



Departamento de Zoología
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



VARIACIONES DE LA ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE DE AVES A LO LARGO DE UN
GRADIENTE AMBIENTAL EN EL HUMEDAL TUBUL-RAQUI, VIII REGIÓN, CHILE.

STRUCTURAL VARIATIONS OF BIRDS ASSEMBLAGE THROUGH AN ENVIRONMENTAL
GRADIENT IN THE WETLAND TUBUL-RAQUI, VIII REGION, CHILE.

Seminario de Investigación
Para optar al grado de Licenciado en Biología

Profesores Guía: Dr. Roberto Urrutia P. & Pedro Victoriano S:

Patricia S. Carrasco Lagos
Carrera de Biología. Depto. Zoología. Fac. de Cs. Nats. y Oceanográficas

Marzo de 2004

RESUMEN

En el estuario Tubul-Raqui, situado al sur de la ciudad de Arauco, VIII región, se realizó un estudio de la composición taxonómica, riqueza y abundancia de la avifauna y su relación con factores ambientales tales como vegetación y salinidad. Para lo cual se realizó el conteo e identificación en terreno de los individuos, se determinaron las abundancias relativas, composición y riqueza de especies, a lo largo de un gradiente de salinidad en el humedal. Se calcularon los índices de similitud de Jaccard y Bray-Curtis. Se hizo un análisis de componentes principales (ACP), para comparar los sitios de muestreo de acuerdo al tipo de especies que albergan, y se aplicó un análisis de Rarefacción, el índice de diversidad de Shannon (H') y la Equidad (J'), para comparar la diversidad entre los sitios muestreados. Se determinó para el ecotono, una mayor riqueza de especies y de familias. Además, esta área presenta los mayores valores de diversidad y equidad. Una mayor heterogeneidad del hábitat y alta oferta trófica sería la posible explicación al mayor número de aves. Esta zona resultó ser similar a la dulceacuícola respecto a la cantidad y tipo de especies que alberga. La posible independencia que tienen las aves acuáticas al medio dulce, podría explicar estos resultados. Por el contrario, la extensión marina difiere con ambas zonas (ecotono y dulceacuícola), disminuyendo progresivamente las especies río arriba, no siendo reemplazadas por otras formas estenohalinas, ya que estarían limitadas por los valores intermedios de salinidad. Se determinó que la vegetación y salinidad, son factores importantes en la selección del hábitat, ya que existen diferencias significativas entre la zona marina y el resto de las áreas del humedal. Pero, debido a que parte de las aves observadas son migratorias, la selección y uso del hábitat puede variar a lo largo de un período de tiempo y espacio. No obstante, debido a que gran parte de las aves observadas en el humedal son migratorias, se requieren estudios que abarquen el resto de las estaciones del año para determinar si se repiten los patrones observados en primavera, o bien, si hay cambios en el patrón de distribución, abundancia, etc. de las aves.

PALABRAS CLAVES: Gradiente, Humedal, Aves, Ensamble, Tubul-Raqui.

ABSTRACT

In the Tubul-Raqui stuary, located at the south of Arauco city (VIII region), it was made a study about the taxonomic composition, richness and abundance of birds and its relation with vegetation and salinity was established. Counting and identification field campaign were made throughout salinity gradient in the wetland. Statistical analyses considered the determination of similitud, diversity (H), and evenness (J) indexes (Jaccard and Bray-Curtis), Principal Component Analyses and Rarefaction Curves to compare the different habitat.

The results shown a great number of families and species for the ecotone. Besides, this area was very similar to the freshwater zones. On the other hand, the marine zones were different of ecotone and freshwater zones, probably because the freshwater species are more salinity tolerant than the marine ones. These species decrease steady up to the upper part of the river, without replacement by other marine species. Also was determined that the salinity and vegetation are key factors for habitat selection, because there were significative differences between the marine zone and ecotone and freshwater zones.

KEYWORDS: Gradient, Coastal Wetland, Birds, Assemblage, Tubul-Raqui.

INTRODUCCION

Dentro de la ecología, la relación que existe entre la estructura del paisaje y las comunidades de aves acuáticas, constituye un tema ampliamente estudiado (Brennan, 1987; Espino-Barros, 1989; Garay, 1991; Blanco, 1998; Gonzáles, 2002) y con interrogantes aún no resueltas. La preferencia o uso del hábitat depende de su heterogeneidad (Vargas *et al*, 1997), y desde el punto de vista ecológico, la estructura de la vegetación resulta importante para la fauna ya sea como proveedora de alimento, refugio o áreas para reproducción y protección de crías (Quezada, 1986; Quintana, 1993; Espinoza, 1997; Blanco, *op. cit*; Blanco, 2003; Quintana; 2003).

La riqueza y abundancia de aves acuáticas que habitan humedales depende de diversos factores, tales como el régimen hidrológico, el tamaño del humedal y la estructura de la vegetación (Blanco, *op. cit*; Gonzáles, *op. cit*). Las aves acuáticas raramente se distribuyen uniformemente dentro de un humedal, sino que la riqueza y abundancia están asociadas a las características ambientales locales (Blanco, *op. cit*; Riffo, 1999). Respecto a esto último es importante el grado de heterogeneidad y el número de hábitats presentes.

Riffo (*op. cit*) asevera que en el humedal Los Batros, ubicado en la comuna de San Pedro de la Paz (VIII Región), las aves son el grupo de vertebrados mejor representado, registrándose una mayor riqueza de especies en hábitat específicos como los pajonales abiertos, cerrados y praderas húmedas y, en cuanto a la utilización de los biotopos (espejo de agua, pajonales, pradera y bosque, y matorral) se observó un bajo porcentaje de aves en más de un ambiente, lo que indicaría claramente el alto grado de especialización en el uso del hábitat.

Un tipo particular de humedal lo constituyen los estuarios, y están definidos como “un cuerpo de agua costero, semicerrado, con una conexión libre con el mar, donde el agua marina se encuentra mesuradamente diluida por agua dulce, proveniente del drenaje terrestre” (Pitchard (1967), *fide* Constabel (1993)). Ejemplos de éstos son las desembocaduras de ríos, las bahías costeras, las marismas, etc. (Odum, 1972).

Los estuarios son zonas de transición o ecotonos entre agua dulce y los hábitats marinos. Estos no son simplemente una frontera o borde; el concepto supone la existencia de interacción o confluencia activa entre dos o más ecosistemas (o fragmentos de ecosistemas), lo que da por resultado que el ecotono tenga

propiedades que no existen en ninguno de los ecosistemas adyacentes. Algunas veces los ecotonos son poblados por más tipos y mayores cantidades de aves y animales de los que se encuentran en el interior de las comunidades adyacentes, que son más homogéneas (Odum, 1998).

Además, los estuarios presentan, generalmente, un marcado gradiente de salinidad a lo largo de este (Odum, op. cit), tanto vertical como horizontalmente, el que puede variar según los ciclos estacionales, corrientes, vientos, etc. (Begon, 1995; Smith, 2001; Tait, 1987). Debido a que la concentración de iones metálicos transportados por los ríos varía de un lugar a otro, la salinidad e hidroquímica de los estuarios es variable. La proporción de sales disueltas en las aguas estuarinas permanece aproximadamente igual a la del agua de mar, pero su concentración varía en un gradiente desde el agua dulce a la marina (Smith, op. cit.).

La salinidad es una condición que limita la distribución y abundancia de los organismos (ya sea vegetales o animales), especialmente en lugares como los estuarios en donde existe un gradiente particularmente acusado entre los hábitats realmente marinos y los de agua dulce. Algunos habitantes del estuario no resisten bajas salinidades, y su abundancia se reduce a lo largo del gradiente. Las fluctuaciones de salinidad del humedal repercuten a su vez en la estructura vegetacional, y por ende en la composición de la fauna asociada. El tipo de especie de aves presentes a lo largo de un gradiente de salinidad en un estuario, puede estar determinado tanto por el tipo de vegetación, como por la salinidad misma.

En la VIII Región de nuestro país, existen numerosas y extensas zonas húmedas que constituyen un valioso patrimonio natural (Riffo, op. cit). Con el aumento de la pluviosidad, existe un incremento de las áreas estuarinas, ligadas principalmente a ríos y escurrimientos de la cordillera de la costa. Las llanuras costeras que caracterizan prácticamente a la costa de la VIII región, permiten la existencia de una serie de estuarios y marismas de reconocida importancia. Entre ellos cuentan los estuarios del río Andalién y del estero Lenga, ambos muy alterados por acción antrópica (Stuardo & Valdovinos, 1989). En el límite sur del golfo de Arauco se encuentra el estuario del río Tubul, el cual con sus dos brazos (río Raqui y río Tubul) es posiblemente por su extensión y área marismal, uno de los más importantes de la zona centro-sur (Stuardo & Valdovinos, op. cit.), con una superficie de 2.600 há. (CONAMA, 1999). Las primeras investigaciones realizadas en este estuario fueron evaluaciones del recurso *Gracilaria sp.* en Tubul (Werlinguer, 1988), y estudios de los ambientes sedimentarios del estuario Tubul-Raqui (Constabel, op. cit.). Estas características, asociadas a la abundante avifauna, lo transforman en un sitio interesante para realizar estudios ecológicos que relacionen la abundancia relativa, composición y riqueza de especies,

con las diferentes características físico-químicas del agua y vegetación presente en el humedal Tubul-Raqui. Como aspectos importantes a abordar, esta la presencia del ecotono mar-río y su efecto sobre la estructura comunitaria de aves, y la eventual importancia de la composición vegetacional y salinidad sobre las mismas.

En función de lo anteriormente expuesto se formulan las siguientes hipótesis de trabajo:

- 1) El humedal Tubul-Raqui presenta diferencias significativas en la composición, riqueza y abundancia de la avifauna entre los sectores que presentan características ambientales distintas (e.g. composición vegetacional y salinidad).
- 2) Debido a que el humedal incluye un área de confluencia de dos tipos de ambientes (agua dulce y salada) se espera una mayor diversidad y riqueza de especies de aves en el área ecotonal.

Objetivo general:

- Realizar un estudio de la estructura de la comunidad de aves del estuario Tubul-Raqui asociada a las diferentes características del hábitat del humedal.

Objetivos específicos:

- Caracterizar la composición vegetacional del humedal Tubul-Raqui.
- Determinar la composición taxonómica de las aves que habitan diferentes zonas del estuario en el humedal Tubul-Raqui.
- Determinar la riqueza taxonómica de las aves y compararla entre las áreas con distintas características dentro del estuario.
- Determinar la abundancia relativa de las poblaciones de aves y compararla con las áreas que poseen diferentes características dentro del estuario.
- Determinar si existe relación entre la salinidad y la abundancia de aves en el estuario.
- Determinar si existe relación entre la vegetación y la abundancia de aves dentro del estuario.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio:

El humedal Tubul-Raqui (Figura 1) se sitúa frente al golfo de Arauco ($37^{\circ}13'S$, $73^{\circ}26'O$), a 17 km al sur de la ciudad de Arauco, VIII Región (Figura 1). En este sector confluyen en su llegada al mar los ríos Tubul y Raqui, que tienen origen costero y de régimen netamente pluvial. Ambos ríos presentan características estuarinas con influencia marina marcada en períodos de pleamar (marea alta), permitiendo la existencia de praderas de *Gracilaria sp.* en el curso inferior de los ríos (Constabel, 1993).

La cuenca del río Tubul, con un área de 98 km^2 , recibe aportes de agua dulce sólo en la época de lluvia. La cuenca del río Raqui, con un área de 176 km^2 , drena áreas de relativa altura (300 m), presentando escurrimiento de agua durante todo el año (Constabel, 1993).

En el estuario Tubul-Raqui crece la especie *Gracilaria verrucosa* en forma dominante ocasionalmente acompañada por algas del género *Ceramium sp.* Cerca de la desembocadura crece exclusivamente *Porphyra columbia*. En los ríos Tubul-Raqui la situación estuarina es claramente favorable para *Gracilaria sp* (Werlinger, 1998).

Zonación del humedal

Mediante la utilización de la información de salinidad reportada por Stuardo *et al.*, en 1993 (Figura 1) y de mediciones realizadas en terreno se establecieron tres zonas diferentes en el humedal: marina, ecotonal y dulceacuícola (Figura 2).

Zona marina: área donde confluyen y desembocan los ríos Raqui y Tubul. Esta se encuentra delimitada por roquerío y cerros con alta pendiente al norte, y la caleta Tubul al sur. Las estaciones fueron ubicadas en las playas arenosas frente a la desembocadura

Zona ecotonal: esta zona se encuentra a unos 3000 - 4000 mt, luego de la zona marina. En la época primaveral, se forman lagunas al interior de esta zona, siendo el refugio y hábitat de muchas aves, especialmente de Anatidos.

Zona dulceacuícola: Se prolonga unos 3000 – 4000 mt a continuación de la anterior. Esta zona se encuentra al interior de los ríos Raquí y Tubul, colinda con cerros de pendiente moderada y relictos de bosque y arbustos nativos. Las estaciones de observación fueron ubicadas a lo largo de los ríos al igual que en la zona anterior.

Durante los años 1990 y 1992, Stuardo et al. (1993) midieron en este humedal parámetros tales como salinidad, pH, granulometría, etc. Observaron que durante el verano, los sectores medios del río Tubul presentaban características hipersalinas, mientras que al interior, la salinidad es menor debido a la influencia de agua dulce. A comienzos del otoño (marzo 1990), cuando la pluviosidad aún era escasa, los valores, tanto del río Tubul como del Raquí, eran relativamente similares a los del verano. A fines de invierno (septiembre 1990) y a comienzos de otoño (abril 1991) los mayores valores están en la desembocadura, mientras que en el interior del Raquí o del Tubul los valores son igual o inferior a 15 ‰.

Determinación de las categorías vegetacionales

Con el objetivo de determinar las categorías vegetacionales se tomaron muestras en cada una de las zonas del estuario para su posterior identificación en el laboratorio de Botánica de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción.

Avifauna:

Los períodos de observación para la determinación de la abundancia e identificación de la avifauna del humedal, se dividieron en dos campañas de terreno (Tabla I) entre noviembre de 2003 y enero de 2004. Cada campaña abarcó un día para el río Raquí y un día para el Tubul,. El catastro de las aves se realizó mediante observaciones de terreno con la ayuda de lentes binoculares, manuales de identificación (Araya, 1996; Rottmann, 1995) y percepción acústica.

Dependiendo del tamaño de cada zona, se muestreó durante un tiempo que fluctuó entre 10 y 15 minutos en cada estación. Los muestreos comenzaron a las 8 de la mañana, hora en que la mayor parte de las aves inician su actividad (Bybbi, 1997).

Se consideraron dos estaciones de monitoreo para la zona marina, tres para la zona ecotonal y tres para la dulceacuícola. Debido a las características y extensión del humedal, el acceso a las distintas estaciones se realizó a través del agua, con la ayuda de un bote.

TABLA I. Simbología para las campañas realizadas en el humedal Tubul-Raqui (1° y 2°).

	Marina		Ecotonal						Dulceacuícola					
			Tubul			Raqui			Tubul			Raqui		
1° campaña	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2° campaña	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"	13"	14"

Con el objetivo de comparar los sitios, se realizó un análisis de similitud de Jaccard, (presencia o ausencia de aves) cuya fórmula es:

$$I_{A - B} = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde a es el número del total de especies presentes en el sitio A, b es el número del total de especies presentes en el sitio B y c es el número de especies presentes en ambos sitios A y B. Este índice va desde 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Se espera encontrar que la zona marina sea similar en cuanto a los taxa presentes en la zona ecotonal, mientras que la zona dulceacuícola se diferenciará de los dos anteriores por los tipos distintos de especies presentes.

Las abundancias relativas se calcularon en base a la proporción de individuos de cada especie respecto de la cantidad total del conjunto presente en cada estación. Luego para comparar los sitios se utilizó un índice de similitud cuantitativo Bray-Curtis. Su fórmula es:

$$BC_{ij} = \sum \frac{|n_{ik} - n_{jk}|}{(n_{ik} + n_{jk})}$$

Donde n es el número de individuos, k es la especie considerada, i es el i ésimo sitio y j es el j ésimo sitio. Se espera que se agrupen los sitios que contengan especies similares y un número similar de individuos por especie. Se realizó además, un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de ordenar los sitios de muestreo en función de su avifauna. A su vez este análisis informa sobre las especies

que agrupan en mayor medida los sitios. Se espera que los sitios de una misma categoría resulten agrupados en el plano principal, debido a que comparten las mismas especies, y éstas están presentes en número semejante.

Para comparar la riqueza de especies entre hábitats se hizo un conteo del número total de cada especie. Para cada estación se aplicó un análisis de rarefacción que permite comparar la riqueza (número) de especie entre los sitios estandarizando por el tamaño de muestra, cuya formula es:

$$E(S) = \sum \frac{1 - (N - N_i) / n}{N / n}$$

Donde $E(S)$ es el número esperado de especies, N es el número total de individuos en la muestra, N_i es el número de individuos de la i ésima especie y n es el tamaño de la muestra estandarizado. El programa estadístico Biodiversity Pro, permite realizar en forma gráfica los análisis. Se espera que la zona ecotonal presente una mayor riqueza específica, mientras que las zonas dulceacuícola y marina, presenten un menor número de especies.

La diversidad de cada sitio se determinó mediante el índice de equidad de Shannon-Wiener (H') utilizando logaritmo en base 10. Este índice se calcula determinando, para cada especie, la proporción de individuos con la que contribuye al total de la muestra, es decir, la proporción es P_i para la especie i :

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

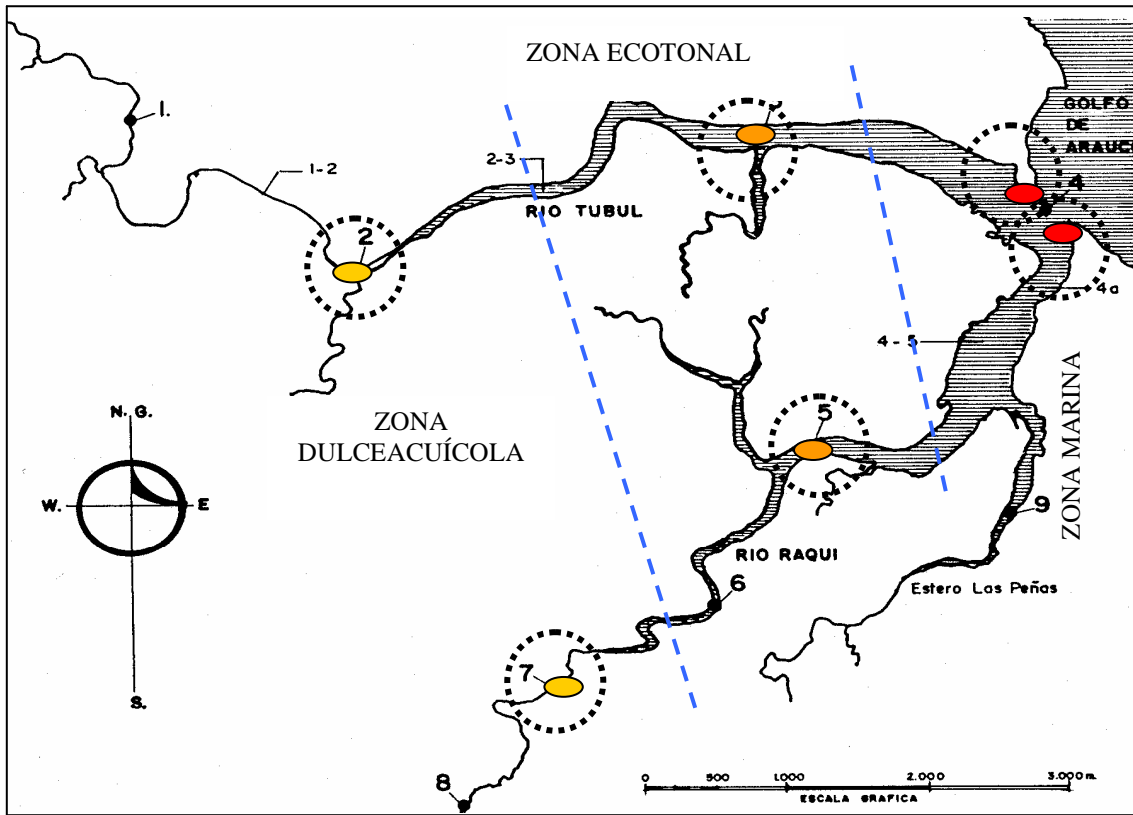
Este índice adquiere valores entre 0, cuando hay una sola especie, y logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

El valor del índice depende de la riqueza de especies y también de la regularidad (equidad) con que los individuos están distribuidos entre las especies. Para estimar este último componente se usó la formula:

$$E = \sum_{i=1}^s \frac{P_i^2}{S}$$

La equidad adopta un valor comprendido entre 0 y 1, donde 0 es para casos con dominancia extrema y 1 para igualdad de N (número de individuos) para todos los taxa. Estos dos índices (H' y J') fueron medidos para las especies, géneros, familias y ordenes (Diversidad jerárquica). Se espera obtener mayor equidad en el ecotono debido a que el número de especies está también representado en cantidades moderadas.

En el análisis estadístico se aplicó una ANOVA para riqueza de especies (S), diversidad (D) y equidad (E o J) con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los parámetros de las tres grandes áreas (agua dulce, ecotonal y salada). Y si existen, aplicar Test de tukey para determinar cuales son las áreas que se diferencian. En el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico Biodiversity Pro (McAleece, 1997) y STATISTICA.



- = salinidad mayor a 32‰ en invierno de 1990.
- = salinidad entre 24 y 32‰ en invierno de 1990.
- = salinidad igual o menor a 15 ‰ en invierno de 1990
- - - = línea divisoria según gradiente de salinidad.
- = áreas de muestreo de aves.

Figura 1: Área de estudio (modificado de Stuardo *et al*, 1993).

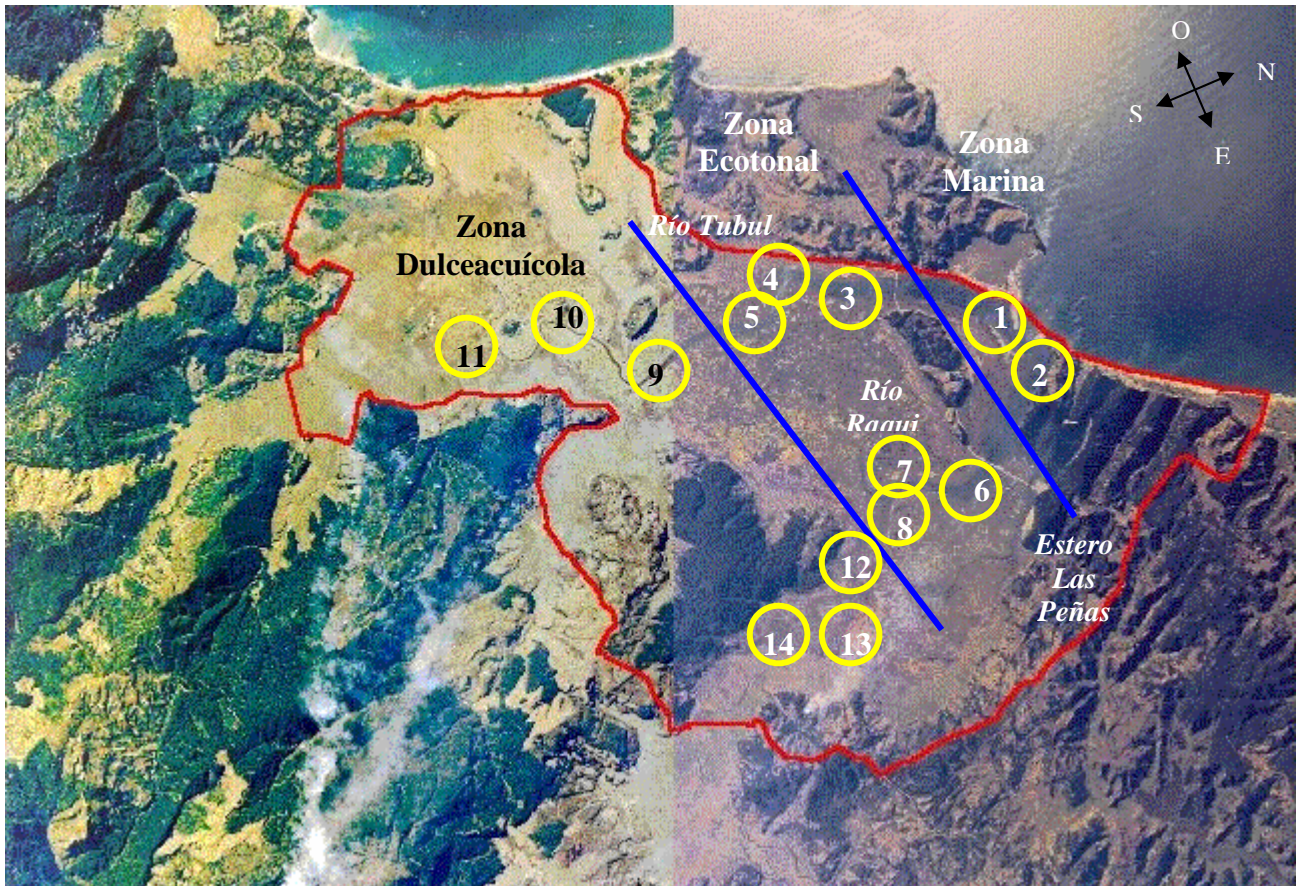





Figura N^a 2: Fotografía aérea del Humedal Tubul-Raqui y ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

-  = Delimitación del Humedal Tubul-Raqui.
-  = Línea divisoria de las tres zonas del Humedal (marina, ecotonal, dulceacuícola).
-  = Áreas de muestreo.

RESULTADOS

Caracterización del hábitat

Respecto a las características del agua del estuario Tubul-Raqui, en la zona marina se observa que las salinidades son más bien homogéneas verticalmente. En la zona ecotonal del río Raqui hay una clara estratificación vertical de la salinidad. Lo contrario ocurre en la zona de transición (ecotono) del río Tubul, donde no hay estratificación, es decir, las salinidades se mantienen constantes, tanto en el fondo, como en la superficie. Esta zona presenta mayor influencia del mar, ya que la salinidad es relativamente alta. En el área dulceacuícola del Raqui, la estratificación de salinidad continúa, pero con menores valores de salinidad en ambos estratos. En el río Tubul, en cambio, la salinidad es homogénea y menor, a excepción del primer valor de la zona dulceacuícola, que es mayor en comparación al resto de las estaciones del mismo río. Esto se debe a que la estación está muy cerca del ecotono. En general, en ambos ríos se observa una cuña de agua más salina en el fondo, que va disminuyendo su salinidad a medida que se avanza hacia el cabezal de los ríos (Tabla II).

En cuanto a la vegetación, en algunos casos, sólo se pudo llegar a la categoría de familia. Para la zona marina, no se registró vegetación, por tratarse de un área con playas de arena. La zona ecotonal se caracterizó por presentar vegetación mezclada y abundante de *Sarcocornia fruticosa*, *Cyperus eragrostis*, *Carex sp* y *Juncus sp*, además de prados de *Cotula coronopifolia*. En menor abundancia y acercándonos a la zona dulceacuícola, *Mentha aquatica*, *Polygonum persicaria* y *Rumex sp*. Esta área presenta, en la época de primavera, abundantes lagunas. La zona dulceacuícola se caracterizó por tener *Taraxacum officinale*, *Rumex sp*, *Trifolium repens*, *Eleocharis pachycarpa*, *Cyperus eragrostis*, *Plantago lanceolata*, *Flypochaeris sp*, *Carex sp* y en menor abundancia de *Mentha aquatica*, y sólo en la estación 14 se observó en gran abundancia *Juncus procerus*.

Composición general de la avifauna

En el humedal se determinó un total de 16 familias, donde los Anatidos presentan el mayor número de representantes, con 8 especies, seguida por la familia Laridae, con 6 especies (Tabla III). En la zona marina se registró un total de 10 familias y 20 especies, siendo *Rynchops níger* (Fig. 3) la especie más abundante de esta área, tanto en la primera como en la segunda campaña. El ecotono fue la zona con

mayor número de familias y especies (14 y 32, respectivamente). Además, presentó la mayor abundancia de individuos dentro del humedal, siendo *Anas georgica* (Fig. 4) la especie más abundante en la zona ecotonal, dulceacuícola y en todo el humedal. El área dulceacuícola mostró un mayor número de familias (12) y especies (27) que la zona marina, pero menor número que en el ecotono. Las especies más abundantes en el humedal fueron *A. georgica*, *R. níger*, *Numenius phaeopus* (Fig. 5), y *Phalacrocorax brasilianus* (Fig. 6) (Tablas: IV-V).

Por otra parte, en el humedal fue posible observar aves rapaces como Tiuque (*Milvago chimango*), Jote de cabeza negra (*Coragyps atratus*), Vari (*Circus cinereus*), aves de campo como Loica (*Sturnella loica*), Tordo (*Curaeus curaeus*), Mirlo (*Molothrus bonariensis*), Chirihue (*Sicalis luteiventris*), Golondrina chilena (*Tachycineta meyeni*) y Codorníz (*Callipepla californica*). Sin embargo, no fueron consideradas en los análisis posteriores debido a que éstas no corresponden a especies dependientes del humedal.

Comparación entre sitios muestreados respecto a su avifauna:

Análisis de similitud

En general, las aves presentes en la extensión marina son diferentes a las aves de la zona ecotonal y dulceacuícola. Las estaciones del ecotono tienden a parecerse más a las del área dulceacuícola y las estaciones marinas forman un cluster aparte con aproximadamente un 50 % de similitud. Por el contrario de lo que se pensaba, las estaciones no se mezclan y sólo las estaciones del ecotono con las del área dulce están más cercanas. Cabe señalar, que las estaciones 3 del ecotono y 9 de la extensión dulceacuícola, son las que más se diferencian del resto (Fig. 7).

Comparando la cantidad de individuos por especie en cada estación, las del área marina tienden a separarse del resto, y nuevamente las zonas ecotonal y dulceacuícola son más similares. En este índice ocurre lo mismo que en el anterior, sólo se diferencian en que las estaciones que tienen menor similitud son la 9", 10" y 14 de la zona dulceacuícola (Fig. 8).

Análisis de componentes principales (ACP)

En el ACP del primer muestreo (Fig. 9), las estaciones de la zona marina se separan en el eje 2. Las especies que forman esta agrupación fueron: *P. brasilianus*, *H. palliatus*, *S. hirundinacea* y *R. níger*. La estación 7 se separa en el eje 2 y las especies que forman esta disgregación son: *N. phaeopus*, *L.*

haemastica, *T. melanopis*, *Ch. alexandrinus* y *T. melanoleuca*. En la segunda campaña (Fig. 10), sucede lo mismo con las estaciones de la zona marina, pero las especies que conforman este grupo son: *R. niger*, *S. hirundinacea*, *L. dominicanus*, *L. pipixcan*, *P. brasilianus* y *P. thagus*. La estación 10 (dulceacuícola) tiende a separarse en el eje 1, esto es provocado proporcionalmente por las especies *H. perspicillatus*, *A. thilius* y *V. chilensis*. En ambas campañas, el resto de las estaciones se agrupan, y pertenecen a la zona ecotonal y dulceacuícola.

Comparación de la Diversidad entre sitios

Análisis de rarefaccion

En el análisis de rarefacción de la primera campaña (Fig. 11), el número esperado de especies para las estaciones correspondientes a la zona ecotonal (4, 5 y 7), fue mayor. Para el área dulceacuícola, en las estaciones 13 y 14, se estimó una mayor riqueza específica. Se espera para la estación 1 (marina), un menor número de especies.

En la segunda campaña (Fig. 12), se estimó para las estaciones de la zona marina un mayor número de individuos, pero una baja cantidad de especies en comparación con las estaciones 7 (ecotonal), 11 y 14 de la zona dulceacuícola. En consecuencia, se determinó para el área marina una menor riqueza, no así para el ecotono.

Diversidad y Equidad

En general, la diversidad y equidad en las distintas categorías taxonómicas, presentaron los mayores valores en la zona ecotonal del río Tubul. En la Tabla VI se observan los índices de Diversidad (H') y la Equidad (J') de Shannon. Las estaciones con mayor valor de diversidad en la primera y segunda campaña, correspondieron a la zona ecotonal, donde el río Tubul presentó los más altos índices. Sin embargo, el área dulceacuícola presentó también una estación con alta diversidad (Figs. 13 y 14). La Equidad más alta se encontró en estaciones del río Raqui en la zona ecotonal y dulceacuícola. La diversidad (Figs. 15 y 16) y Equidad para la categoría de género, fue mayor en el ecotono del río Tubul. Pero, la zona dulceacuícola también presentó una estación con un valor alto de este último índice. En la categoría Familia la diversidad y equidad más altas se obtuvieron en el área ecotonal del río Tubul (Figs. 17 y 18). La zona dulceacuícola del río Raqui también presentó un índice alto de uniformidad. En el taxón Orden, los mayores valores del índice de diversidad (Figs. 19 y 20) correspondieron al ecotono de

los ríos Tubul y Raqui. Este último, además, presentó la mayor Equidad. En resumen, los mayores valores para H' y J' en las distintas categorías taxonómicas, se encontraron en la zona ecotonal del río Tubul.

Análisis de varianza

La Tabla VII, muestra los valores p del análisis de varianza que compara medias de los parámetros comunitarios, para las diferentes categorías taxonómicas. Existen diferencias significativas entre las estaciones, para la abundancia (N) de individuos (Fig. 22), pero los restantes parámetros no fueron estadísticamente diferentes entre los sitios (Figs. 20, 21 y 23). Al comparar pareadamente, existen diferencias en la abundancia para la relación marino con ecotonal y marino con dulceacuícola (Tabla VIII). A nivel de géneros, la diversidad tiene un valor p marginalmente significativo (Fig. 24). Los parámetros J' y S no son distintos (Figs. 25 y 26). Las áreas representativamente diferentes son el ecotono con la dulceacuícola (Tabla VIII). En la categoría familia, los índices de diversidad (H') y Equidad (J') (Figs. 27 y 28) presentan diferencias significativas, la riqueza (Fig. 29) sin embargo, no presenta diferencias evidentes. Para los índices H' y J' , las zonas marina con ecotonal y la ecotonal con dulceacuícola difieren significativamente (Tabla VIII). En el taxón orden, la diversidad presentaría diferencias significativas (Fig. 30), no así el resto de los parámetros (Figs. 31 y 32). Las áreas marina con la ecotonal, y marina con la dulceacuícola, serían disímiles en cuanto al tipo de aves que albergan (Tabla VIII).

La Tabla IX muestra las aves presentes en el humedal y que se encuentran en categoría de conservación. Sólo la CONAMA tiene categorizadas a todas las especies avistadas en este. Donde la especie *Hymenops perspicillatus* (Run run) está en peligro de extinción. La especie *Plegadis chihi* (Cuervo de pantano), está categorizada a nivel nacional e internacional, en peligro de extinción (Libro rojo y UICN, respectivamente), y es posible observarla, hasta el momento, en el período primaveral en el estuario Tubul-Raqui, al igual que *Cygnus melancorypha* (Cisne cuello negro), *Theristicus melanopis* (Bandurria), etc.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el humedal Tubul-Raqui, estuarino intermareal tipo marisma (CONAMA, 1999), existe un dominio de la marea sobre los aportes fluviales (Constabel, 1993). Forma el estuario y marisma más grande y productivo de la zona central, bajo la intensiva explotación de *Gracillaria* sp y el uso del suelo circundante, es indudablemente una de las fuentes de nutrientes más importantes del Golfo de Arauco (Stuardo *et al.*, 1993).

De las tres zonas en estudio, el ecotono es el área más rica en familias y especies de aves, siendo *A. georgica* la que presenta el mayor número de individuos en la zona, y en todo el humedal. Los sitios más similares en cuanto a cantidad y tipo de especie, fue este mismo ambiente junto con la dulceacuícola. Mientras que en el área marina la proporción de aves es menor y exclusivas de este medio. Esto concuerda con lo sugerido por Smith (2001) y Tait (1987), donde la distribución de las especies marinas está limitada por valores intermedios de salinidad y, la abundancia, disminuyendo hacia el sector dulceacuícola, no siendo reemplazadas por otras formas estenohalinas. En este estudio, la riqueza y abundancia de especies fue relativamente alta para la zona dulceacuícola, lo que podría explicar el alto grado de similitud de esta área con el ecotono, ya que las especies de agua dulce son independientes del medio donde están, y pueden vivir en ambientes salinos (Margalef, 1983).

Por otra parte, en las diferentes categorías taxonómicas, los mayores valores de diversidad y equidad están en el ecotono. En esta área existe una interacción activa de dos ambientes (río-mar), dando como resultado una mayor heterogeneidad del hábitat (Odum, 1998) y una alta oferta trófica, lo que se traduciría en un mayor número de especies de aves (Quintana, 1993). Además de estos factores, cuenta con una mayor disponibilidad de sitios para refugio, nidificación, etc., ya que las aves acuáticas tendrían cierta preferencia en cuanto al uso de los diferentes hábitats allí presentes (Blanco, 2003). Así por ejemplo, en un tranque artificial, al huairavo (*Nycticorax nycticorax*) se le observa nidificando en el totoral, al igual que el pato colorado (*Anas cyanoptera*) o bien sobre lugares húmedos, con pastos y junquillos como la tagüita (*Porphyriops melanops*) y no como lo acostumbran las tagüas (Aguirre, 1994). Así, las características vegetacionales distintas a lo largo de un gradiente, pueden ser asumidas para las comunidades de aves, como un factor dominante en la selección del hábitat (Karr, 1983).

Además, es importante el grado de variación de la salinidad, ya que el tipo de vegetación y los organismos, irán cambiando de acuerdo a las condiciones del hábitat natural. Así, para el Estero El Yali, Bruhn (2001) encontró en la zona estuarina (área con una salinidad variada), vertebrados e invertebrados descritos para esta área y para la extensión dulceacuícola, especies de ambientes dulces. Esto concuerda con nuestro estudio. La distribución y selección del hábitat de muchas aves acuáticas se ven afectadas (presiones fisiológicas) por los distintos gradientes que pueden existir en un lugar (Karr, op. cit.), por lo que han desarrollado diversas adaptaciones morfológicas y fisiológicas para hacer mejor uso de los recursos que brindan los humedales (Blanco, 2003; Margalef, 1983; Tait, 1987).

Es importante señalar, que este estudio se realizó en primavera, donde parte de las aves observadas, son especies migratorias y utilizan, preferentemente, los humedales para nidificar (CONAMA, 1999) durante las estaciones de primavera y verano, variando significativamente la selección del hábitat por parte de las aves a lo largo de un período de tiempo y espacio (Karr, op. cit.). Por lo que se requieren estudios que abarquen las estaciones de verano, otoño e invierno, para determinar si los patrones que se observaron en primavera, se mantienen en el tiempo, o presentan cambios en la selección y uso de los distintos lugares presentes en el humedal. Los factores sugeridos por las hipótesis planteadas en este estudio son válidos, quedando como interrogante si es efectivo que la selección del hábitat varía significativamente a lo largo del gradiente del humedal Tubul-Raqui, en el tiempo y espacio.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se efectuó gracias al financiamiento del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Agradezco a su director regional Sr. Jaime Peña Cabezón, como también al jefe de oficina de Cañete Sr. Raul Flores Leyton, quienes permitieron que se llevara a cabo esta investigación. A los funcionarios de esa misma dependencia, quienes colaboraron en las campañas de terreno, entre ellos Francisco Flores quien fue el principal gestor del estudio. Asimismo, a la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales y Algueros de Tubul, a su presidente don Jilberto Fernández Carrillo y a su vicepresidente don Juan Fernández Salazar, quien colaboró con sus conocimientos sobre el humedal y nos facilitó y acompañó durante las campañas. Mi gratitud hacia los profesores Dr. Pedro Victoriano y Dr. Roberto Urrutia, por la ayuda, sugerencias y corrección del presente trabajo. A María Negritto del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción, por la ayuda en la determinación del material botánico. A María Cecilia Jiménez, por ayudarme en las traducciones. A Olivia Vergara y Cristian Salgado, por enseñarme a usar los Softwares. Y a Gustavo Opazo, por la ayuda incondicional y facilitación de su computador.

TABLAS

TABLA II. Datos físico-químicos para dos profundidades, y localización geográfica de las estaciones de observación de avifauna. M: Marino; E: Ecotonal; D: Dulce.

Zona	Estaciones	Coordenadas (UTM)	Salinidad (‰)	
			20 cm	150 cm
M	1	637974-5878271	22.5	22.5
M	2	638880-5877326	23,0	23,0
E	3	636208-5878243	20,0	20.5
E	4	635340-5878212	22,0	22.5
E	5	635048-5877550	22,0	22.5
E	6	637302-5875802	16.5	22,0
E	7	636929-5875799	15,0	22,0
E	8	636759-5875401	10,0	22.5
D	9	632678-5877813	08.5	11,0
D	10	632760-5878183	07,0	07,0
D	11	631655-5877585	01,0	01,0
D	12	636164-5874797	05,0	17,0
D	13	636327-5874474	03,0	16,0
D	14	635401-5873959	00,0	10.5

TABLA III. Listado de aves acuáticas presentes en el humedal Tubul-Raqui. El símbolo “x” indica presencia.

Familia / Especie	Zona marina	Zona ecotonal	Zona dulceacuícola
Familia: Laridae			
Larus pipixcan	X	X	X
Larus dominicanus	X	X	X
Larus maculipennis	X	X	X
Sterna hirundinacea	X	X	
Sterna trudeaui	X	X	
Rynchops niger	X	X	
Familia: Scolopacidae			
Tringa melanoleuca	X		X
Limosa haemastica	X	X	
Numenius phaeopus	X	X	X
Familia: Haematopodidae			
Haematopus palliatus	X		
Haematopus ater	X		
Familia: Phalacrocoracidae			
Phalacrocorax brasilianus	X	X	X
Familia: Charadriidae			
Charadrius alexandrinus		X	
Vanellus chilensis	X	X	X
Familia: Pelecanidae			
Pelecanus thagus	X		
Familia: Recurvirostridae			
Hymantopus melanurus	X	X	X
Familia: Podicipedidae			
Rollandia rolland	X	X	X
Podiceps occipitalis	X	X	
Familia: Tyrannidae			
Lessonia rufa		X	X
Tachuris rubrigastra		X	X
Hymenops perspicillatus		X	X

Continuación TABLA III.

Familia: Ardeidae			
Egretta thula		X	X
Ardea cocoi	X		X
Casmerodius albus		X	X
Ixobrychus involucris			X
Nycticorax nycticorax	X	X	X
Familia: Emberizidae			
Agelaius thilius		X	X
Familia: Anatidae			
Anas georgica	X	X	X
Anas flavirostris		X	X
Anas specularis		X	
Anas sibilatrix		X	X
Anas cyanoptera		X	X
Anas platalea		X	X
Cygnus melancorypha			X
Familia: Troglodytidae			
Cistothorus platensis		X	X
Familia: Threskiornithidae			
Plegadis chihi		X	
Theristicus melanopis		X	
Familia: Furnariidae			
Phleocryptes melanops		X	X
Cinclodes patagonicus		X	
Familia: Rallidae			
Fulica leucoptera			X
Total Familias presentes en cada zona	10	14	12
Total especies presentes en cada zona	20	32	27

TABLA IV. A. Primera campaña: abundancia de especies expresadas como avistamientos por unidad de esfuerzo (APUE) en cada estación.

Especie	Estaciones de observación													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gaviota común (<i>Larus dominicanus</i>)	13,9	5,4	1,7	6	0,5	1,9	0,9	0,5	1,2	3,3	0,9	0,9	0,3	0,1
Gaviota cahuil (<i>Larus maculipennis</i>)	0,9	0,1					0,2					0,2		
Gaviota de Franklin (<i>Larus pipixcan</i>)	0,4						0,1					0,1		
Zarapito (<i>Numenius phaeopus</i>)	6,3	0,3	2,1	13,1	0,1	1,1	5,9	0,7		4,3	1,9	0,5		
Zarapito pico recto (<i>Limosa haemastica</i>)				1,6			0,2	0,1		0,1				
Pilpilen (<i>Haematopus palliatus</i>)	2	1,1		0,1										
Pilpilen negro (<i>Haematopus ater</i>)	0,3	0,2												
Yeco (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>)	12,9	13,7				0,7	2	1,7		0,5		2,5	0,4	0,1
Rayador (<i>Rynchops niger</i>)	21	10					0							
Gaviotin sudamericano (<i>Sterna hirundinacea</i>)	1,2	0,5				0,4	0,3							
Gaviotin piquerito (<i>Sterna trudeaui</i>)		0,5				0,3	0,1							
Pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>)		0,8									0			
Huairavo (<i>Nycticorax nycticorax</i>)		0,1		0,1							0,1			
Queltehue (<i>Vanellus chilensis</i>)	0,4	0,3	1,9	1,9	0,3	0,7	0,5	0,9	1	1,9	2,1	0,3	0,7	1,1
Pitotoy grande (<i>Tringa melanoleuca</i>)		0,2		1			0,7	0,1	0	0,5				
Pato jergón grande (<i>Anas georgica</i>)			4,2	27,7	2,1	2,3	2	1,9	7,8	10,6	15	5,4	7,9	0,1
Pato jergón chico (<i>Anas flavirostris</i>)							0,1				0,2			
Pato real (<i>Anas sibilatrix</i>)					0,1		0,1	0,3	0,3	2,8	0,9	0,1	0,1	0,1
Pato cuchara (<i>Anas platalea</i>)					0,1					0,3	0,1			
Pato colorado (<i>Anas cyanoptera</i>)							0,1	0,1			0,1	0,1	0,1	
Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>)								0,3						
Pato anteojillo (<i>Anas specularis</i>)							0,3							
Perrito (<i>Hymantopus melanurus</i>)		0,7		0,7	0,3	0,3	0,4	0,4		2,3	0,7	0,1	0,8	
Pimpollo (<i>Rollandia rolland</i>)					0,1	0,1						0,1		
Blanquillo (<i>Podiceps occipitalis</i>)					0,1	0,1		0,1						
Run run (<i>Hymenops perspicillatus</i>)							0,1				0,3		0,1	0,1
Trabajador (<i>Phleocryptes melanops</i>)								0,2		0,1	0,2		0,1	0,1
Garza chica (<i>Egretta thula</i>)							0,1	0,1		0,3	0,5	0,1	1,7	0,1
Garza grande (<i>Casmerodius albus</i>)				0,1	0,1		0,7	0,1		0,1	0,4		0,1	

Graza cuca (<i>Ardea cocoi</i>)	0,1														
Trile (<i>Agelaius thilius</i>)	0,1	0,8				0,5	0,1		0,1	0,1			0,1	0,9	
Colegial (<i>Lessonia rufa</i>)		0,1					0,1		0,1	1,7	0,2		0,4		
Chercán de las vegas (<i>Cistothorus platensis</i>)	0,5	0,4							0,3	0,2	0,1			0,3	
Siete colores (<i>Tachuris rubrigastra</i>)	0,1	0,1								0,5				0,1	
Bandurria (<i>Theristicus melanopis</i>)		0,1													
Cuervo de pantano (<i>Plegadis chihi</i>)	1														
Chorlo nevado (<i>Charadrius alexandrinus</i>)		1													
Churrete (<i>Cinclodes patagonicus</i>)						0,1									
Tagua chica (<i>Fulica leucoptera</i>)							0,1			0,4	0,1				
Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melanocorypha</i>)										0,2					
Huairavillo (<i>Ixobrychus involucris</i>)										0,1				0,1	
Total APUE	59,3	34,0	11,6	54,9	3,9	7,9	15,5	7,8	10,3	27,5	26,6	10,7	12,8	3,2	

TABLA IV.B. Primera campaña: abundancia relativa (%) de especies expresadas como la proporción total de individuos de cada especie respecto a la cantidad total del conjunto presente en cada estación por unidad de esfuerzo (APUE) en cada estación.

Especie	Estaciones de observación													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gaviota común (<i>Larus dominicanus</i>)	23,4	15,9	14,4	10,9	13,8	24,6	6,0	6,0	11,6	12,1	3,5	8,7	2,6	2,1
Gaviota cahuil (<i>Larus maculipennis</i>)	1,5	0,3					1,3					1,9		
Gaviota de Franklin (<i>Larus pipixcan</i>)	0,7						0,4					0,6		
Zarapito (<i>Numenius phaeopus</i>)	10,6	0,9	17,8	23,8	3,4	13,6	38,2	9,4		15,7	7,3	5,0		
Zarapito pico recto (<i>Limosa haemastica</i>)				2,9			1,3	1,7		0,2				
Pilpilen (<i>Haematopus palliatus</i>)	3,4	3,2		0,2										
Pilpilen negro (<i>Haematopus ater</i>)	0,5	0,6												
Yeco (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>)	21,8	40,3				9,3	12,9	21,4		1,7		23,0	3,1	4,2
Rayador (<i>Rynchops niger</i>)	35,4	29,4												
Gaviotín sudamericano (<i>Sterna hirundinacea</i>)	2,0	1,5				5,1	2,1							
Gaviotín piquerito (<i>Sterna trudeaui</i>)		1,5				3,4	0,9							
Pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>)		2,4												
Huairavo (<i>Nycticorax nycticorax</i>)		0,3		0,1							0,3			
Queltehue (<i>Vanellus chilensis</i>)	0,7	0,9	16,1	3,5	8,6	8,5	3,4	12,0	9,7	6,8	8,0	3,1	5,2	35,4
Pitotoy grande (<i>Tringa melanoleuca</i>)		0,6		1,8			4,7	0,9		1,7				
Pato jergón grande (<i>Anas georgica</i>)			36,2	50,4	53,4	28,8	12,9	23,9	75,5	38,5	56,4	50,3	62,0	4,2
Pato jergón chico (<i>Anas flavirostris</i>)							0,9				0,8			
Pato real (<i>Anas sibilatrix</i>)					3,4		0,9	3,4	3,2	10,2	3,5	0,6	1,0	4,2
Pato cuchara (<i>Anas platalea</i>)					1,7					1,0	0,3			
Pato colorado (<i>Anas cyanoptera</i>)							0,9	1,7			0,5	1,2	1,0	
Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>)								3,4						
Pato anteojillo (<i>Anas specularis</i>)							1,7							
Perrito (<i>Hymantopus melanurus</i>)		2,1		1,2	6,9	4,2	2,6	5,1		8,5	2,5	1,2	6,3	
Pimpollo (<i>Rollandia rolland</i>)					1,7	1,7						0,6		
Blanquillo (<i>Podiceps occipitalis</i>)					3,4	0,8		0,9						
Run run (<i>Hymenops perspicillatus</i>)							0,4				1,3		0,5	2,1

Trabajador (<i>Phleocryptes melanops</i>)					2,6	0,5	0,8		0,5	4,2
Garza chica (<i>Egretta thula</i>)				0,4	1,7	1,0	1,8	0,6	13,0	2,1
Garza grande (<i>Casmerodius albus</i>)		0,2	3,4	4,7	1,7	0,5	1,5		1,0	
Graza cuca (<i>Ardea cocoi</i>)	0,3									
Trile (<i>Agelaius thilius</i>)		1,1	1,5		3,0	0,9	0,5	0,3	0,5	27,1
Colegial (<i>Lessonia rufa</i>)			0,2		1,7	0,2	6,5	1,9	3,1	
Chercán de las vegas (<i>Cistothorus platensis</i>)		4,6	0,7			1,0	0,8	0,6		10,4
Siete colores (<i>Tachuris rubrigastra</i>)		1,1	0,2				1,8			2,1
Bandurria (<i>Theristicus melanopis</i>)			0,2							
Cuervo de pantano (<i>Plegadis chihi</i>)		8,6								
Chorlo nevado (<i>Charadrius alexandrinus</i>)			1,8							
Churrete (<i>Cinclodes patagonicus</i>)					0,4					
Tagua chica (<i>Fulica leucoptera</i>)					1,7		1,5	0,6		
Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melancorypha</i>)							0,8			
Huairavillo (<i>Ixobrychus involucris</i>)							0,3			2,1

TABLA V.A. Segunda campaña: abundancia de especies expresadas como avistamientos por unidad de esfuerzo (APUE) en cada estación.

Especie	Estaciones de observación													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gaviota común (<i>Larus dominicanus</i>)	8,9	8	2,1	1,5	2	2,1	1,2	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	0,3	0,2
Gaviota cahuil (<i>Larus maculipennis</i>)	15,4	12,3	0,5	0,5	0,2	0,7	0,2	1,3	0,5		0,6	4,6	1,6	2,1
Gaviota de Franklin (<i>Larus pipixcan</i>)	4,3	12,5		0,1		0,4		0,1	0,3					0,1
Zarapito (<i>Numenius phaeopus</i>)	7	4	0,3	3,7	1,2	5,2	9,3	1	0,1	0,5	0,7	0,7	0,4	0,1
Zarapito pico recto (<i>Limosa haemastica</i>)	0,2					1,5								
Pilpilen (<i>Haematopus palliatus</i>)	7,3	3,2												
Pilpilen negro (<i>Haematopus ater</i>)	0,1													
Yeco (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>)	6	18,7	1,8	1,9	3,4	2,1	2,6	1,7	0,3	0,1	0,4	4,4	2,7	0,8
Rayador (<i>Rynchops niger</i>)	59	95					0,1	0,1						
Gaviotín sudamericano (<i>Sterna hirundinacea</i>)	23,4	50,2	0,2	0,2		1,5	0,1	0,2			0,1			
Gaviotín piquerito (<i>Sterna trudeaui</i>)	0,5	11	0,3	0,5					1,4					
Pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>)	0,1	0,4												
Huairavo (<i>Nycticorax nycticorax</i>)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2						0,1			
Queltehue (<i>Vanellus chilensis</i>)		1,4	0,3	0,6	0,1	0,7	0,3	0,1	0,3	0,4	0,8	0,4	0,7	0,5
Pitotoy grande (<i>Tringa melanoleuca</i>)		0,8										0,1		
Pato jergón grande (<i>Anas georgica</i>)	2,5		1,4	4,1	1,7	2,8	0,9	0,8			4,6	8,1	18,2	8,1
Pato jergón chico (<i>Anas flavirostris</i>)				0,7	0,1			0,2			0,3	0,4		0,7
Pato real (<i>Anas sibilatrix</i>)			0,6	1,3	0,5	0,1	0,2	0,3			1,1	0,1	3,1	1,5
Pato cuchara (<i>Anas platalea</i>)														
Pato colorado (<i>Anas cyanoptera</i>)													0,1	0,4
Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>)							0,1							
Pato anteojo (<i>Anas specularis</i>)														
Perrito (<i>Hymantopus melanurus</i>)	7,2	4		0,7		4,4	1,3	2,5				8,5		
Pimpollo (<i>Rollandia rolland</i>)	1,5	0,3	1,4	0,1	0,1									
Blanquillo (<i>Podiceps occipitalis</i>)														
Run run (<i>Hymenops perspicillatus</i>)											0,1		0,1	0,1

Trabajador (<i>Phleocryptes melanops</i>)											0,2		0,1	
Garza chica (<i>Egretta thula</i>)	0,3		0,2	0,5		0,2		0,2	0,1	0,1	0,4			
Garza grande (<i>Casmerodius albus</i>)			0,2	0,4		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2		
Graza cuca (<i>Ardea cocoi</i>)											0,1			
Trile (<i>Agelaius thilius</i>)					0,1						0,1		0,1	0,3
Colegial (<i>Lessonia rufa</i>)				0,1				0,1					0,3	0,5
Chercán de las vegas (<i>Cistothorus platensis</i>)						0,1			0,3	0,1	0,5			0,3
Siete colores (<i>Tachuris rubrigastra</i>)														
Bandurria (<i>Theristicus melanopsis</i>)														
Cuervo de pantano (<i>Plegadis chihi</i>)														
Chorlo nevado (<i>Charadrius alexandrinus</i>)														
Churrete (<i>Cinclodes patagonicus</i>)														
Tagua chica (<i>Fulica leucoptera</i>)								0,1		0,1	0,1	0,3	0,2	1
Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melancorypha</i>)											0,4			
Huairavillo (<i>Ixobrychus involucris</i>)											0,1			
Total APUE	143,8	21,9	9,5	17,1	9,5	21,9	16,4	9,1	3,6	1,7	11,3	27,8	27,7	16,7

TABLA V. B. Segunda campaña: abundancia relativa (%) de especies en cada estación.

Especie	Estaciones de observación													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gaviota común (<i>Larus dominicanus</i>)	6,2	3,6	22,4	9,0	21,0	9,8	7,3	4,4	5,6	12,0	4,1	0,5	1,0	1,2
Gaviota cahuil (<i>Larus maculipennis</i>)	10,7	5,5	5,6	2,7	2,1	3,0	1,2	14,6	14,8		5,3	16,5	5,8	12,4
Gaviota de Franklin (<i>Larus pipixcan</i>)	3,0	5,6		0,8		1,8		0,7	9,3					0,4
Zarapito (<i>Numenius phaeopus</i>)	4,9	1,8	3,5	21,9	12,6	23,8	56,9	10,9	3,7	32,0	5,9	2,4	1,4	0,4
Zarapito pico recto (<i>Limosa haemastica</i>)	0,1					7,0								
Pilpilen (<i>Haematopus palliatus</i>)	5,1	1,4												
Pilpilen negro (<i>Haematopus ater</i>)	0,1													
Yeco (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>)	4,2	8,4	18,9	10,9	35,7	9,5	15,9	18,2	7,4	4,0	3,5	15,8	9,6	4,8
Rayador (<i>Rynchops niger</i>)	41,0	42,8					0,4	0,7						
Gaviotín sudamericano (<i>Sterna hirundinacea</i>)	16,3	22,6	2,1	1,2		6,7	0,4	2,2			0,6			
Gaviotín piquerito (<i>Sterna trudeaui</i>)	0,3	5,0	3,5	2,7					38,9					
Pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>)	0,1	0,2												
Huairavo (<i>Nycticorax nycticorax</i>)	0,1		1,4	0,4	2,1						0,6			
Queltehue (<i>Vanellus chilensis</i>)		0,6	2,8	3,5	0,7	3,4	1,6	1,5	7,4	24,0	7,1	1,4	2,4	3,2
Pitotoy grande (<i>Tringa melanoleuca</i>)		0,4										0,2		
Pato jergón grande (<i>Anas georgica</i>)	1,7		14,7	24,2	17,5	12,8	5,7	8,8			40,6	29,3	65,6	48,8
Pato jergón chico (<i>Anas flavirostris</i>)				3,9	1,4			2,2			2,9	1,4		4,0
Pato real (<i>Anas sibilatrix</i>)			6,3	7,8	5,6	0,6	1,2	2,9			10,0	0,2	11,3	9,2
Pato cuchara (<i>Anas platalea</i>)														
Pato colorado (<i>Anas cyanoptera</i>)													0,5	2,4
Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>)							0,8							
Pato anteojillo (<i>Anas specularis</i>)														
Perrito (<i>Hymantopus melanurus</i>)	5,0	1,8		3,9		20,1	7,7	27,0				30,5		
Pimpollo (<i>Rollandia rolland</i>)	1,0	0,1	14,7	0,8	0,7									
Blanquillo (<i>Podiceps occipitalis</i>)														
Run run (<i>Hymenops perspicillatus</i>)											1,2		0,2	0,8
Trabajador (<i>Phleocryptes melanops</i>)											1,8		0,2	

Garza chica (<i>Egretta thula</i>)	0,2	2,1	3,1	0,9	2,2	1,9	8,0	3,5			
Garza grande (<i>Casmerodius albus</i>)		2,1	2,3	0,3	0,8	1,5	1,9	8,0	1,8	0,7	
Graza cuca (<i>Ardea cocoi</i>)									0,6		
Trile (<i>Agelaius thilius</i>)				0,7					1,2	0,2	1,6
Colegial (<i>Lessonia rufa</i>)			0,8			0,7				1,0	2,8
Chercán de las vegas (<i>Cistothorus platensis</i>)				0,3			9,3	8,0	4,1		2,0
Siete colores (<i>Tachuris rubrigastra</i>)											
Bandurria (<i>Theristicus melanopis</i>)											
Cuervo de pantano (<i>Plegadis chihi</i>)											
Chorlo nevado (<i>Charadrius alexandrinus</i>)											
Churrete (<i>Cinclodes patagonicus</i>)											
Tagua chica (<i>Fulica leucoptera</i>)						1,5		4,0	1,2	1,0	0,7
Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melancorypha</i>)									3,5		
Huairavillo (<i>Ixobrychus involucris</i>)									0,6		

TABLA VI. Diversidad (H') y Equidad (J') de Shannon de las categorías taxonómicas para la 1° y 2° campaña en las distintas estaciones.
 Los números con cremillas (") corresponden a la segunda campaña.

Categoría	Parámetro	Zona marina				Zona ecotonal								Zona dulceacuícola															
						Tubul				Raqui				Tubul				Raqui											
		1	1"	2	2"	3	3"	4	4"	5	5"	6	6"	7	7"	8	8"	9	9"	10	10"	11	11"	12	12"	13	13"	14	14"
Especie	H'	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	0.6	1.0	1.0	0.7	1.0	0.7	1.0	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0
	J'	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.8	0.7	0.6	0.8	0.7	0.9	0.6	0.8
Género	H'	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.6	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4	0.8	0.6	0.3	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8
	J'	0.8	0.7	0.6	0.6	0.9	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.8	0.6	0.9	0.6	0.6
Familia	H'	0.4	0.4	0.5	0.3	0.7	0.7	0.7	0.6	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.8	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4	0.8	0.6	0.3	0.5	0.7	0.8	0.6	0.7
	J'	0.6	0.4	0.6	0.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.8	0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.7
Orden	H'	0.2	0.2	0.3	0.1	0.4	0.3	0.5	0.3	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
	J'	0.8	0.2	0.7	0.2	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.6	0.8	0.9	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.8	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7

TABLA VII. ANOVA para los parámetros de abundancia y diversidad comunitaria, para las diferentes categorías taxonómicas. En negrita los valores significativos.

Parámetros	Especie p-level	Género p-level	Familia p-level	Orden p-level
H'	0.16323908	0.0579738	0.00048188	0.00028611
J'	0.13248317	0.06926154	0.00055231	0.03284085
S	0.89832181	0.96691239	0.75191438	0.07537431
N	0.00016942	-	-	-

TABLA VIII. Test de Tukey para las categorías taxonómicas (M: Marino, E: Ecotonal; D: Dulceacuícola).

	M-E	M-D	E-D
H'			
Especie	-	-	-
Género	-	-	0.046
Familia	0.003	-	0.050
Orden	0.002	0.008	-
J'			
Especie	-	-	-
Género	-	-	-
Familia	0.003	-	0.041
Orden	-	-	-
S			
Especie	-	-	-
Género	-	-	-
Familia	-	-	-
Orden	-	-	-
N			
Especie	0.002	0.002	-
Género	-	-	-
Familia	-	-	-
Orden	-	-	-

TABLA IX. Aves clasificadas en categoría de conservación según criterios nacionales (CONAMA y LIBRO ROJO) e internacionales (UICN).

Especie	CONAMA	LIBRO ROJO	UICN
Zarapito (<i>Numenius phaeopus</i>)	Fuera de peligro		
Zarapito pico recto (<i>Limosa haemastica</i>)	Fuera de peligro		
Yeco (<i>Phalacrocorax brasilianus</i>)	Fuera de peligro		
Huairavo (<i>Nycticorax nycticorax</i>)	Vulnerable		
Pato jergón grande (<i>Anas georgica</i>)	Fuera de peligro		
Pato jergón chico (<i>Anas flavirostris</i>)	Fuera de peligro		
Pato real (<i>Anas sibilatrix</i>)	Fuera de peligro		
Pato cuchara (<i>Anas platalea</i>)	Fuera de peligro	Inadecuadamente conocida	Inadecuadamente conocida
Pato colorado (<i>Anas cyanoptera</i>)	Fuera de peligro		
Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>)	Insuficientemente conocida	Rara	Rara
Pato anteojillo (<i>Anas specularis</i>)	Insuficientemente conocida		
Perrito (<i>Hymantopus melanurus</i>)	Vulnerable		
Pimpollo (<i>Rollandia rolland</i>)	Fuera de peligro		
Blanquillo (<i>Podiceps occipitalis</i>)	Insuficientemente conocida		
Run run (<i>Hymenops perspicillatus</i>)	En peligro		
Trabajador (<i>Phleocryptes melanops</i>)	Fuera de peligro		
Garza chica (<i>Egretta thula</i>)	Vulnerable		
Garza grande (<i>Casmerodius albus</i>)	Fuera de peligro		
Graza cuca (<i>Ardea cocoi</i>)	Insuficientemente conocida	Rara	Rara
Trile (<i>Agelaius thilius</i>)	Vulnerable		
Colegial (<i>Lessonia rufa</i>)	Fuera de peligro		
Chercán de las vegas (<i>Cistothorus platensis</i>)	Insuficientemente conocida		
Siete colores (<i>Tachuris rubrigastra</i>)	Fuera de peligro		
Bandurria (<i>Theristicus melanopis</i>)	Insuficientemente conocida	Vulnerable	Vulnerable
Cuervo de pantano (<i>Plegadis chihi</i>)	Insuficientemente conocida	En peligro	En peligro
Churrete (<i>Cinclodes patagonicus</i>)	Insuficientemente conocida		
Tagua chica (<i>Fulica leucoptera</i>)	Fuera de peligro		
Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melancorypha</i>)	Vulnerable	En peligro	Vulnerable
Huairavillo (<i>Ixobrychus involucris</i>)	Vulnerable	Rara	Rara

FIGURAS



Figura 3: *R. niger* (Rayador), especie más abundante en la zona marina.



Figura 4: *A. georgica* (Pato jergón grande), especie más abundante tanto en la zona ecotonal , dulceacuícola y en todo el humedal.



Figura 5: *N. phaeopus* (Zarapito), es una de las especies más abundantes del humedal.



Figura 6: *P. brasiliensis* (Yeco o cormorán), es una de las especies más abundantes del humedal.

Figura 7. Similitud cualitativa entre las estaciones de observación de la primera y segunda campaña, mediante el Índice de Jaccard. Los números con cremillas (") corresponden a la 2° campaña.

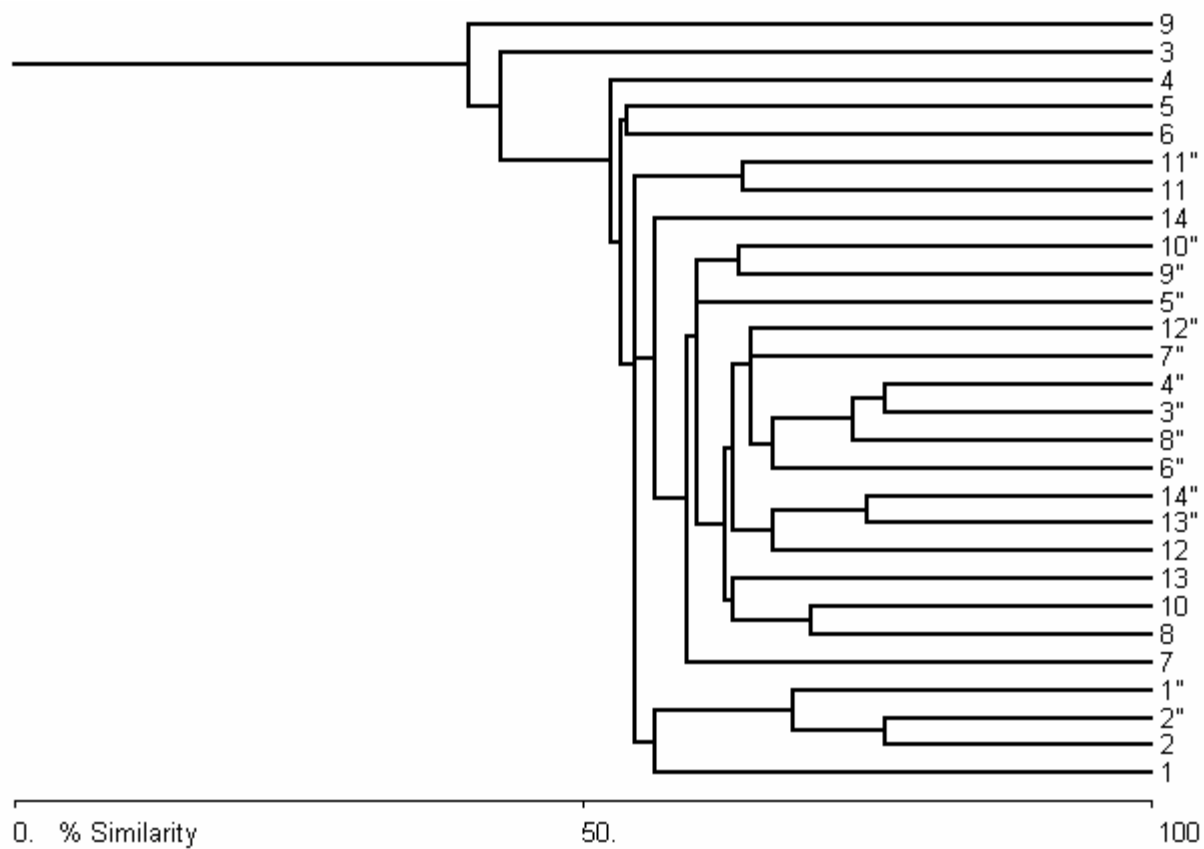


Figura 8. Similitud cuantitativa entre las estaciones de observación de la primera y segunda campaña, mediante el índice de Bray-Curtis. Los números con cremillas (“”) corresponden a la 2º campaña.

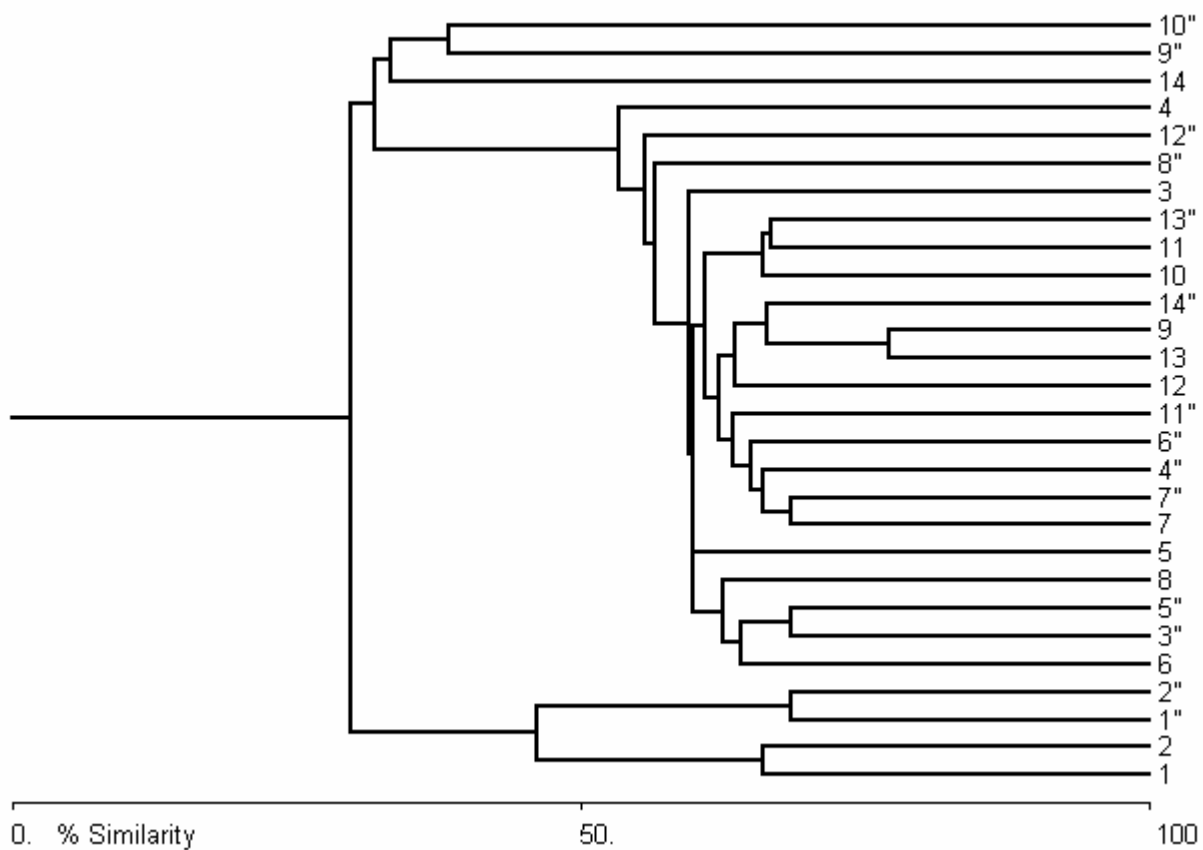


Figura 9. Agrupamiento de los sitios de muestreo en función de su avifauna de la primera campaña, mediante ACP.

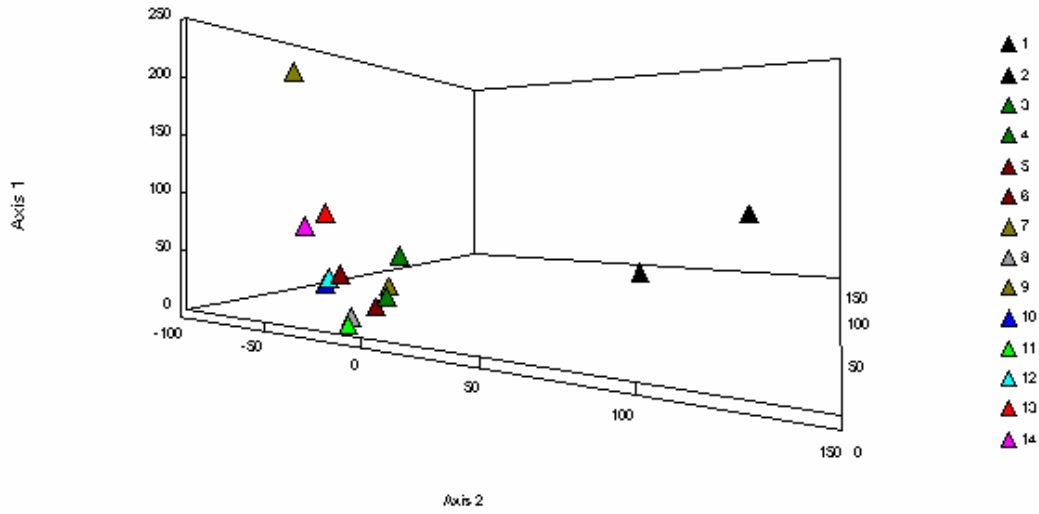


Figura 10. Agrupamiento de los sitios de muestreo en función de su avifauna de la segunda campaña, mediante ACP.

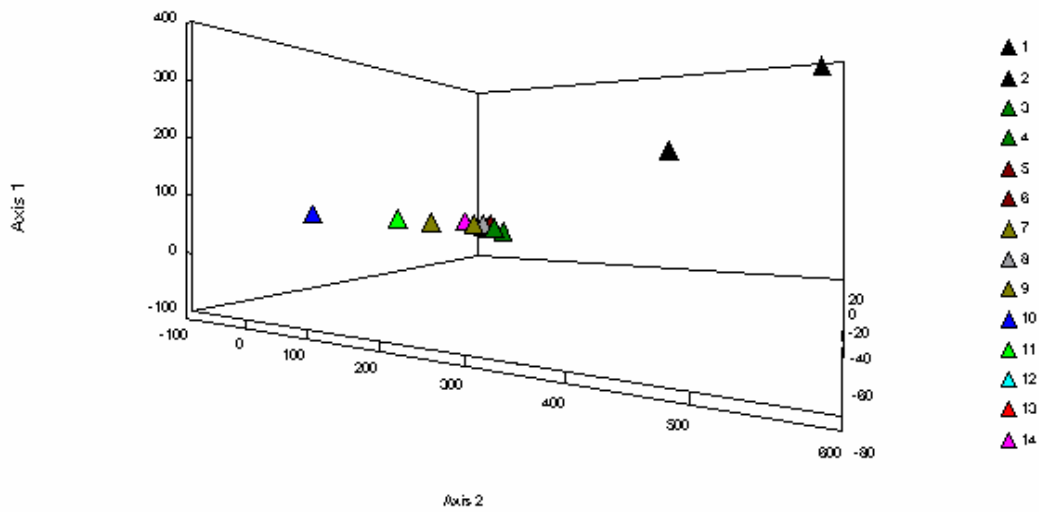


Figura 11. Comparación de la riqueza de especie entre las estaciones de observación estandarizado por el tamaño de muestra de la primera campaña, mediante rarefacción.

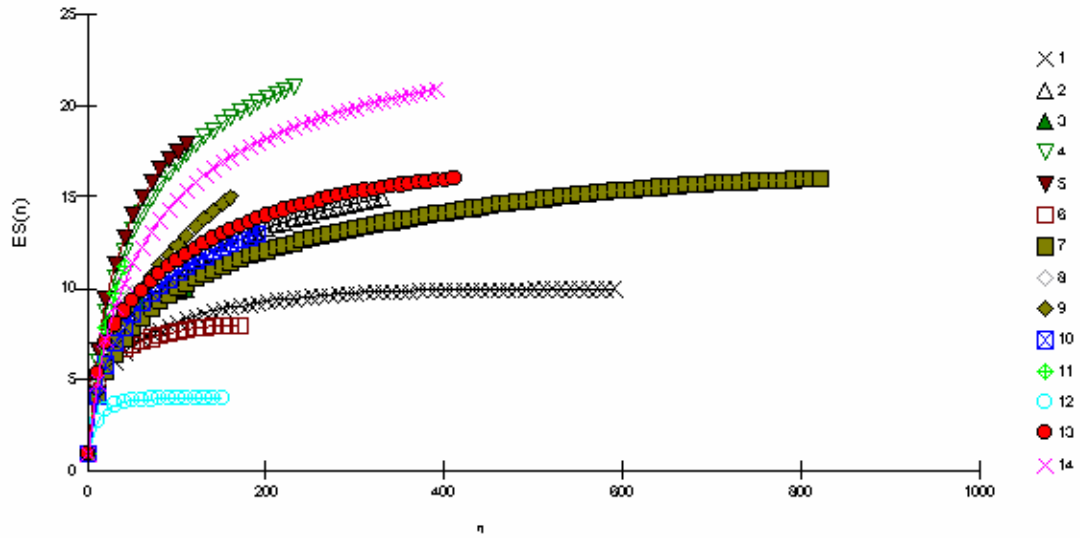


Figura 12. Comparación de la riqueza de especie entre las estaciones de observación estandarizado por el tamaño de muestra de la segunda campaña, mediante rarefacción.

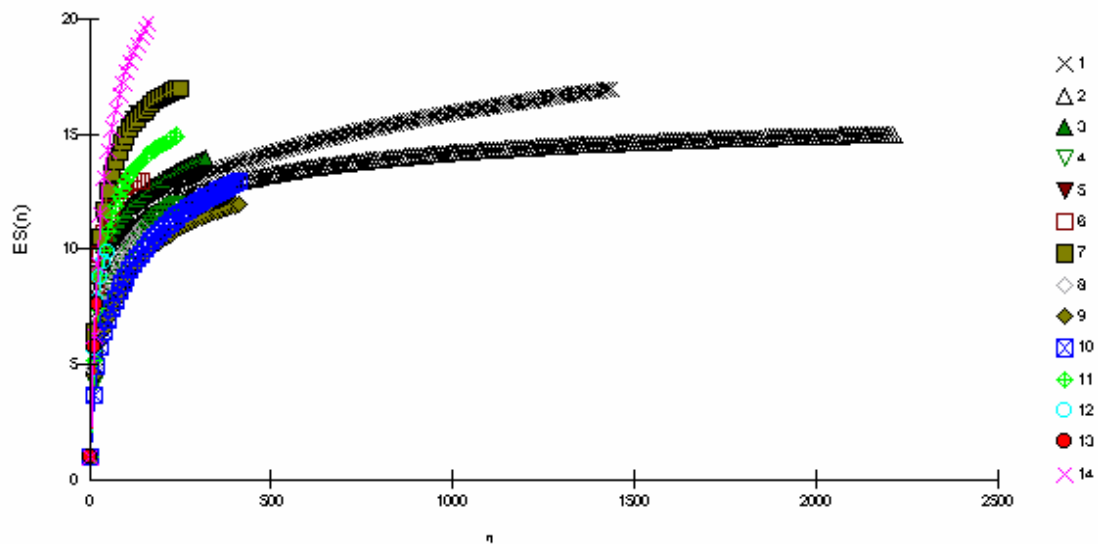


Figura 13. Diversidad de especies en las estaciones de observación de la primera campaña, mediante el índice de Shannon.

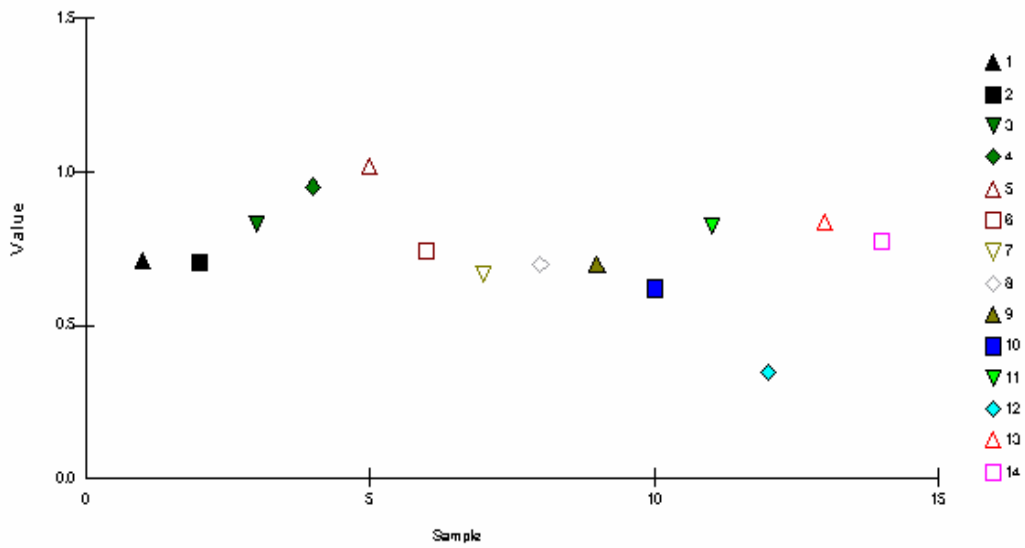


Figura 14. Diversidad de especies en las estaciones de observación de la segunda campaña, mediante el índice de Shannon.

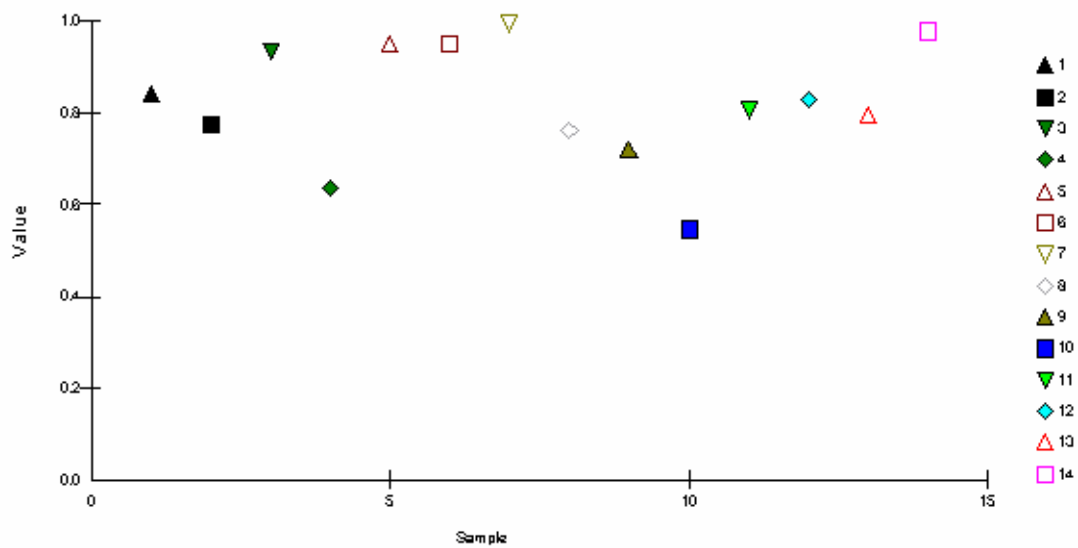


Figura 15. Diversidad de géneros en el humedal Tubul-Raqui (primera campaña), mediante el índice de Sannon.

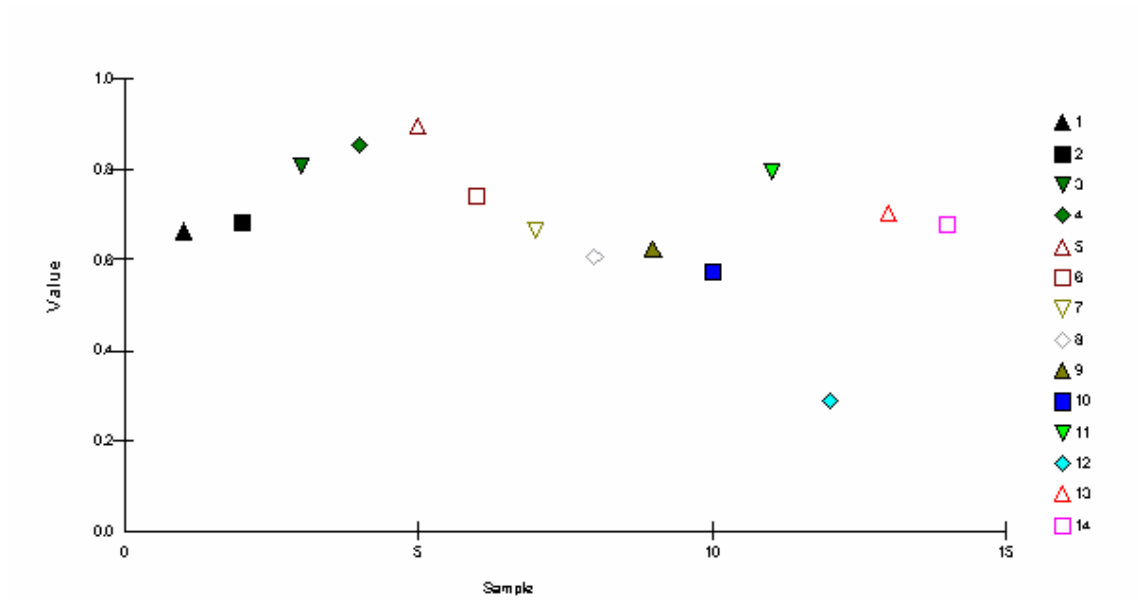


Figura 16. Diversidad de géneros en el humedal Tubul-Raqui (segunda campaña). Mediante el índice de Shannon.

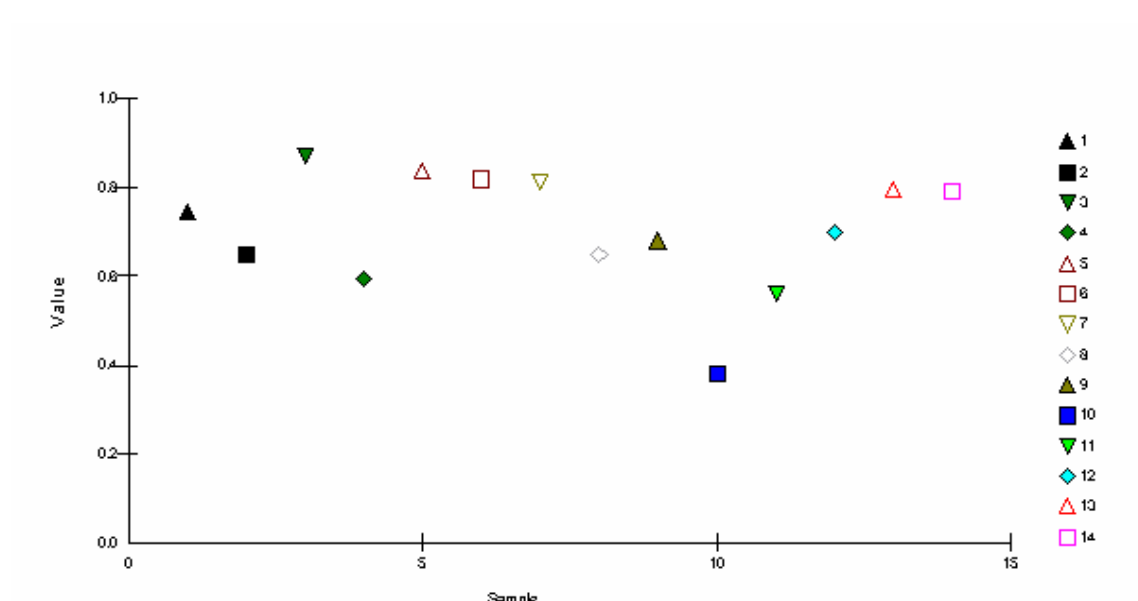


Figura 17. Diversidad de familias en el humedal Tubul-Raqui (primera campaña), mediante el índice de Shannon.

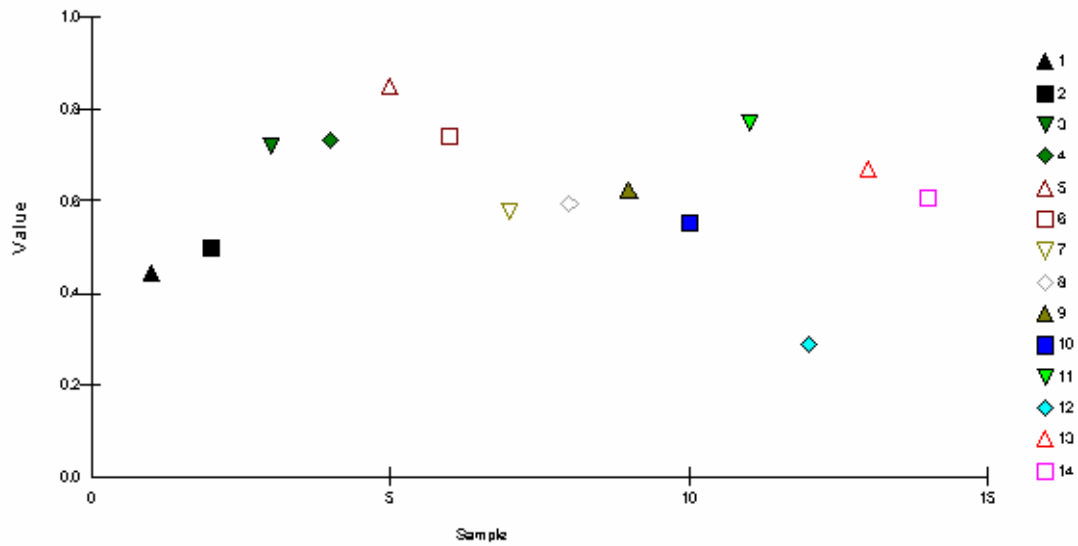


Figura 18. Diversidad de familias en el humedal Tubul-Raqui (segunda campaña), mediante el índice de Shannon.

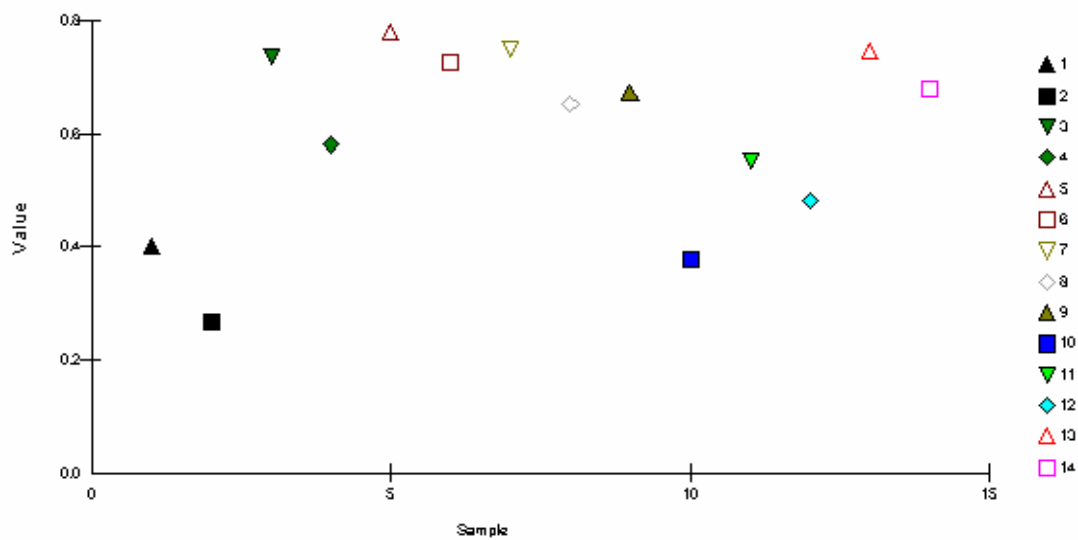


Figura 19. Diversidad de ordenes en el Humedal Tubul-Raqui (primera campaña), mediante el índice de Shannon.

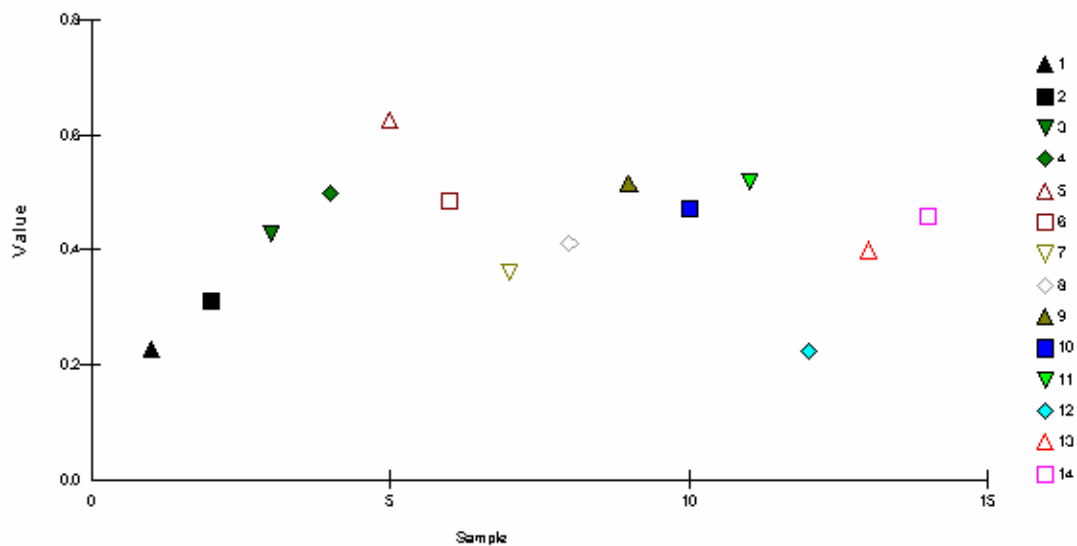
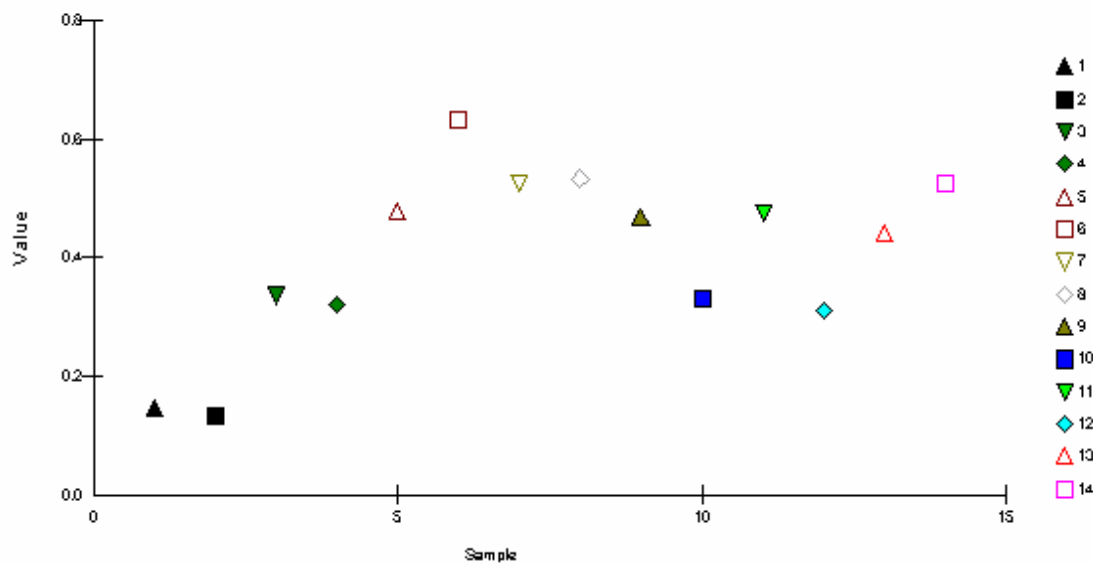


Figura 20. Diversidad de ordenes en el Humedal Tubul-Raqui (segunda campaña), mediante el índice de Shannon.



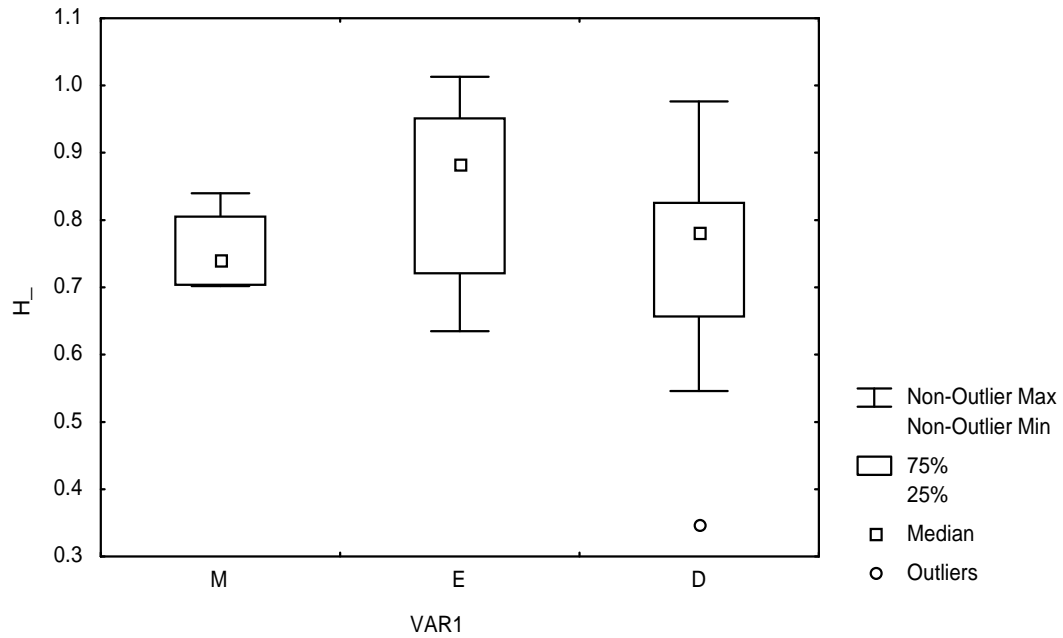


Fig. 20: Diversidad (H') para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

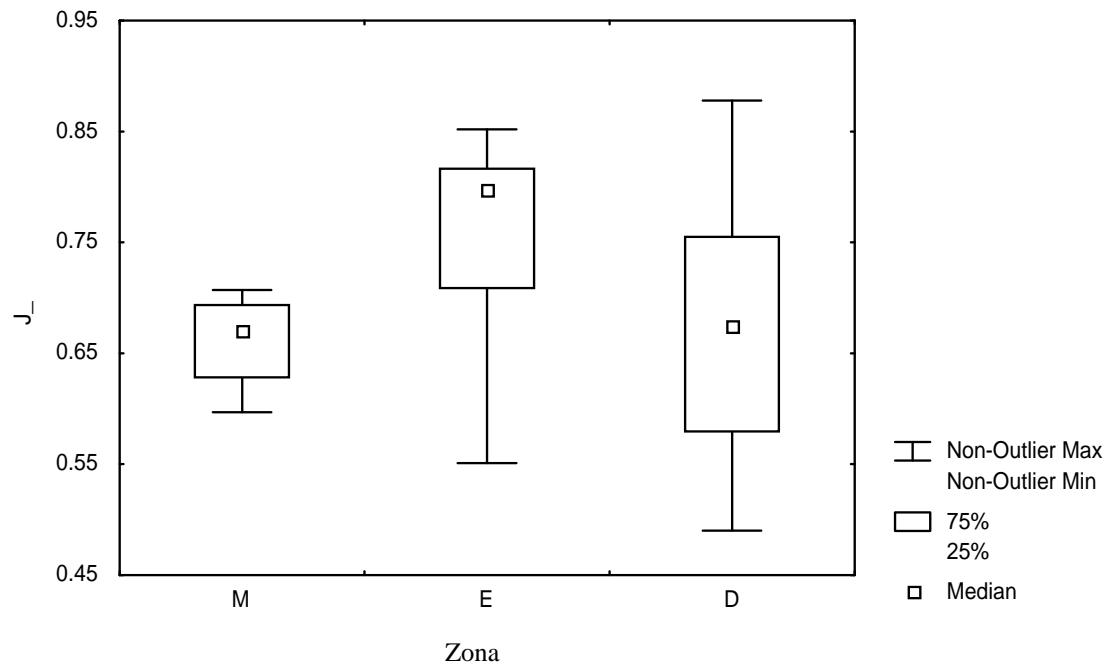


Fig. 21: Equidad (J') de individuos para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

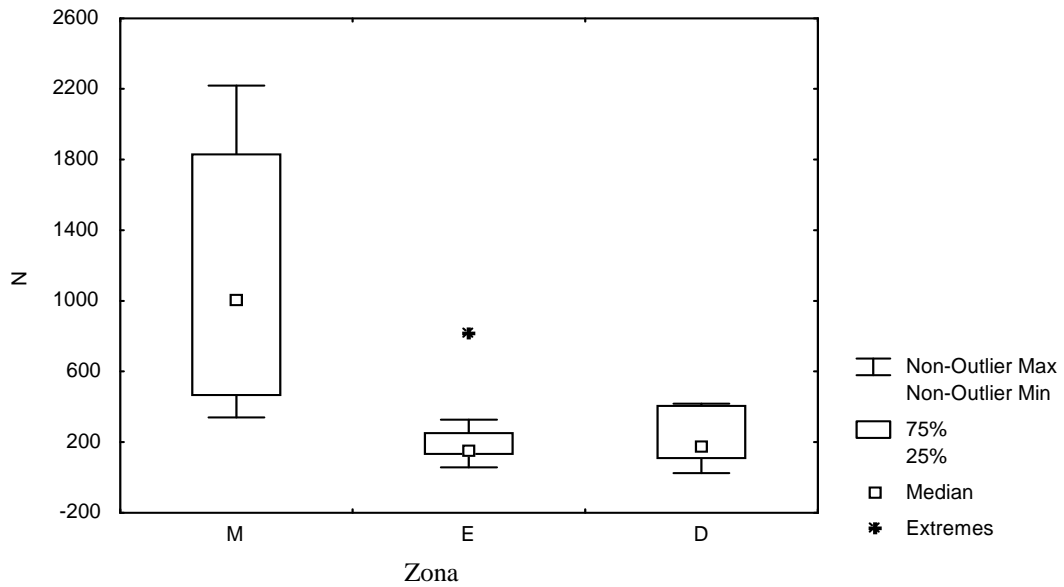


Fig.22: Abundancia (N) de individuos para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

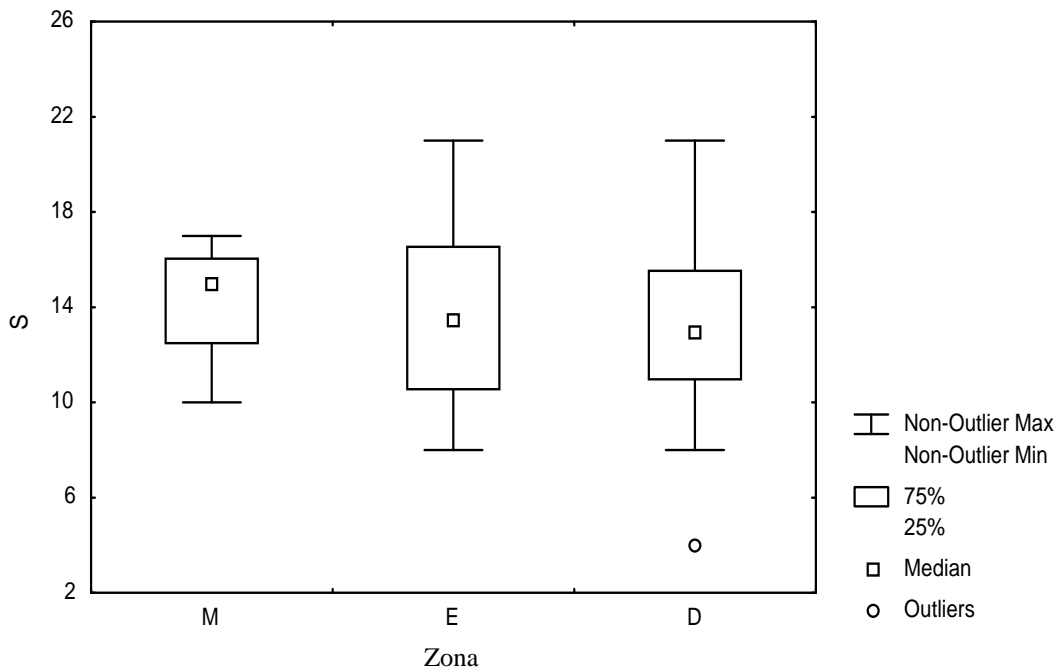


Fig. 23: Riqueza (S) para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

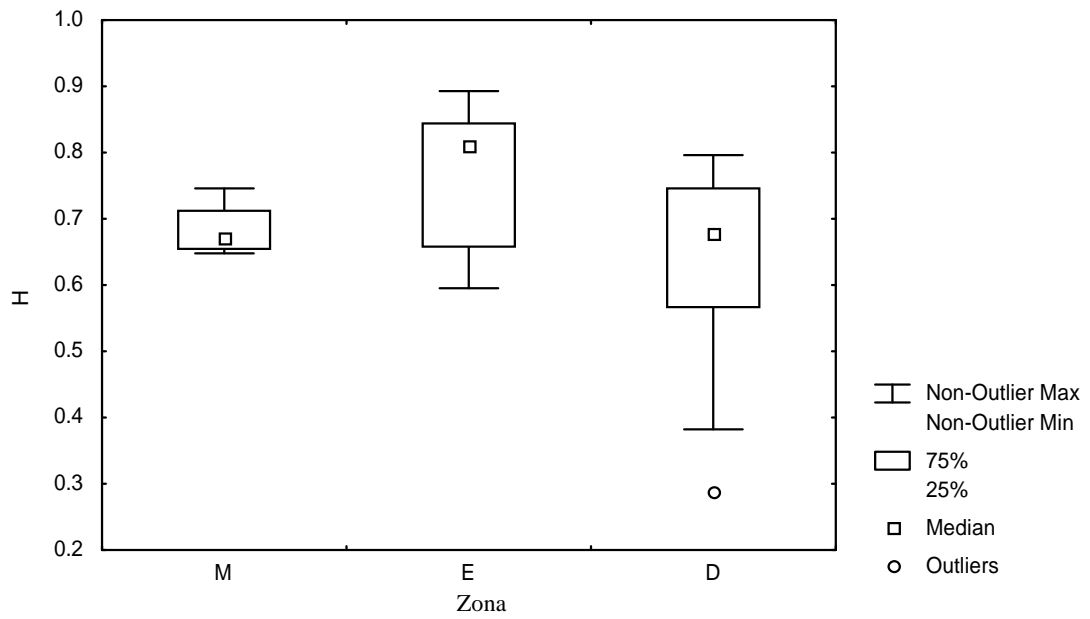


Fig. 24: Diversidad (H') de la categoría de Género para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

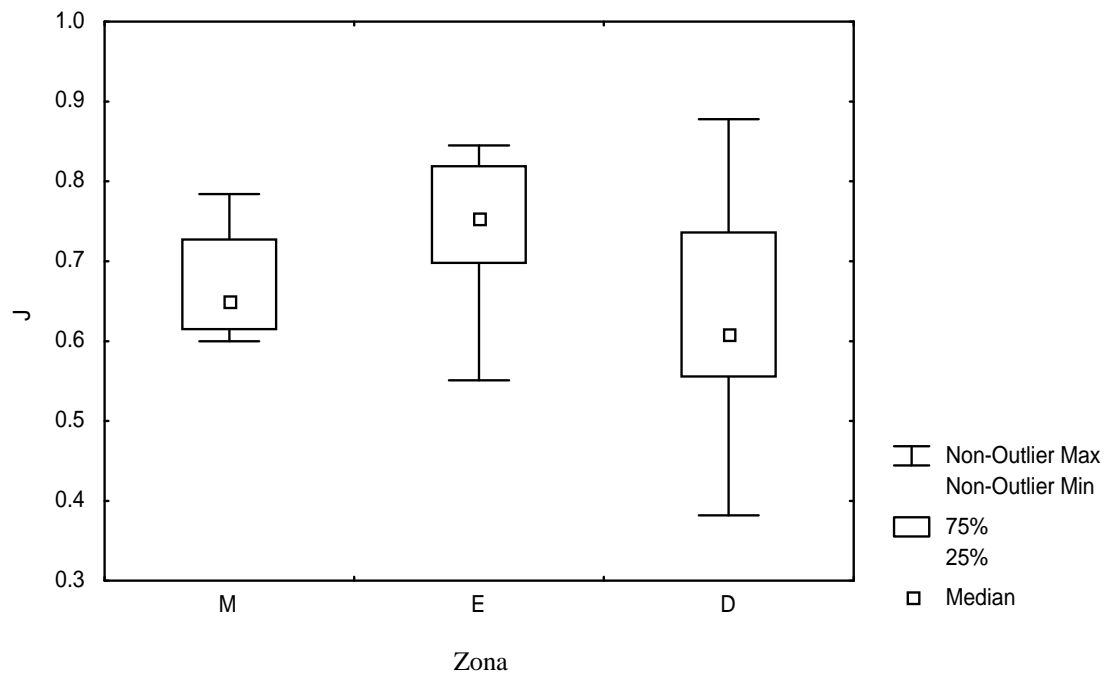


Fig. 25: Equidad (J') de la categoría de Género para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

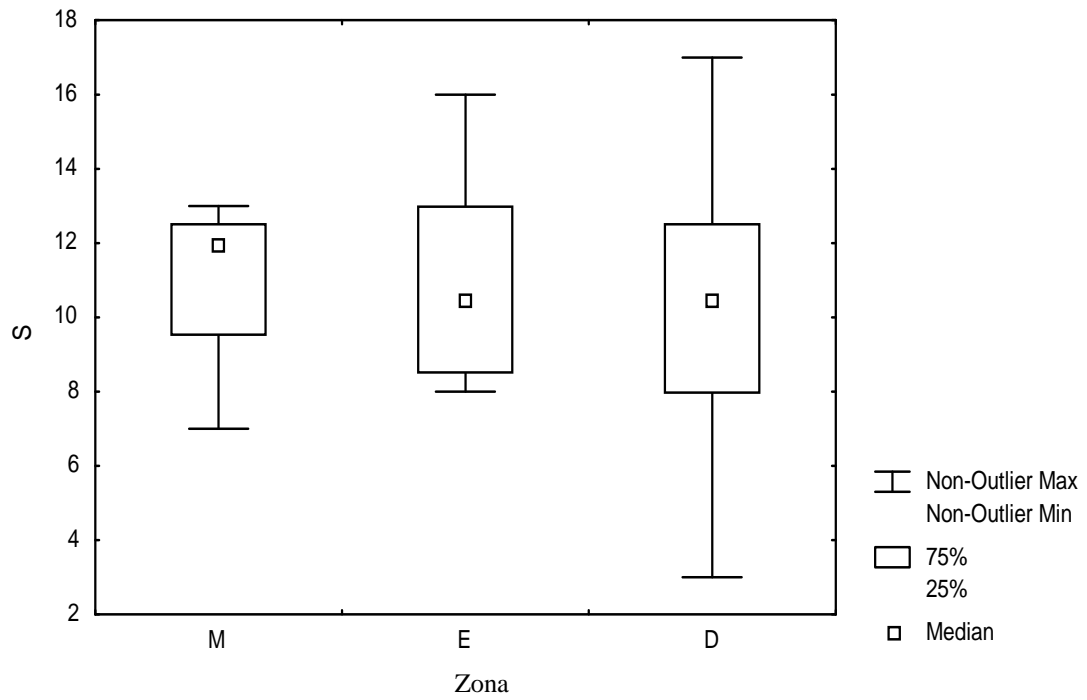


Fig. 26: Riqueza (S) de la categoría de Género para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

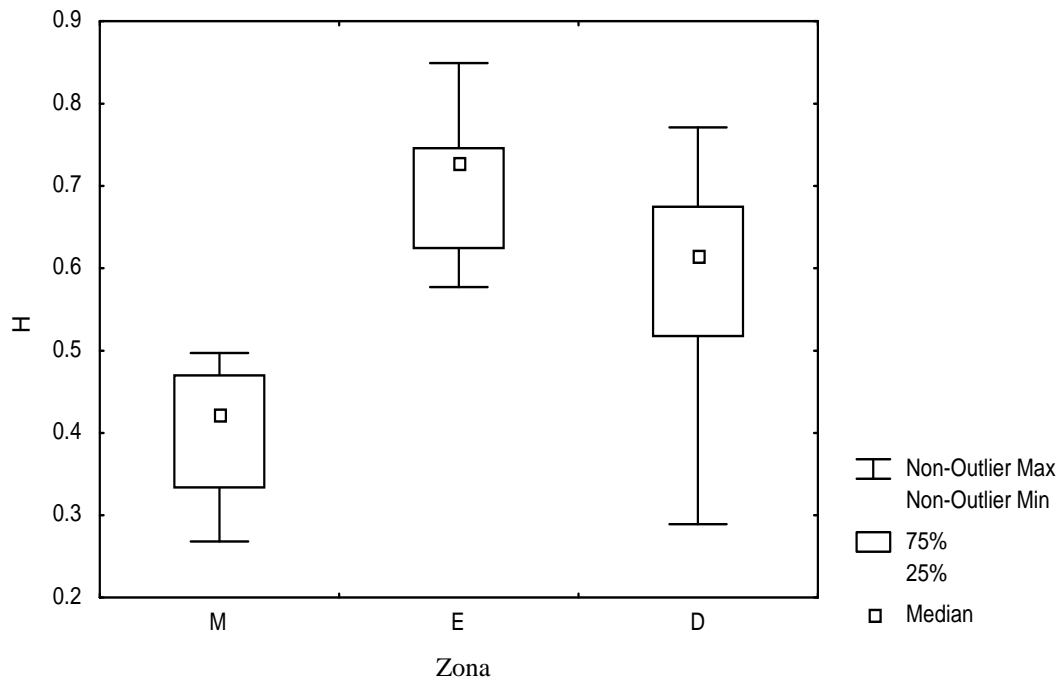


Fig. 27: Diversidad (H') de la categoría Familia para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

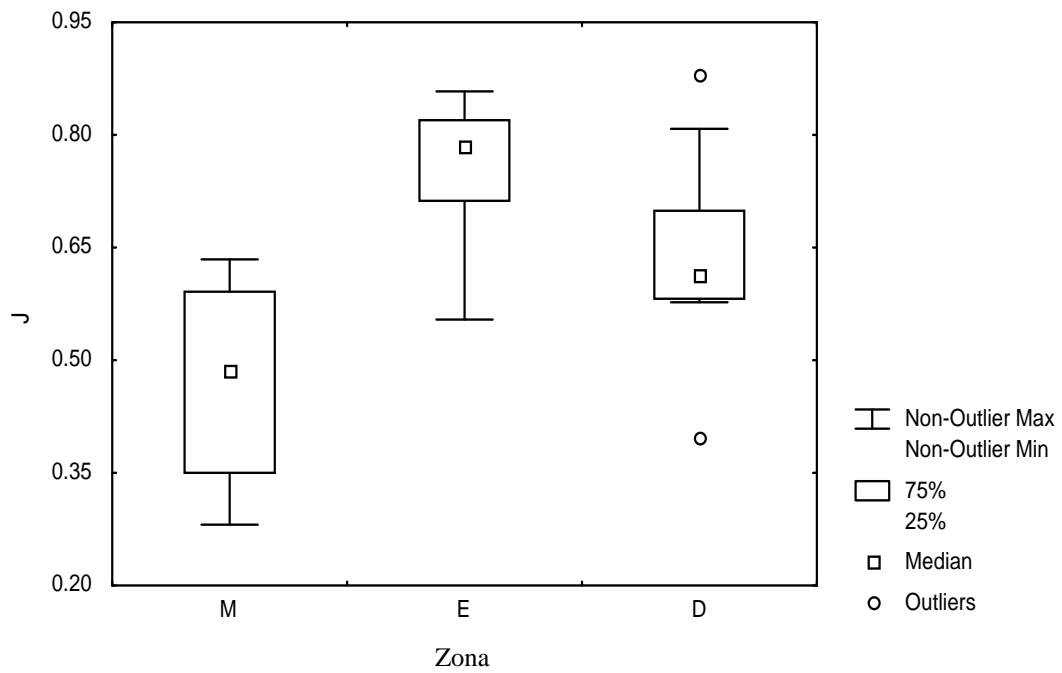


Fig. 28: Equidad (J') de la categoría Familia para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

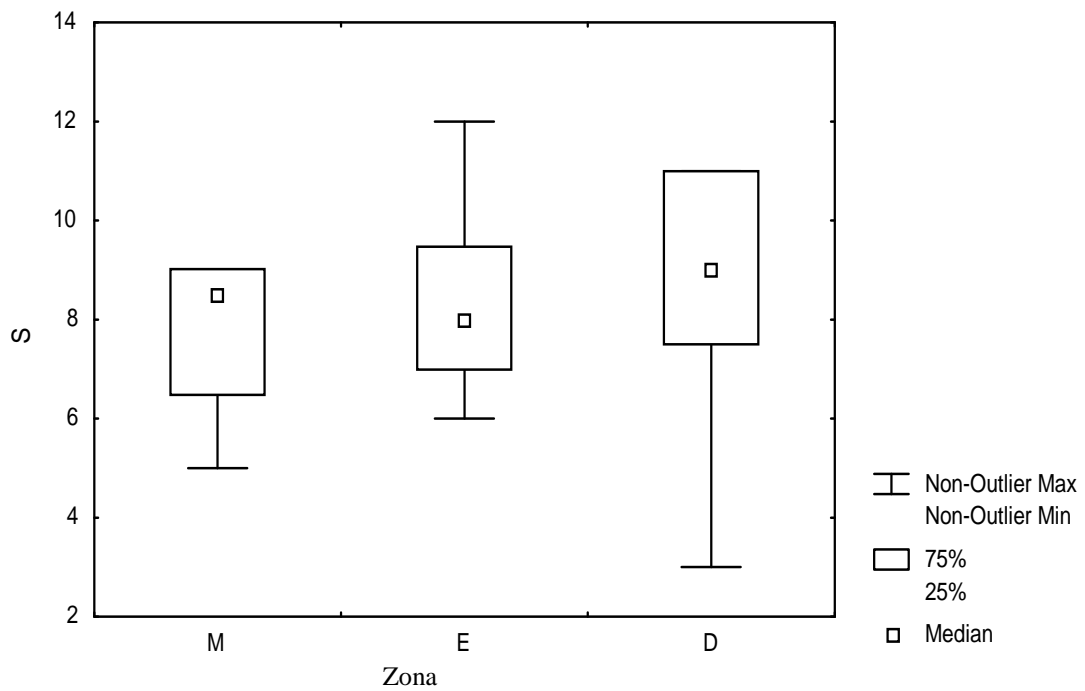


Fig. 29: Riqueza (S) de la categoría Familia para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

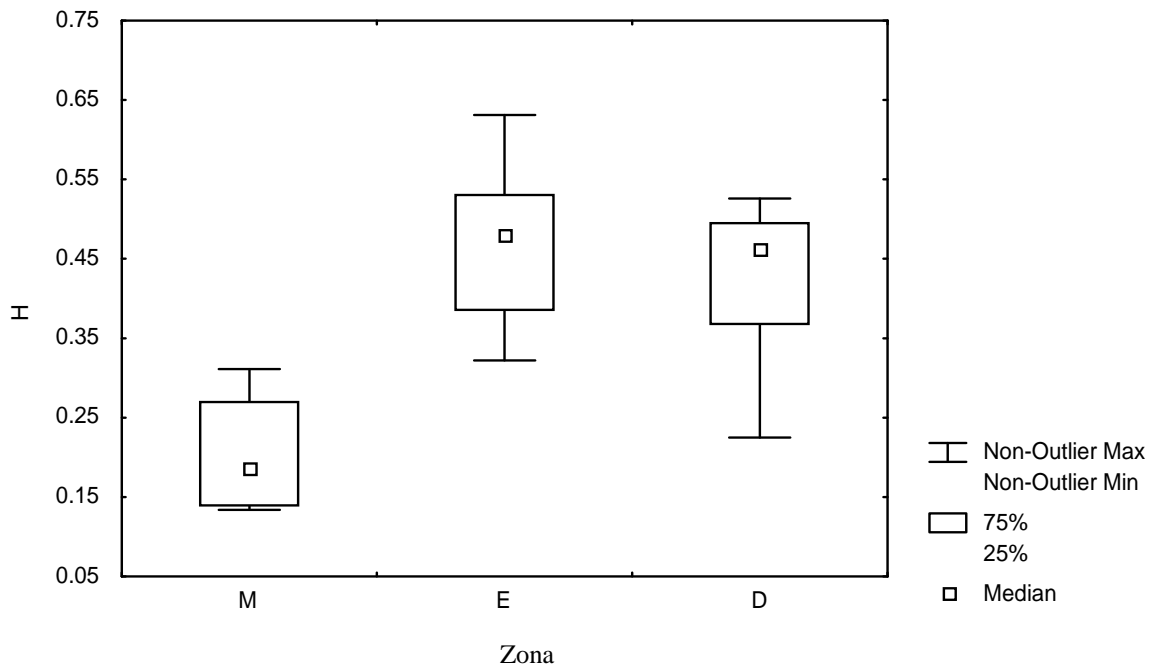


Fig. 30: Diversidad (H') de la categoría Orden para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

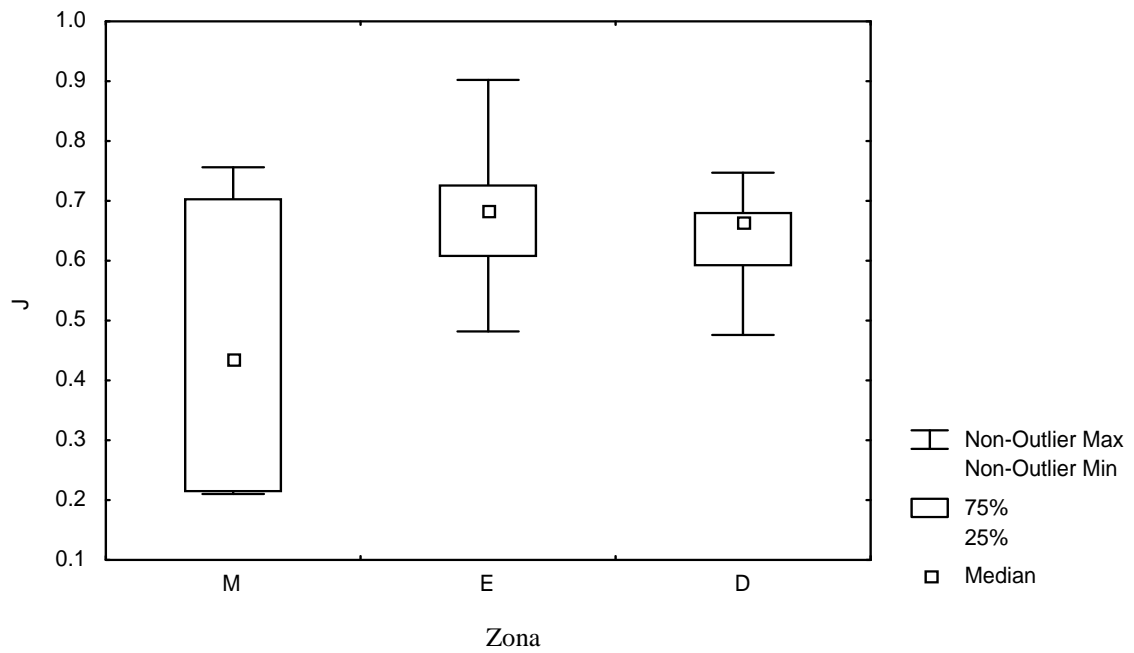


Fig. 31: Equidad (J') de la categoría Orden para la 1° y 2° campaña en las distintas zonas.

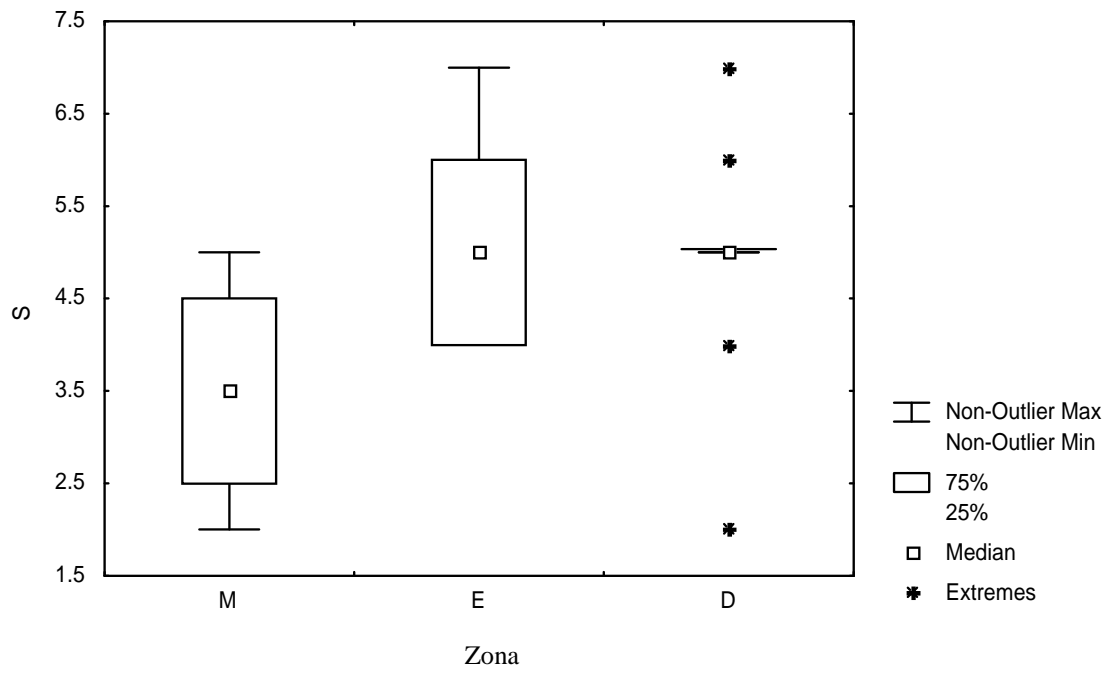


Fig. 32: Riqueza (S) de la categoría Orden para la 1° y 2° campaña para las distintas zonas.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, J. 1994. Nidificación de Aves Acuáticas en Tranque Fundo San Rafael. Boletín Chileno de Ornitología 1: 2-7.
- ARAYA, B. & G. MILLIE. 1996. Guía de Campo de las Aves de Chile. Séptima edición. Editorial Universitaria. 406 pp.
- BIBBY C.; BURGESS, N. & HILL, D (1997). Bird census techniques. Academic press. London. 257 pp.
- BLANCO, D. E. 1998. Uso de hábitat de aves playeras (*pluvialis dominica*, *Limosa baemastica* y *Caledris fuscicolis*) en relación con la marea en Punta Rasa, Argentina. Revista Chilena de Historia Natural 71: 87-94.
- BLANCO, D. E. 2003. Los humedales como hábitat de aves acuáticas. <http://www.unesco.org.uy/mab/documentospdf/13.pdf>
- BEGON, M., J. HARPER. & C. TOWNSEND. 1995. Ecología, individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 886 pp.
- BRENNAN, L. A., W. BLOCK & R. J. GUTIÉRREZ. 1987. Habitat use by Mountain quail in Northern California. The Condor. 89: 66- 74.
- BRUHN, I., V. ESCOBAR, M. VALENZUELA. 2001. Delimitación de ecosistemas dulceacuícolas y marinos en el estero El Yali. Carrera de Biología Ambiental. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile.
- CONAMA, 1999. Evaluación del Estado de Conservación de las Aves de Humedal de la Región del Bio Bio. Unidad de Recursos Naturales. 38 pp.
- CONSTABEL, S. A. 1993. Ambientes Sedimentarios de los Estuarios Tubul y Raqui, VIII Región, Chile. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Centro EULA-Chile. Universidad de Concepción. 96 pp.
- ESPINO-BARROS. R. 1989. Activity and Habitat-use Patterns of Breeding Caribbean Flamingos in Yucatan, México. The Condor 91: 585- 591.
- ESPINOZA, A. 1997. Caracterización natural del Humedal de Price en Talcahuano: Una compilación de información científica para establecer una línea de base para el manejo del ecosistema. Curso-Taller “Gestión Ambiental Municipal”. Páginas 70-120.

- GARAY, G. W. E. JOHNSON & W.L: FRANKLIN. 1991. Aquatic birds and wetlands in the Patagonia of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 127- 137.
- GONZÁLES, A. 2002. Relación entre características del hábitat y estructura comunitaria de aves acuáticas en sistemas lacustres urbanos. Tesis para optar al grado de magister en ciencias con mención Zoología. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. 100 pp.
- KARR, J. & K. FREEMARK. 1983. Habitat selection and environmental gradients: Dynamics in the “stable” tropics. *Ecology* 64 (6): 1481-1494.
- MCALEECE, 1997. Programa BioDiversity Pro.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T- Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- QUEZADA, A. E., H. OYARZO & V. H. RUÍZ. 1986. Distribución de la avifauna en los distintos “habitats” del Estuario Andalién. Bahía de Concepción. Concepción. Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 21: 197-206.
- QUINTANA, V. 1993. Caracterización Florística y Faunística de un Humedal Costero de la VIII Región, el caso del Estero Lengua. En: planificación y gestión de la zona costera. Análisis de un caso: Lengua. Centro EULA-Chile. Universidad de Concepción. Serie: propuesta de ordenamiento 8: 41-56.
- QUINTANA, R. D. 2003. Relación entre la Estructura del Paisaje en un Humedal y la Fauna Silvestre: El Carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) como caso de Estudio. <http://www.unesco.org.uy/mab/documentospdf/13.pdf>
- RIFFO, R. & C. VILLARROEL. 1999. Caracterización de la flora y fauna del humedal Los Batros, comuna de San Pedro de la Paz. I seminario taller “humedales de la provincia de Concepción “. Universidad de Concepción, Chile. *Revista Gayana* 64. 37 pp.
- ROTTMANN, J. 1995. Guía de Identificación de Aves de Ambientes Acuáticos. Publicado por la Unión de Ornólogos de Chile (UNORCH). 77 pp.
- STUARDO, J. & C. VALDOVINOS. 1989. Estuarios y Lagunas Costeras: Ecosistemas Importantes del Chile Central. *Ambiente y Desarrollo*. Vol. 5 (1): 107-115.
- STUARDO, J.; C. VALDOVINOS.; R. FIGUEROA & A. OCCHIPINTI. 1993. Los ambientes costeros del golfo de Arauco y áreas adyacentes. Gestión de los recursos hídricos de la cuenca del río Biobío y del área marina costera adyacente, Centro EULA-Chile. 157 pp.

- ODUM, E. P. 1972. Ecología. Tercera edición. Nueva editorial interamericana S.A. 639 pp.
- ODUM, E. P. & F. O. SARMIENTO. 1998. Ecología. El puente entre ciencia y sociedad. McGraw-Hill Interamericana editores, S.A. 343 pp.
- SMITH, R.L. & T. M. SMITH. 2001. Ecología. 4° edición. Pearson Educación, S.A., Madrid. 642 pp.
- TAIT. R. V. 1987. Elementos de Ecología Marina: curso preparatorio. 2° edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). 446 pp.
- VARGAS, M. N. AMADO. J. HERREROS & R. PEREDO. 1997. Avifauna Asociada a Playas Arenosas y Rocosas del Litoral de Iquique (I Región, Chile). Boletín Chileno de Ornitología 4: 2-8.
- WERLINGER, C. & K. ALVEAL. 1988. Evaluación de algas en ambientes restringidos del golfo de Arauco (Chile): Punta Fuerte Viejo a río Tubul. Revista Gayana, Bot. 45 (1-4): 461-474.