conocer la dinámica de los humedales costeros y establecer pautas para su conservación (CAACH, 2005). La degradación ambiental y la pérdida de diversidad asociadas a la intervención humana han tenido su máxima expresión en los ambientes estuarinos (Lotze et al., 2006), y muy especialmente los urbanos (Grayson, 1999). No obstante, los humedales del Elqui y El Culebrón albergaron una diversidad de aves similar a la registrada en el Limarí. En efecto, ninguno de los parámetros evaluados en estos sitios mostró diferencias estadísticamente significativas.

En general, los ensambles estuvieron dominados por dos especies, una de las cuales fue siempre la gaviota dominicana. De amplia distribución en el hemisferio sur, esta ave tiene una dieta generalista y es reconocida por su carácter fuertemente oportunista (BirdLife International, 2016). Captura peces e invertebrados, e incluso puede nutrirse de carroña o basura (Yorio & Bertellotti, 2002; Jaramillo, 2005). Con amplia diferencia, la gaviota dominicana fue la especie más abundante en los humedales del Elqui y El Culebrón, que, en concordancia con CAACH (2005) y nuestras observaciones *in situ*, fue el que registró los mayores niveles de perturbación antrópica y natural durante el estudio. Particularmente en El Culebrón, la abundancia de gaviota dominicana fue entre 5 y 7 veces superior a la reportada en los otros humedales. Cabe señalar que en la caleta San Pedro de Coquimbo, distante sólo 1,5 Km del sitio señalado, se eliminan diariamente grandes cantidades de desechos de pesca, los que podrían estar atrayendo a la gaviota dominicana y permitirían explicar su sobreabundancia local.

El 16 de septiembre de 2015, días antes del inicio de los muestreos, se produjo un sismo de magnitud 8,4 Richter con epicentro 37 km al SO de Canela Baja, al que sobrevino un devastador tsunami (CCT-ONEMI, 2015). De acuerdo con las transformaciones

geomorfológicas y vegetales que constatamos en cada sitio y estudios desarrollados en el sitio, se determinó que el efecto de este último evento fue mayor en los humedales El Culebrón y Limarí que en el Elqui (Contreras-López et al 2016).

Aparte de los efectos físicos antes señalados, el tsunami produjo la rotura de un ducto de alcantarillado (*bypass*) existente en la desembocadura del estero El Culebrón, lo que provocó el derrame de aguas servidas al ecosistema durante 4 días. Además, en diciembre de 2015, aproximadamente un mes antes del último muestreo ciudadano, la empresa sanitaria regional, dueña y administradora del citado ducto, fue nuevamente responsable de un nuevo vertimiento de aguas servidas sobre el humedal (Villagrán 2015). Debido a su aporte de materia orgánica, ambos eventos de contaminación podrían estar vinculados al estado de eutrofización y subsecuente anoxia que presentó el sistema (Northcote, 1991). Dada su tolerancia a ambientes altamente perturbados (Yorio & Bertellotti, 2002), es posible que la gaviota dominicana esté siendo beneficiada por la degradación de los humedales urbanos y que sea ésta una de las causas subyacentes a su dominancia en dichas unidades. En efecto, ésta fue una de las pocas especies cuya presencia no resultó afectada por los eventos de contaminación.

Otras especies que registraron una alta abundancia relativa fueron el cormorán yeco (*P. brasilianus*), el zarapito común (*N. phaeopus*) y el chirihue (*S. luteola*). De modo interesante, estas especies presentan hábitos conductuales similares, pues son gregarias en algún momento de su vida cotidiana (Jaramillo, 2005). En el caso del yeco, los individuos se reúnen en grandes grupos para descansar y pernoctar, ya sea en áreas abiertas de los humedales o utilizando árboles urbanos. Cabe destacar que esta especie —la única entre los cormoranes de Chile que utiliza árboles (Jaramillo, 2005) — manifiesta una clara tendencia a aprovechar espacios urbanos. No obstante lo anterior, y a diferencia de la gaviota dominicana, se trata de un ave esencialmente piscívora, aunque también consume anfibios e invertebrados acuáticos. Por esta razón, su presencia depende estrictamente de los cuerpos de agua (Conde-Tinco & Lannacone, 2013).

En zarapito común, por su parte, es una de las aves migratorias de origen boreal más abundantes en Chile (Vilina & Cofré 2006). Para alimentarse y descansar, los individuos de esta especie se reúnen en grupos de tamaño variable, preferentemente cerca de áreas fangosas, donde busca los pequeños invertebrados de que se alimenta (BirdLife International, 2016).

A diferencia de las demás especies dominantes, el chirihue —considerado como una de las aves más abundantes del país (Aves Chile, 2016) — es un pequeño paseriforme de hábitos granívoros y ocasionalmente insectívoros. Frecuenta ambientes abiertos (ejemplo: pastizales y cultivos), es capaz de tolerar altos niveles de perturbación; y suele formar grandes congregaciones para nidificar (Comparatore et al. 1996; Amaral 2011, Richmond et al., 2012). En concordancia con estos antecedentes, el chirihue fue la especie dominante en el humedal del Limarí, donde las formaciones vegetales abiertas, en particular los herbazales halófilos de hierba sosa (*Sarcocornia* sp.), exhibieron —según análisis complementarios de fotointerpretación— una cobertura notablemente mayor que otras asociaciones presentes en el sitio.

En general, el gregarismo de las especies antes descritas, además de su tolerancia a la degradación ambiental y habilidad para utilizar con eficiencia diferentes recursos, parece explicar su dominancia en los humedales evaluados.

La abundancia relativa de las especies más raras —aquellas que contaron con sólo un registro— fluctuó entre 20 y 30%, valor alto, que refleja un muestreo insuficiente de los ensambles y que, por lo tanto, no permite concluir de manera categórica respecto a la composición total de especies de éstos humedales. En concordancia con este supuesto y tomando como referencia la lista actualizada de eBird (2016), los monitoreos realizados abarcaron sólo el 39% de las especies descritas en el humedal del Elqui (149), 38% en El Culebrón (123) y 37% en el Limarí (97).

A menudo las especies raras no son buenos indicadores de condición ecológica, dada la dificultad intrínseca para distinguir entre la rareza derivada de una estrategia de vida y aquella que se debe a requerimientos de habitabilidad de las especies. Ejemplo de esto

último fue el registro de picaflones (*Patagona gigas* y *Rhodopis vesper*), passeriformes del género *Phrygilus* y tencas (*Mimus thenca*), ya que tienen sus hábitats típicos en formaciones arbustivas o boscosas (Jaramillo, 2005) y utilizan los humedales como hábitats marginales u ocasionales (Holt, 2010). Pese a la escasa aptitud bioindicadora de las especies raras, su riqueza, diversidad y presencia son los criterios más citados para la selección de áreas prioritarias de conservación (Prendergast et al., 1993).

Una de las especies más notables registradas durante el estudio fue el pidencito (*Laterallus jamaicensis*), ave exclusiva de ambientes pantanosos, que registramos en los humedales del Elqui y Limarí. De conducta críptica, se alimenta principalmente de invertebrados acuáticos y terrestres (BirdLife International, 2016). A nivel internacional, es considerada como una especie casi amenazada (NT) (IUCN, 2016), mientras que en Chile es reconocida como inadecuadamente conocida (DD) (MMA, 2016). El pidencito puede verse particularmente afectado por la degradación del hábitat, en especial la derivada del pastoreo en humedales de zonas semiáridas (Richmont et al., 2012).

El humedal del río Elqui es el segundo en superficie entre los humedales estudiados, sin embargo, es el lugar donde se han registrado los mayores valores de riqueza y abundancia de especies y también con valores de diversidad más altos.

Finalmente, en el presente estudio se detectó una respuesta congruente en términos de las diferentes variables medidas en el sistema. En particular tanto la abundancia, como el número de especies, y los índices de diversidad de Shannon, Simpson, y de equitatividad mostraron sus valores más altos en el humedal del Elqui.



#### 4.2. Difusión y uso de la información

La información recabada en el presente estudio de ciencia ciudadana ha sido divulgada de diversas maneras. Los resultados del presente estudio fueron presentados en el Primer Seminario de Ciencia Ciudadana de la Región de Coquimbo, 2015, en la Universidad Católica del Norte, evento organizado por el programa de Ciencia Ciudadana de CEAZA y financiado por el Fondo de Fortalecimiento de Centros Regionales de CONICYT. Uno de los aspectos más destacados del proceso fue la cocreación de la presentación de los resultados entre los científicos y los de una ciudadana que participó con mayor constancia en los muestreos, quien presentó los resultados en el seminario a nombre de todo el equipo de que trabajo (Valdivia et al. 2015). Su participación en el evento fue reconocida por expertos internacionales del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell de Estados Unidos y de la Universidad Interamericana de Puerto Rico quienes reconocieron la importancia de lograr en sus propios países que sean los ciudadanos los que utilicen la información y la divulguen, como en nuestro caso ya que ello tendrá un impacto significativamente mayor al que tendría al ser divulgado por científicos. Otros productos del proyecto fueron la “Manual del científico-ciudadano para el monitoreo de aves de humedales costeros” y una “Guía Aves de Humedales Costeros de la Región de Coquimbo” con excelente registro fotográfico del grupo REDAVES, ayuda a identificar 69 de las aves más representativas de estos ecosistemas (Cortez-Echeverría & Pastén-Marambio 2016). Finalmente, y aunque la investigación no estuvo planificada con dicho fin, el monitoreo de aves, en particular en el humedal El Culebrón, ha permitido contribuir con información para evaluar el impacto de un evento de perturbación que afectó dicho humedal entre octubre y de diciembre de 2015. Los ciudadanos que participaron en el estudio, preocupados por la dramática situación que se vivió en el humedal utilizaron parte de la presente información para evaluar la fuente de la contaminación y sus efectos en el área. De esta forma, se ha logrado un empoderamiento de los ciudadanos para llevar acciones de protección del humedal, sino también del conocimiento que ellos mismos han ayudado a producir y que tangiblemente han evidenciado la utilidad de la investigación científica y de la ciencia ciudadana como una aproximación robusta y confiable para resolver sus problemáticas ambientales.

## 5. CONCLUSIONES

A partir de la evidencia generada a través de la participación de científicos y ciudadanos se ha logrado un relevamiento adecuado de la diversidad de aves en los humedales estudiados. No obstante, a la luz de la evidencia, que nuestra inquietud inicial planteaba que la degradación del hábitat y la perturbación antrópica en los humedales costeros urbanos producirían una disminución de la diversidad de las aves asociadas a éstos ambientes. El resultado fue sorprendente, ya que no encontramos diferencias sustanciales en la diversidad de aves entre humedales urbanos y el rural. Aunque inicialmente esto se vio como una debilidad en realidad representa la resiliencia de estos ambientes acuáticos de zonas áridas y el desarrollo urbano. También una gran oportunidad para promover la conservación de la diversidad de aves en los humedales urbanos costeros de la Región de Coquimbo, principalmente en la conurbación la Serena-Coquimbo, ya que estos espacios brindan una oportunidad única para resaltar los valores de conservación de los humedales al convertirse en espacios naturales para el disfrute de los ciudadanos en una ciudad creciente y que carece de áreas verdes y naturales. Además, los humedales tienen un gran potencial para convertirse en aulas abiertas para el aprendizaje y valoración de la biodiversidad y la naturaleza. Considerando que el conocimiento de la diversidad de aves y la ecología e historia de las diferentes especies es escasamente conocida, estos ambientes se convierten en un escenario prioritario para el desarrollo de investigación científica que permita conocer a profundidad su dinámica, brindando el conocimiento necesario para la toma de decisiones para su conservación. Considerando que la diversidad de aves en los humedales urbanos del Elqui y el Culebrón son tan altas como en humedales menos perturbados, vale la pena desarrollar todos los esfuerzos para convertir prontamente estos ambientes en parque urbanos con figuras de conservación, como áreas protegidas o humedales RAMSAR. En ese sentido y siguiendo el ejemplo de la investigación aquí realizada, la colaboración estrecha a través de proyectos de ciencia ciudadana se convierte en una oportunidad inmejorable para lograr los múltiples objetivos de desarrollar una cultura y valoración de la ciencia en la sociedad y lograr la conservación de áreas silvestres a la par del desarrollo urbano.

## 6. REFERENCIAS

- Aves Chile. (2016). Aves de Chile. [aplicación web]. Aves de Chile, Santiago, Chile. Acceso: <http://www.aveschile.cl>. (Acceso: 5 de marzo de 2016).
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59(11), 977-984.
- Cepeda, P. J., & López-Cortés, F. A. Squeo (2004). Sistemas Naturales de la Hoya Hidrográfica del Río Elqui: Variabilidad climática y vulnerabilidad (No. 4, p. 4163). IACC Project Working Paper.
- Comparatore, V. M., Martínez, M. M., Vassallo, A. I., Barg, M., & Isacch, J. P. (1996). Abundancia y relaciones con el hábitat de aves y mamíferos en pastizales de *Paspalum quadrifarium* (Paja Colorada) manejados con fuego (Prov. de Buenos Aires, Argentina). *Interciencia-Caracas-*, 21, 228-237.
- Contreras-López, M., Winckler, P., Sepúlveda, I., Andaur-Álvarez, A., Cortés-Molina, F., Guerrero, C. J., & Vergara, H. (2016). Field Survey of the 2015 Chile Tsunami with Emphasis on Coastal Wetland and Conservation Areas. *Pure and Applied Geophysics*, 173(2), 349-367.
- Corporación Ambientes Acuáticos de Chile (2005). Los humedales no pueden esperar: Manual para el Uso Racional del Sistema de Humedales Costeros de Coquimbo. Luna Quevedo, D. (ed.) Santiago, Chile. 136 p.
- Cortez-Echeverría, J. & Pastén-Marambio, V. (2016). Guía de aves de Humedales Costeros de la Región de Coquimbo. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). 84 p.
- Devictor, V., Whittaker, R.J., & Beltrame, C., (2010). Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. *Diversity and Distributions* 16, 354-362.
- eBird (2016). eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Ithaca, New York. Disponible en: <http://www.ebird.org>. (Acceso: 5 de marzo de 2016).

- Feinsinger, P. (2013). Metodologías de investigación en ecología aplicada y básica: ¿cuál estoy siguiendo, y por qué? *Revista chilena de historia natural*, 86(4), 385-402.
- Figueroa, R., Suarez, M. L., Andreu, A., Ruiz, V. H., & Vidal-Abarca, M. R. (2009). Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Gayana (Concepción)*. 73(1), 76-94.
- Fuster-Gomez, R. (2010). Informe final estudio: "Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Chile. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile. 395 p.
- Grayson, J. E., Chapman, M. G., & Underwood, A. J. (1999). The assessment of restoration of habitat in urban wetlands. *Landscape and Urban planning*, 43(4), 227-236.
- Hammer, Ø, Harper, D. A.T., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- Holt, E. A., & Miller, S. W. (2011). Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 8.
- Jaramillo, A., Burke, P., & Beadle, D. (2005). *Aves de Chile*. Lynx Ediciones, Barcelona.
- Tabilo-Valdivieso, J. R. E. & Mondaca, V. (1998). Avifauna de la Laguna de Punta Teatinos y ecosistemas adyacentes, Bahía de Coquimbo, Chile. *Boletín Chileno de Ornitología*, 5, 2-9.
- Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., ... & Jackson, J. B. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781), 1806-1809.
- Martínez, J., Carreño, M.F., Palazón, J.A., González, J.C. & Esteve, M.A. (2011). Estudio y caracterización de las comunidades vegetales e hidrogeomorfología de criptohumedales semiáridos mediterráneos mediante SIG y LIDAR. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua "Ríos Ibéricos + 10. Mirando al futuro tras 10 años de DMA". 6 páginas.
- McDonnell, M. J., & Pickett, S. T. (1990). Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology*, 71(4), 1232-1237.

- MMA - CEA. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente y Centro de Ecología Aplicada. Santiago, Chile. 164 pp.
- MOP-DGA & CADE-IDEPE. (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. Cuenca del río Elqui. Santiago, Chile.
- Morales, L., Canessa, F., Mattar, C., Orrego, R., & Matus, F. (2006). Caracterización y zonificación edáfica y climática de la Región de Coquimbo, Chile. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 6(3), 52-74.
- Northcote, T. (1991). Eutrofización y problemas de polución. *El Lago Titicaca: Síntesis Del Conocimiento Limnológico Actual. Hisbol-ORSTOM, La Paz*, 563-572.
- Novoa, J. E., & López, D. (2001). IV Región: el escenario geográfico físico. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo, 13-28.
- Prendergast, J. R., Quinn, R. M., Lawton, J. H., Eversham, B. C., & Gibbons, D. W. (1993). Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., & DeSante, D. F. B. Milá. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA Pacific Southwest Research station, Forest service, US Department of Agriculture.
- Richmond, O. M., Tecklin, J., & Beissinger, S. R. (2012). Impact of cattle grazing on the occupancy of a cryptic, threatened rail. *Ecological Applications*, 22(5), 1655-1664.
- Tabur, M. A., & Ayvaz, Y. (2010). Ecological Importance of Birds. Tabur, Mehmet Ali and Ayvaz, Yusuf (2010) Ecological Importance of Birds. In: 2nd International Symposium on Sustainable Development, June 8-9 2010, Sarajevo.
- Tinco, M. A. C., & Iannacone, J. (2013). Bioecology of *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin, 1789) (Pelecaniformes: Phalacrocoracidae) in South America. *The Biologist*, 11(1), 151-166.
- Vásquez, J.L. & M.A. Vega. (2004). Ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Fray Jorge. En: F.A. Squeo, J.R. Gutiérrez & I.R. Hernández, Eds., *Historia Natural del*

Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2004) 13: 235 - 252

Vilina, Y. & H. Cofré, H. (2006). Aves acuáticas continentales. *Biodiversidad de Chile: patrimonio y desafíos*. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile, 270-277.

Villagrán-Mella, R., Aguayo, M., Parra, L. E., & González, A. (2006). Relación entre características del hábitat y estructura del ensamble de insectos en humedales palustres urbanos del centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 79(2), 195-211.

Villagrán, V. (2015). Sería contaminación con fecas en humedal El Culebrón. *Diario La Región de Coquimbo*. Publicado: miércoles, marzo, 09, 2016.

Yorio, P., & Bertellotti, M. (2002). Espectro trófico de la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) en tres áreas protegidas de Chubut, Argentina. *El Hornero*, 17(02), 091-095.