

**Contribución a la ecología de las aves  
acuáticas del campus de la Universidad  
Zamorano, Honduras**

**Byron Steven Ormaza Lara**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Honduras**  
Octubre, 2014

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

**Contribución a la ecología de las aves  
acuáticas del campus de la Universidad  
Zamorano, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Byron Steven Ormaza Lara**

**Zamorano, Honduras**

Octubre, 2014

# **Contribución a la ecología de las aves acuáticas del campus de la Universidad Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Byron Steven Ormaza Lara

Aprobado:

---

Oliver Komar, Ph.D.  
Asesor principal

---

Laura Suazo, Ph.D.  
Directora  
Departamento de Ambiente y  
Desarrollo

---

Carlos Lopez Funes, Lic.  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

# Contribución a la ecología de las aves acuáticas del campus de la Universidad Zamorano, Honduras

Byron Steven Ormaza Lara

**Resumen.** Las aves acuáticas son componentes importantes en ecosistemas acuáticos debido a sus funciones ecológicas y también su valor económico por ecoturismo y cacería deportiva. El objetivo principal de la investigación fue determinar qué factores influyen en la riqueza de aves acuáticas en humedales artificiales en el campus de Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, durante el verano nortero (mayo a agosto). Se registraron 23 especies de aves que hacen uso directo de las lagunas ya sea alimentación, reproducción o refugio. Se realizaron 13 observaciones en cada una de las 14 lagunas. El tamaño de las lagunas resultó ser el mejor predictor para riqueza de especies. Las lagunas dedicadas a piscicultura presentaron mayor riqueza que lagunas de riego o de oxidación. Se agruparon las especies de aves en cinco gremios de acuerdo al tipo de alimentación y técnicas para obtener el alimento. La distribución de los gremios en cada laguna fue influenciada por la vegetación alrededor y propósito de las lagunas, según las necesidades ecológicas específicas de cada gremio. Se espera que este estudio sea tomado en cuenta como línea base para futuros estudios de aves acuáticas en el campus.

**Palabras clave:** Curvas de acumulación de especies, humedales, piscicultura, regresión múltiple, riqueza de especies.

**Abstract:** Waterfowl are important components in aquatic ecosystems due to their ecological functions and potential for generating economic value from ecotourism and sport hunting. The aim of this study was to determine which factors influence the richness and abundance of waterfowl at artificial wetlands on the Zamorano campus in Francisco Morazán, Honduras, during the northern summer (May to August). In total 23 species of birds were recorded that make direct use of the lagoons for feeding, breeding, or refuge. A total of 13 observations were made in each of 14 lagoons. Lagoon size was the best predictor for species richness; larger lagoons have more species. Aquaculture lagoons had more species than lagoons used for irrigation or for oxidation. Bird species were organized into five guilds, according to their feeding techniques and preferences. The distribution of the guilds among the lagoons was influenced by the surrounding vegetation and purpose of the ponds, according to their specific ecological requirements. This study can be taken as a baseline for future studies.

**Keywords:** Aquaculture, multivariate regression, species accumulation curves, species richness, wetland.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos .....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>12</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>13</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>15</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Gremios de las especies de aves acuáticas según el tipo de dieta y las técnicas empleadas en la obtención del alimento. ....	4
2.	Variables utilizadas para predecir la riqueza de especies y abundancia de individuos en las lagunas estudiadas. ....	5
3.	Riqueza observada vs. riqueza estimada en cada laguna. ....	6
4.	Resultado del análisis de regresión multivariada de riqueza. ....	7
5.	Prueba simultánea de Tukey para diferencia de medias.....	9
Figuras		Página
1.	Ubicación de las lagunas en Zamorano donde se realizó el estudio, 2014.....	3
2.	Regresión cuadrática entre riqueza de especies y área de laguna. ....	7
3.	Abundancia de aves acuáticas observada en todas lagunas durante diferentes horas del día (minutos después del amanecer). ....	8
Anexos		Página
1.	Tabla resumen con las variables de predicción para cada laguna estudiada. ....	15
2.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Zona 2. ....	16
3.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 1. ....	16
4.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 2.....	17

5.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 3 .....	17
6.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 4 .....	18
7.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 5 .....	18
8.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Monteredondo .....	19
9.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Lagunetas de acuicultura .....	19
10.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Okeechobee 1 .....	20
11.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Okeechobee 2 .....	20
12.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Titicaca .....	21
13.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Zona 3a .....	21
14.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Zona 3b. ....	22
15.	Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación de la unidad porcina. ....	22
16.	Riqueza de especies para cada gremio en las 14 lagunas estudiadas. ....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes que más resaltan en la composición faunística de los ambientes acuáticos son las comunidades de aves existentes. Además del valor recreacional y el aporte a la belleza escénica del lugar las aves acuáticas son importantes por el papel ecológico que desempeñan en los ecosistemas (Martínez 1993).

Debido a la importancia de las funciones que realizan dentro del ecosistema, algunas especies sirven como indicadores de las condiciones del paisaje (Austin *et al.* 2001). Se estima que en lugares como EEUU y Canadá el valor económico de la cacería deportiva y la observación de aves acuáticas asciende a cien millones de dólares (USD) anualmente (Johnsgard 2010), por lo que ha sido necesario implementar planes de manejo y conservación a las poblaciones de aves acuáticas (Nichols *et al.* 1997). Por ejemplo, la abundancia de una especie de pato está negativamente relacionada con la cantidad de área cultivada presente. Por otro lado se conoce el alto potencial educativo asociado a la diversidad en poblaciones de aves acuáticas y la conservación de su hábitat (Kusch *et al.* 2008).

Existen alrededor de 251 especies de aves registradas para el área de Zamorano, que incluye el campus universitario, áreas de producción, lagunas y ríos. Se han registrado aproximadamente 30 especies de aves acuáticas representadas en su mayoría por varias especies de garzas, patos y zambullidores (eBird 2014).

En la actualidad, no hay estudios sobre la ecología de comunidades de aves acuáticas en Zamorano. La falta de información sobre la estructura, composición y diversidad de las comunidades de aves conlleva a que por el momento no se esté aprovechando de la mejor manera el valor recreacional y educativo de este recurso. Si bien en el sitio web eBird existen registros para Zamorano, estos datos se asocian a grandes extensiones de terreno; es decir, los mapas de abundancia y distribución generados en eBird® tienen errores de precisión. La mayoría de reportes de Zamorano se ubican en un solo punto en el campus. Algunos mapas generados por eBird® tienen una precisión solo hasta 400 km<sup>2</sup> (Komar 2012). No existían registros en eBird® específicamente asociados con la mayoría de las lagunas del campus de Zamorano anterior al presente estudio.

El estudio tuvo como objetivo generar información sobre la ecología de las aves acuáticas en el campus de Zamorano durante los meses de mayo, junio, julio, agosto. Para ello se evaluó el efecto del tamaño, forma, vegetación alrededor y propósito de cada laguna sobre la riqueza de especies. Además se identificaron cual de los factores influyeron más en la riqueza de cada gremio de aves acuáticas en cada laguna.

El presente estudio es una línea base que sirve a futuras investigaciones, planes de manejo, esfuerzos para la conservación de biodiversidad y a la ecología de los ecosistemas acuáticos del campus. Por otro lado aportar a la enseñanza de la ecología, biodiversidad y experiencia práctica a los estudiantes del campus utilizando la información generada en el estudio.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se llevó a cabo en las lagunas del campus de Zamorano, ubicado en el Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 30 km al este de Tegucigalpa, la ciudad capital de Honduras. Con una altura de 800 msnm, una temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación media anual de 1,100 mm es caracterizado por su clima tropical seco.

Cada laguna fue considerada como una unidad de muestreo individual. Se incluyeron todas las lagunas del campus que tenía presencia permanente de agua: laguna de Titicaca (LT), lagunas de Okeechobee (LOKa, LOKb), laguna de Zona 2 (LZ2), lagunas de Zona 3 (LZ3a y LZ3b), laguna de Monte Redondo (LMR), lagunetas de Acuacultura (LAC), las lagunas de oxidación (LO1, LO2, LO3, LO4 y LO5) y la laguna de oxidación de la unidad porcina (OUP) (Figura 1.).

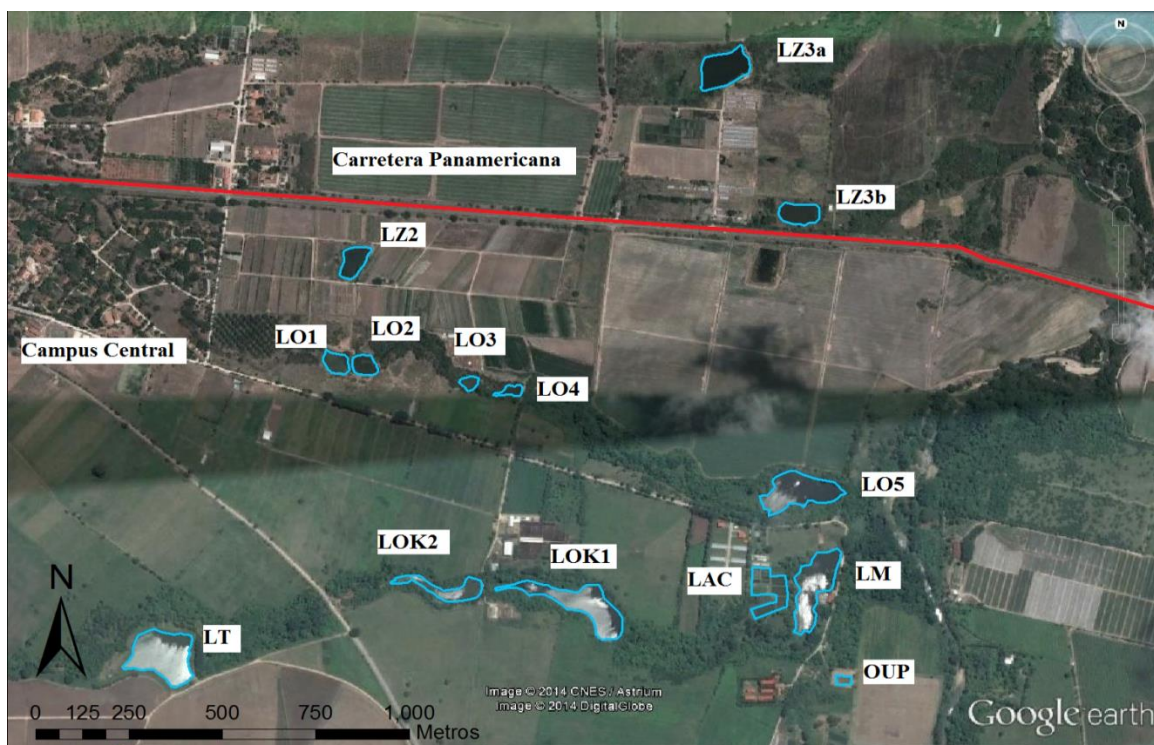


Figura 1. Ubicación de las lagunas en Zamorano donde se realizó el estudio, 2014

**Conteo y registro de aves.** Se realizaron visitas semanales a todas las lagunas durante 10 semanas en los meses de mayo, junio, julio y agosto del presente año. En el estudio fueron incluidas las aves acuáticas residentes en las lagunas. Se hicieron conteos de área

mediante la observación de aves con binoculares realizando recorridos breves por el contorno de las lagunas en cada visita, se registraron las especies encontradas y el número de individuos de cada una. Los conteos fueron realizados en distintos momentos del día para determinar el periodo tiempo con mayor actividad de las aves acuáticas.

Se identificaron las especies con el uso de guías para la identificación de aves y se documentaron fotográficamente las especies encontradas. Los conteos de cada observación fueron reportados en el sitio web de eBird.org con el fin de contribuir con la base de datos para Zamorano en eBird, organizar de manera sencilla los registros en cada visita, y compartir los datos crudos con futuros investigadores.

La agrupación en gremios se basó en el tipo de dieta y técnicas empleadas en la obtención de alimento (López de Casenave y Filipello 1995). El tipo de dieta y las técnicas empleadas fueron asignadas a cada especie de acuerdo a la observación en campo y bibliografía consultada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Gremios de las especies de aves acuáticas según el tipo de dieta y las técnicas empleadas en la obtención del alimento.

<b>Gremio</b>	<b>Especies</b>
Omnívoros de superficie	<i>Cairina moschata</i> , <i>Dendrocygna autumnalis</i> , <i>Gallinula chloropus</i>
Buceadores piscívoros	<i>Anhinga anhinga</i> , <i>Phalacrocorax brasilianus</i> , <i>Tachybaptus dominicus</i>
Caminadores omnívoros	<i>Actitis macularius</i> , <i>Aramus guarauna</i> , <i>Bubulcus ibis</i> , <i>Jacana spinosa</i> , <i>Laterallus ruber</i> , <i>Porphyrio martinicus</i> , <i>Tringa solitaria</i>
Caminadores piscívoros	<i>Ardea alba</i> , <i>Butorides viriscens</i> , <i>Egretta thula</i> , <i>Egretta caerulea</i> , <i>Nycticorax nycticorax</i> , <i>Tigrisoma mexicanum</i>
Perchadores piscívoros	<i>Chloroceryle amazona</i> , <i>Chloroceryle americana</i> , <i>Megaceryle torquata</i> , <i>Pandion haliaetus</i>

**Análisis de datos..** Las curvas de acumulación son gráficas que estiman la cantidad total de especies de una localidad en base al esfuerzo o número de muestreos realizados (Gotelli y Colwell 2011). Las curvas de acumulación se utilizaron para comprobar si el número de muestras fue suficiente para observar todas las especies que habitan en cada laguna. Para realizar las curvas se excluyeron aquellas especies consideradas no residentes de cada laguna o errantes ya que según Dennis (2001) estas generan sesgo en las curvas (se excluyeron a *Actitis macularius*, *Tigrisoma mexicanum* y *Gallinula chloropus* en laguna de Zona 2).

Se utilizó el programa *EstimateS 9.00* para determinar la riqueza de especies y curvas de acumulación, los datos de entreda para el programa consistieron de un set múltiple de

matrices con las especies ordenadas en filas y el número de observación en columnas para cada laguna. Para la estimación de las riquezas se utilizó la configuración clásica de Chao 1 para reducir el coeficiente de variación en los datos (Cowell 2013). Los estimadores de riqueza no paramétricos para comparar la riqueza observada con la esperada fueron Chao 1, Chao 2, Ace, Ice y Bootstrap.

Se realizó un análisis de regresión multivariante utilizando el programa Minitab Express versión 1.1.0 para determinar que factores influyen o están asociadas a la riqueza de especies. Las variables de predicción corresponden a características físicas de la laguna y la hora de observación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables utilizadas para predecir la riqueza de especies y abundancia de individuos en las lagunas estudiadas.

<b>Variables de predicción</b>	<b>Variables de respuesta</b>
Área de laguna	Riqueza de aves acuáticas
Propósito de la laguna	Riqueza de aves por gremio
Forma de laguna	
Cobertura vegetal alrededor	

El área de las lagunas se obtuvo mediante digitización de una imagen satelital del utilizando el programa ArcMap. La imagen satelital fue realizada el 15 de julio del 2014 y está disponible en la última versión de Google Maps. Se usó el logaritmo de áreas de cada laguna para las regresiones ya que presentó mejor ajuste al modelo lineal.

Se designaron tres clases de lagunas de acuerdo al propósito: lagunas de riego, lagunas de oxidación y laguna de piscicultura. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa Minitab Express (versión 1.1.0) para determinar las diferencias de riqueza entre cada uso.

La cobertura vegetal alrededor de las lagunas fue determinada por la proporción de perímetro con al menos 10 metros de cobertura vegetal a partir de la orilla. Se consideraron como cobertura vegetal tanto árboles, arbustos y la vegetación emergente (gramíneas) en las orillas de la laguna. La hora de observación fueron los minutos que transcurrieron del amanecer al momento de cada observación.

Las regresiones lineales y multivariadas fueron realizadas utilizando el programa estadístico Minitab Express (versión 1.1.0). Para seleccionar el mejor modelo en cada regresión multivariante se corrían los análisis con todas las variables de respuesta inicialmente, luego se excluía la variable con menor significancia y se repetía el análisis hasta encontrar el modelo con mayor significancia y  $R^2$ . Por medio de una matriz de correlación se determinó que las variables de respuesta incluidas en este estudio no están correlacionadas entre sí. Para determinar la correlación entre las variables estudiadas el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) debió ser mayor a 0.75.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron en total 23 especies de aves acuáticas en todas las lagunas durante el estudio. Las curvas de acumulación demostraron que se obtuvieron inventarios casi completos (>78%) de las especies en siete lagunas y 100% completas en siete lagunas, ya que la riqueza observada fue similar a la estimada. Por lo tanto riqueza observada se puede utilizar como variable de respuesta en los análisis de regresión. Para la riqueza estimada se tomó el valor de Chao 1 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Riqueza observada vs. riqueza estimada en cada laguna.

Laguna	Riqueza Observada	Riqueza Estimada
Lagunetas de acuacultura	12	12
Monteredondo	16	18
Okeechobee 1	11	14
Okeechobee 2	9	10
Oxidación 1	5	5
Oxidación 2	5	5
Oxidación 3	7	8
Oxidación 4	7	7
Oxidación 5	10	11
Oxidación Unidad Porcina	3	3
Titicaca	9	10
Zona 2	9	10
Zona 3a	7	7
Zona 3b	2	2

**Análisis de regresión.** La relación entre el log del área de las lagunas y la riqueza de especies registrada fue significativa ( $p = 0.010$ ,  $f = 9.1$ ,  $df = 1$ ,  $R^2 = 43\%$ ) (Figura 2). El mejor modelo fue lineal, utilizando una ecuación cuadrática (riqueza =  $4.9523 \log \text{área}^2 - 29.83 \log \text{área} + 49.599$ ).

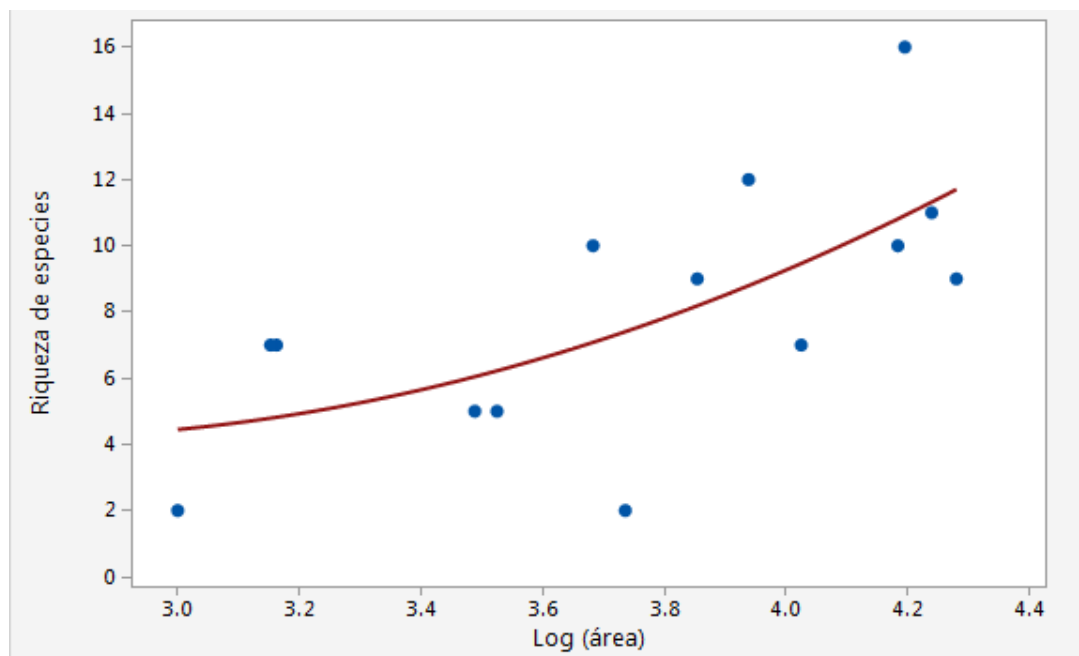


Figura 2. Regresión cuadrática entre riqueza de especies y área de laguna.

La regresión multivariante demostró que el mejor modelo para predecir la riqueza de especies se realizó con las variables de logaritmo del área y la vegetación alrededor de las lagunas ( $R^2 = 56\%$ ) (Cuadro 4). El modelo de regresión multivariante resultó ser mejor que el de regresión lineal para log área ( $R^2 = 43\%$ ) y el modelo de regresión cuadrática para log área ( $R^2 = 44\%$ ). Sin embargo, el factor vegetación por sí solo no es significativo.

Cuadro 4. Resultado del análisis de regresión multivariante de riqueza.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	Valor-F	Valor-P
Regresión	2	116.468	58.234	7.131	0.010
Log Área	1	61.979	61.979	7.582	0.018
Vegetación	1	14.427	14.427	1.773	0.210
Error	11	89.889	8.171		
Total	13	206.357			

En otros estudios han encontrado que área de laguna es el mejor predictor de riqueza para aves acuáticas. Elmber *et al.* (1994) encontró esta relación cuando estudiaron 31 lagunas boreales en Finlandia y Suecia con tamaños entre 2 – 40 ha y con un total de 11 especies de aves acuáticas.

Los niveles de actividad por hora en Zamorano parecen los resultados de Palmeirim y Rabaça (1994), quienes estudiaron el efecto de la hora en la detección de *Certhia brachydactyla* (un ave Passeriforme que no es un ave acuática) en el estuario de Sado ubicado en Portugal. Reportaron que la densidad de aves observadas durante 11:00 y

13:00 h fue menor a la mitad de la densidad registrada entre 6:00 y 7:00 am, esto debido a que los niveles de actividad y cambios de conducta varían durante el día. Por otro lado Cursach *et al.* (2010) realizaron censos de aves acuáticas en el humedal marino de Bahía Lenca en el Seno de Reloncaví, sur de Chile. Se hicieron observaciones en tres tiempos diferentes del día, durante la mañana (7:00 a 9:00h), medio día (13:00 a 15:00h) y tarde (17:00 a 19:00 h) sin encontrar diferencias significativas en la diversidad de aves.

**Hora de observación.** La abundancia de individuos estuvo relacionada significativamente con la hora de observación según los valores de la regresión lineal ya que existieron horas del día con mayor actividad, aunque los datos no se prestan a una relación lineal ( $p = 0.013$ ,  $df = 1$ ,  $f = 6.28$ ,  $R^2 = 3\%$ ). Con un histograma de frecuencia se determinaron los intervalos del día en los que se registraron mayor cantidad de aves, de 06:30 a 10:00 y de 15:25 a 18:30 h (Figura 3). En el eje Y se indica la frecuencia con la que se observaron aves acuáticas en distintas horas del día en todas las lagunas. Esto se interpreta como que la colección de datos será más eficiente si se realiza solamente durante estos periodos de mayor actividad.

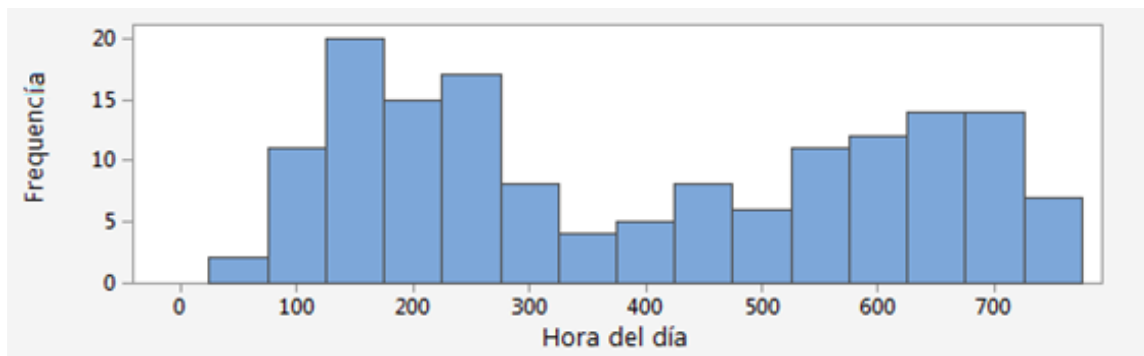


Figura 3. Abundancia de aves acuáticas observada en todas lagunas durante diferentes horas del día (minutos después del amanecer).

**Análisis de diferencia de medias.** No se encontraron diferencias significativas entre la riqueza de especies de las lagunas con forma irregular y las de forma regular ( $p = 0.09$ ,  $t = -1.47$ ,  $df = 12$ ). La forma de la laguna fue incluida como variable de predicción en las regresiones múltiples, sin embargo resultó no ser significativa para ningún modelo.

La riqueza de especies resultó ser significativamente mayor en las lagunas de piscicultura comparado a las lagunas de riego y las lagunas de oxidación. Mientras que no se encontraron diferencias significativas entre la riqueza de las lagunas riego y oxidación (Cuadro 5). La riqueza promedio observada en las lagunas de piscicultura fue de 10 especies, en las lagunas de riego el promedio de riqueza fue de seis especies y las lagunas de oxidación registraron un promedio de riqueza de cuatro especies.

Cuadro 5. Prueba simultánea de Tukey para diferencia de medias

Diferencia de Usos	Diferencia de medias	Valor-T	Valor-P
Riego-Piscicultura	-5.875	-2.80	0.0424
Oxidación-Piscicultura	-9.25	-4.02	0.0052
Oxidación-Riego	-3.375	-2.07	0.1407

*Nivel de confianza individual = 97.94 %*

El mejor modelo para explicar la riqueza de buceadores piscívoros fue la regresión con el logaritmo del área y explicó tan solo el 9% de de la riqueza. El valor de la regresión no fue significativo ( $p = 0.15$ ,  $df = 1$ ,  $f = 2.37$ ). La riqueza de buceadores piscívoros podría estar explicada mejor por otras variables como la riqueza o abundancia de peces en cada laguna; estas variables no fueron cuantificadas en el presente estudio.

Para el gremio de caminadores omnívoros resultó ser significativa la relación con la cantidad vegetación alrededor de la laguna ( $p = 0.02$ ,  $df = 1$ ,  $f = 6.61$ ) explicando el 30% de la riqueza de este gremio. Estas especies en particular se encuentran caminando entre la vegetación de las orillas buscando su alimento, por lo que el área no es un factor que influye su presencia en las lagunas. Por otro lado el perímetro total de la laguna podría ser un mejor predictor ya que podría aumentar la cantidad de vegetación en las orillas.

En el caso de los caminadores piscívoros la variable más significativa fue el propósito de las lagunas ( $p = 0.03$ ,  $df = 1$ ,  $f = 8.84$ ,  $R^2 = 37\%$ ); sin embargo, el mejor modelo de predicción se dio con la regresión multivariante de las variables propósito y log de área explicando el 37% de la riqueza observada. Las lagunas en las que se encontraron más especies de este gremio fueron la laguna de Monteredondo y las lagunetas de Acuacultura.

La riqueza de los perchadores piscívoros estuvo influenciada en mayor parte por el propósito de la laguna ( $p = 0.01$ ,  $df = 1$ ,  $f = 1.21$ ,  $R^2 = 45\%$ ). Las variables de propósito y vegetación alrededor de la laguna fueron los predictores del mejor modelo explicando el 45% de la riqueza observada. Esto se debe a que los perchadores piscívoros se alimentan estrictamente de peces y suelen asechar a sus presas perchados en las ramas de los árboles.

Para las especies del gremio omnívoros de superficie resultaron dos modelos similares que explicaron mejor la riqueza observada. El primer modelo incluyó las variables forma, propósito y vegetación alrededor de la laguna explicando el 31% de la riqueza observada. Por otro lado el modelo más sencillo que incluía las variables propósito y forma de la laguna explicaron el 25% de la riqueza observada. Sin embargo ninguno de los modelos resultó ser significativo, presumiblemente debido a que las especies de este gremio son generalistas. Por ejemplo, ambos patos *Cairina moschata* y *Dendrocygna autumnalis* frecuentemente buscan alimentos en campos agrícolas recién cosechadas, fuera de los humedales (O. Komar, comunicación personal).

Además de riqueza, se colectaron datos de abundancia, y luego estos datos se convirtieron a datos de abundancia estandarizada, para poder apreciar la abundancia en una escala

igual para todas las especies, evitando fuertes sesgos causados por las especies más abundantes. Sin embargo, se decidió no utilizar abundancia (o abundancia estandarizada) como un variable de respuesta en los análisis de la importancia de factores, por la siguiente razón. Los análisis de regresión toman cada observación de abundancia como un dato independiente asumiendo que cada individuo actúa por si solo. Sin embargo la mayoría de las especies registradas viven en grandes grupos y actúan según el líder de la bandada. Los miembros de una bandada no actúan de manera independiente. Para poder utilizar abundancia como una variable de respuesta, será necesaria tratar observaciones de grupos (sean pequeños o grandes) como individuos.

#### 4. CONCLUSIONES

- Entre las características físicas de las lagunas, el área del espejo de agua tiene mayor influencia en la cantidad de especies de aves acuáticas que residen en una laguna. Las lagunas de mayor tamaño albergan mayor número de especies debido al mayor espacio y más nichos que diferentes especies pueden aprovechar.
- El propósito de las lagunas no fue un buen predictor de riqueza en todas las lagunas. Sin embargo se demostró que la piscicultura incrementa la riqueza en las lagunas, en comparación con lagunas con otro propósito, quizás al atraer especies piscívoras, debido a la disponibilidad de alimento. Es posible que las dos lagunas de piscicultura presentan otras características, como área grande o cercanía al río Yeguaré, que las hacen tener riqueza promedio mayor que otras lagunas.
- La presencia de vegetación alrededor de las lagunas de piscicultura resulta un factor determinante para la presencia de piscívoros perchadores como *Chloroceryle amazona* (Martín pescador amazonas), *Chloroceryle americana* (Martín pescador verde), *Megaceryle torquata* (Martín pescador collarejo) y *Pandion haliaetus* (Águila pescadora).

## 5. RECOMENDACIONES

- Si bien la mayoría de lagunas alcanzaron una curva asintótica, hay otras como Okeechobee 1 que sugieren realizar más observaciones. Futuros estudios podrían calcular las curvas de acumulación después de cada jornada de observación, y ajustar el esfuerzo de observación (número de visitas a cada laguna) con el fin de completar los inventarios en todas las lagunas. Ya que el inventario de algunas lagunas fue completo antes de terminó el estudio, se podría reducir las visitas a estas y aumentar el número de visitas a lagunas que no tienen todavía completo su inventario.
- Realizar las observaciones de aves durante las horas del día con mayor actividad entre 6:00 - 10:00 y de 15:00 a 18:30 h, ya que presentan mayor grado de detectabilidad. Esto hará la acumulación de riqueza más eficiente, y lograrán completar los inventarios más rápido.
- Extender el estudio a otras épocas del año, cuando se registran la mayor cantidad de aves acuáticas migratorias en el campus de Zamorano.
- Repetir este estudio en futuros años, utilizando métodos similares, con el fin de monitorear cambios en las poblaciones de las aves acuáticas que utilizan los humedales del campus de Zamorano.
- Analizar las características biológicas y físicas de cada laguna de acuerdo a su uso para determinar otras variables que podrían ser utilizados como predictores más exactos de riqueza y abundancia.
- El estudio y los análisis realizados resultan aplicables con fines de enseñanza, de tal manera se recomienda integrar la parte práctica al módulo de Monitoreo Biológico en Zamorano y a proyectos prácticos en la clase de Biodiversidad como la estimación de la riqueza de especies utilizando curvas de acumulación.
- Realizar una evaluación económica para determinar si la presencia de aves acuáticas piscívoras causan algún impacto en la rentabilidad de la Unidad de Piscicultura de Zamorano, debido a que se alimentan principalmente de peces.

## 6. LITERATURA CITADA

- Austin, J. E., Buhl, T. K., Gutenspergen, G. R., Norling, W. y Sklebar, H. T. 2001. Duck populations as indicators of landscape condition in the prairie pothole region. *Environmental Monitoring and Assessment* 69(1):29-48.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9. Consultado 2 de septiembre 2014. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.
- Cursach, J. A., Rau, J. R., y Tobar, C. N. 2010. Aves en un humedal marino del sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(3): 441-450.
- Dennis, R. L. 2001. Progressive bias in species status is symptomatic of fine grained mapping units subject to repeated sampling. *Biodiversity Conservation* 10(4): 483-494.
- eBird. 2014. eBird Centro América. Obtenido de Explore Data, Zamorano Univ.--Campus Farms and River 740-815 msnm. Consultado 22 de mayo 2014. Disponible en: <http://ebird.org/ebird/camerica>.
- Elmberg J., Nummi P., Pöysä H., y Sjöberg K. 1994. Relationship between species number, lake size and resource diversity in assemblages of breeding waterfowl. *Journal of Biogeography* 21:75-84.
- Gotelli, N. J. y Colwell, R. K. 2011. Estimating species richness. *In* A. Magurran y B. McGill (eds) *Biological diversity: frontiers in measurement and assesment*. New York, Estados Unidos, Oxford University Press: p 39-54.
- Johnsgard, P. A. 2010. Waterfowl of North America: Hunting and recreational values of North American waterfowl. 23-30p.
- Komar, O. 2012. eBird: La revolución tecnológica llega a la ornitología hondureña. *El Esmeralda* 1(1):20-24.
- Kusch, A., Cárcamo, J. y Gómez, H. 2008. Aves acuáticas en el humedal urbano de Tres Puentes, Punta Arenas (53° S), Chile Austral. *Anales Institututo Patagonia* 36(2): 45-51.

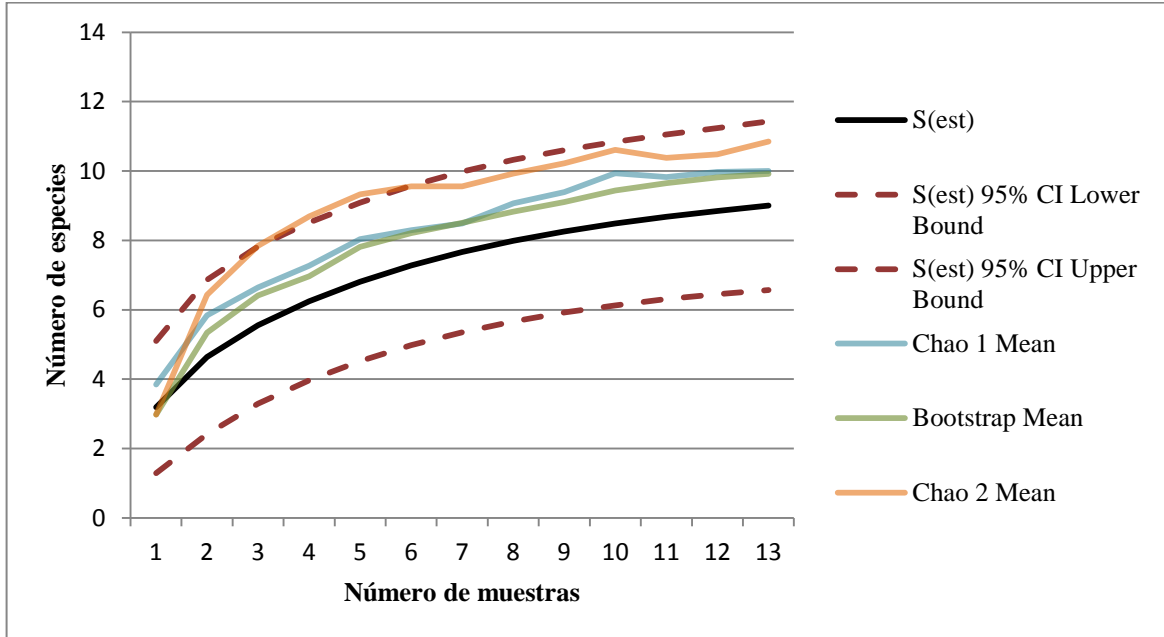
- López de Casenave, J. y Filipelli, A. M. 1995. Las aves acuáticas de la Reserva Costanera Sur: cambios estacionales en la composición específica y en la abundancia de poblaciones y gremios. *Hornero* 14:9-14.
- Martínez, M. M. 1993. Las aves y la Limnología. *In*: A. Boltovskoy, H. López, (eds.) Conferencias de la Limnología. La plata, Argentina. 239p.
- Nichols, J. D., Runge, M. C., Johnson, F. A. y Williams, B. K. 1997. Adaptive harvest management of North American waterfowl populations: a brief history and future prospects. *Journal of Ornithology* 148(2): 343-349.
- Palmeirim, J. M., y Rabaça, J. E. 1994. A Method to Analyze and Compensate for Time-of-Day Effects on Bird Counts (Método para Analizar y Compensar por la Hora del Día en que se Hacen Censos de Aves). *Journal of Field Ornithology*, 61(1): 17-26.

## 7. ANEXOS

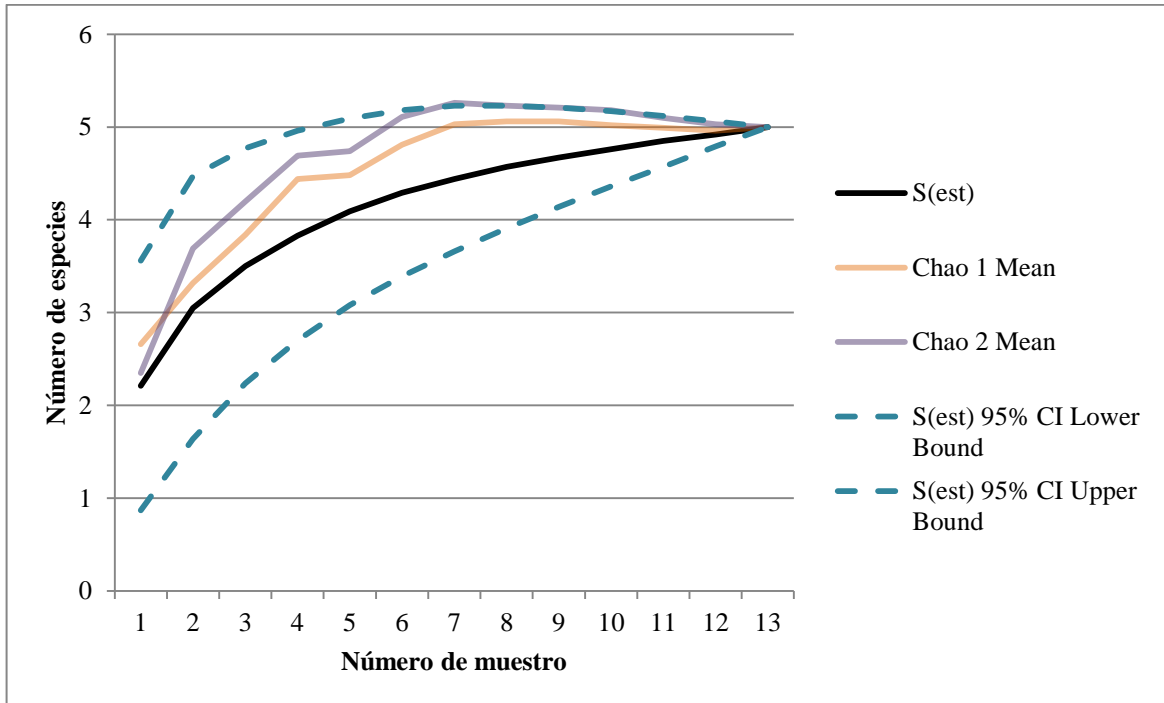
Anexo 1. Tabla resumen con las variables de predicción para cada laguna estudiada.

<b>Laguna</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Propósito de laguna</b>	<b>Forma de laguna</b>	<b>Vegetación alrededor (%)</b>
Lagunetas AC	4817	Piscicultura	Regular	48.60
Monteredondo	3350	Piscicultura	Irregular	34.11
Okeechobee 1	3080	Riego	Irregular	51.28
Okeechobee 2	1455	Riego	Irregular	68.02
Oxidación 1	1422	Oxidación	Regular	82.08
Oxidación 2	15260	Oxidación	Regular	99.83
Oxidación 3	15671	Oxidación	Irregular	60.39
Oxidación 4	8674	Riego	Irregular	58.25
Oxidación 5	17342	Riego	Irregular	67.58
Oxidación UP	7145	Oxidación	Regular	99.49
Titicaca	19043	Riego	Irregular	63.62
Zona 2	10588	Riego	Regular	66.48
Zona 3a	5442	Riego	Irregular	28.27
Zona 3b	1001	Riego	Regular	18.21

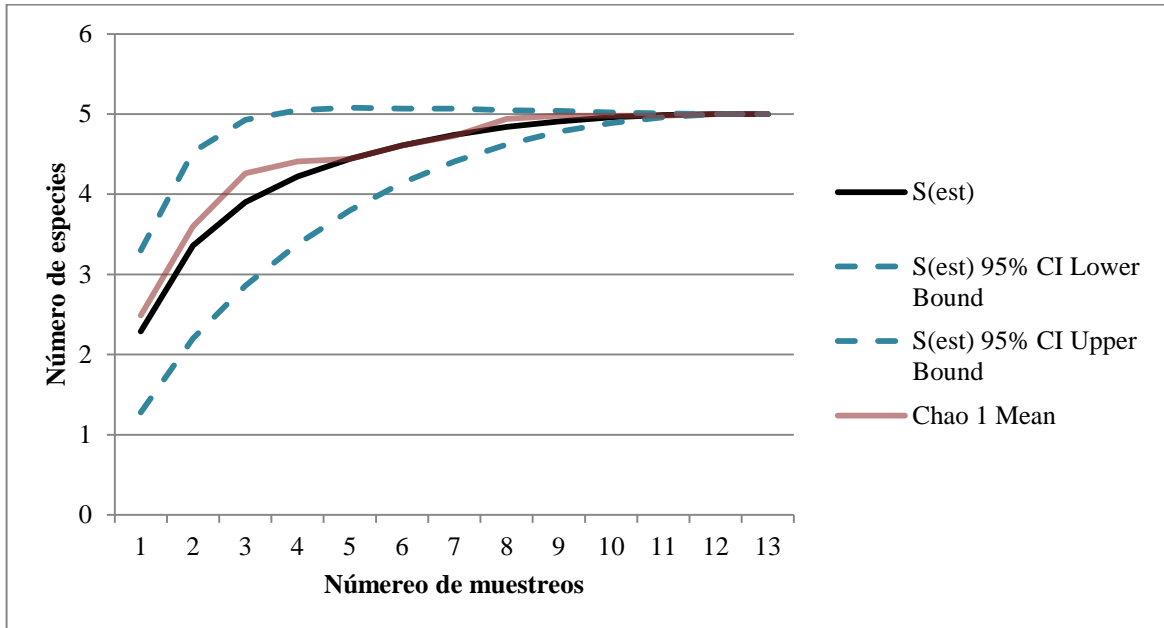
Anexo 2. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Zona 2.



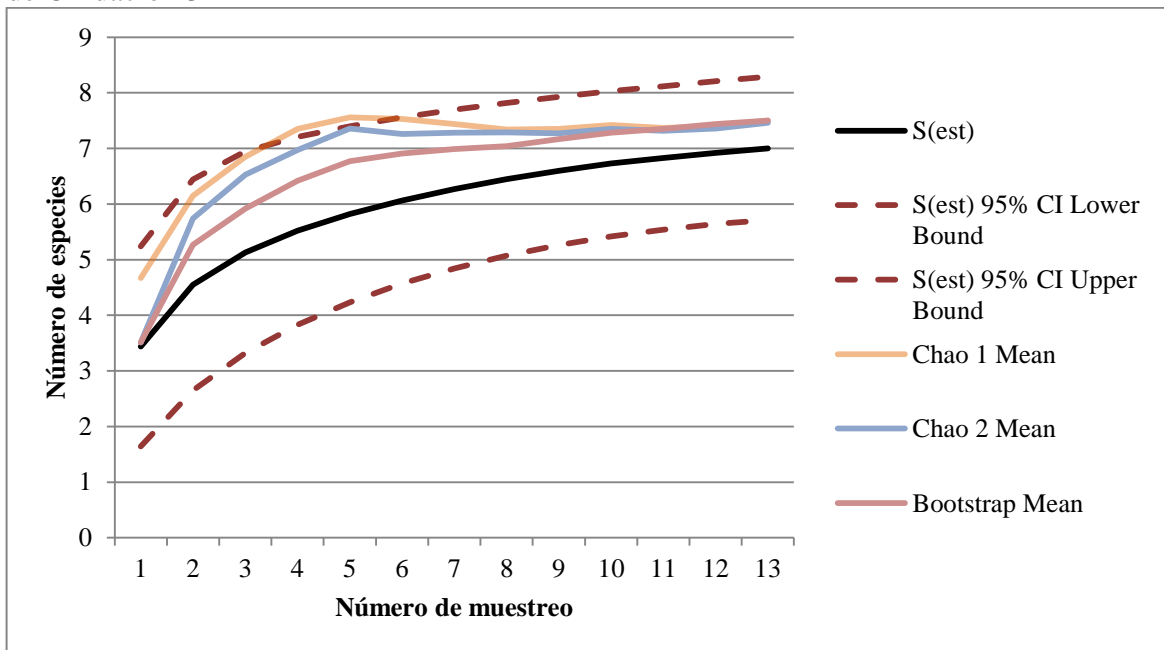
Anexo 3. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 1.



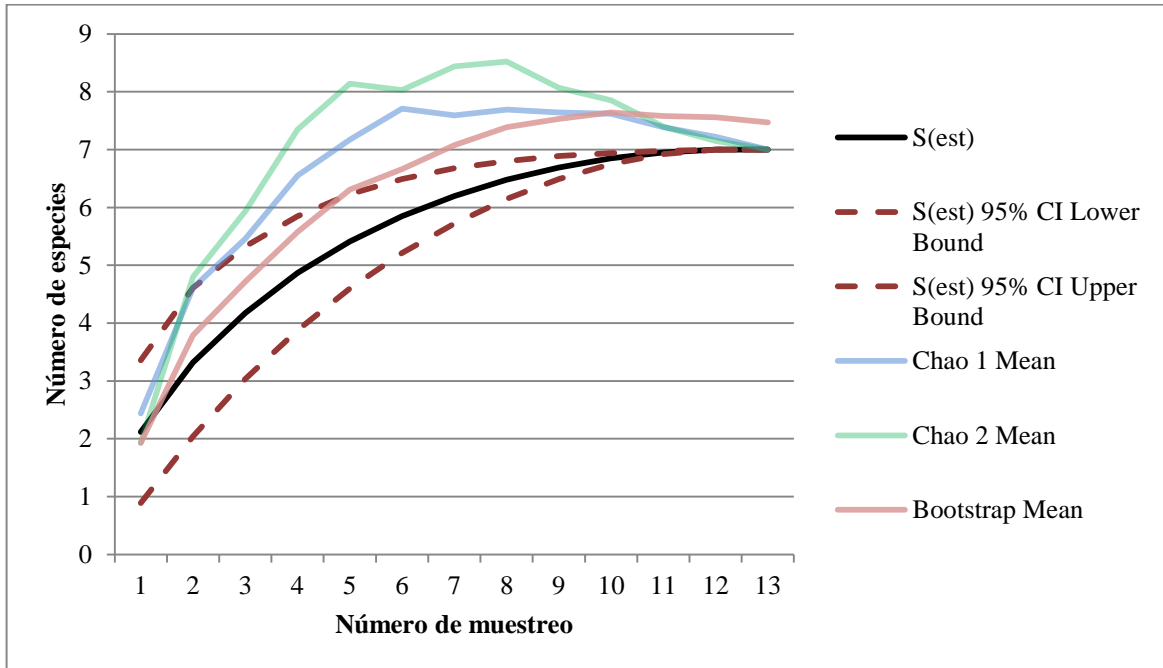
Anexo 4. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 2



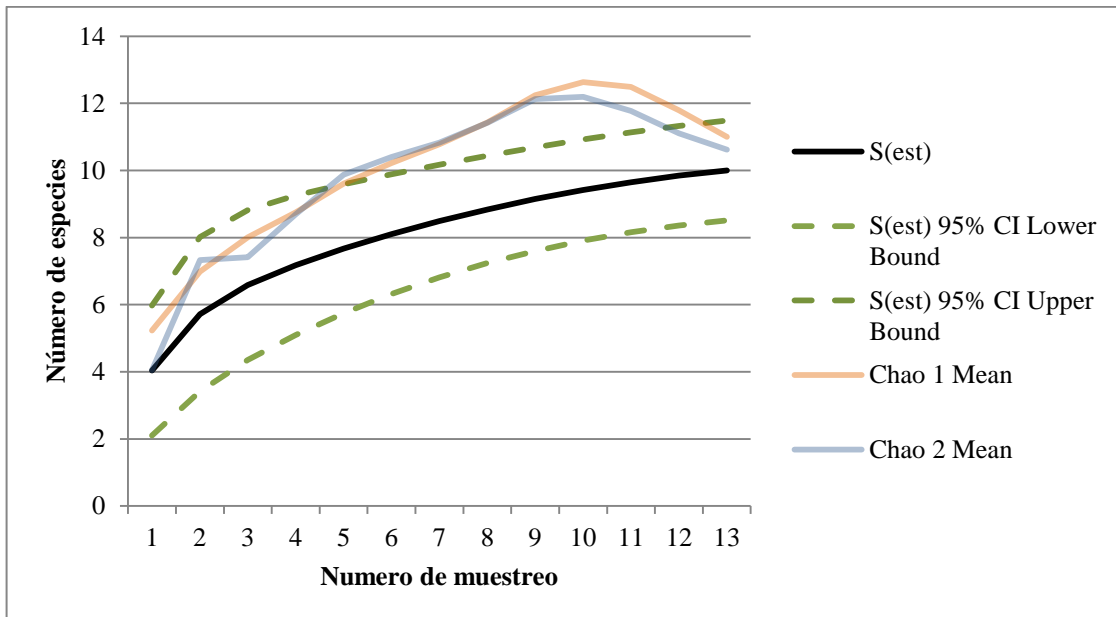
Anexo 5 Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 3



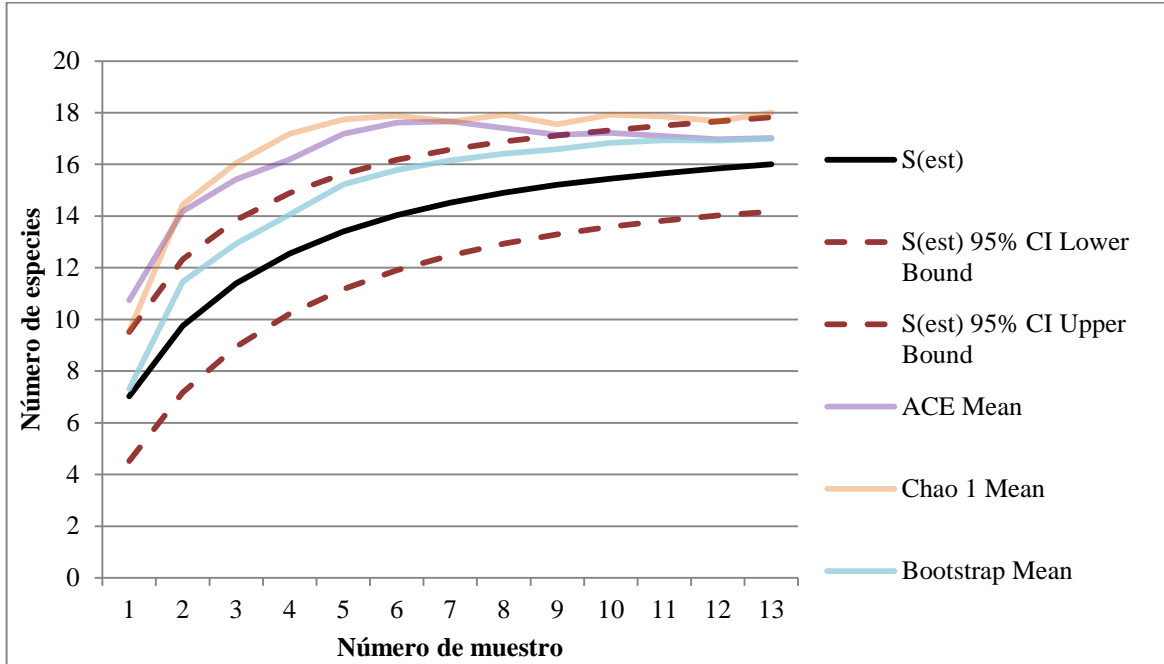
Anexo 6. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 4



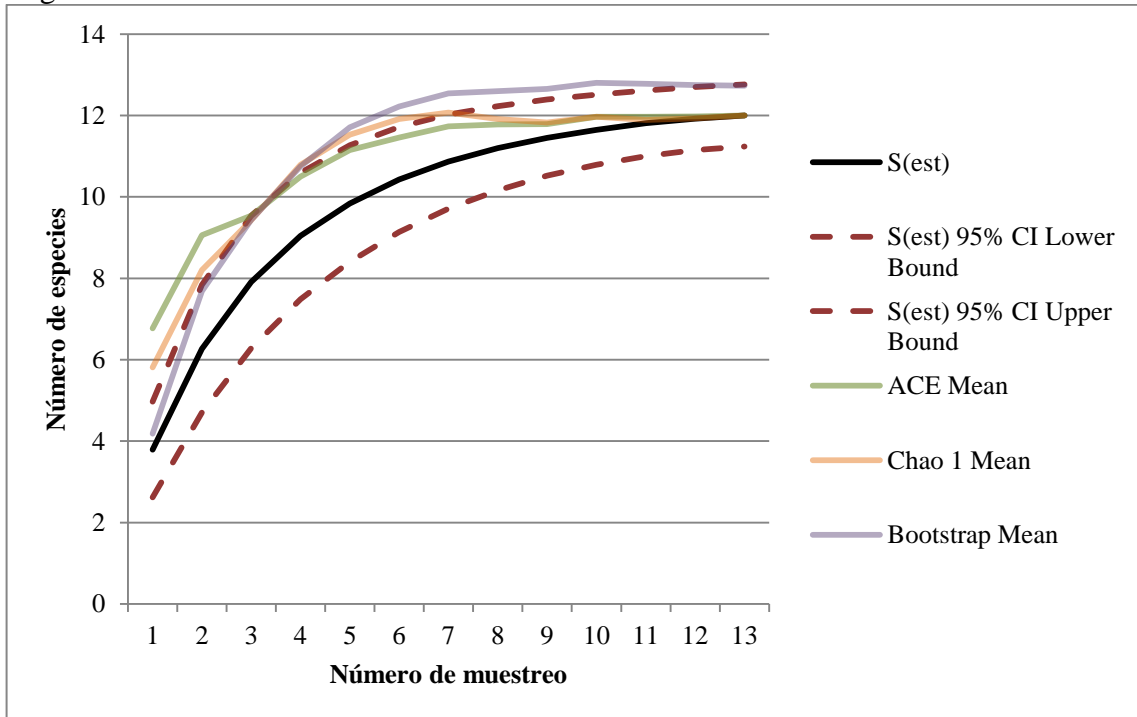
Anexo 7. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación 5.



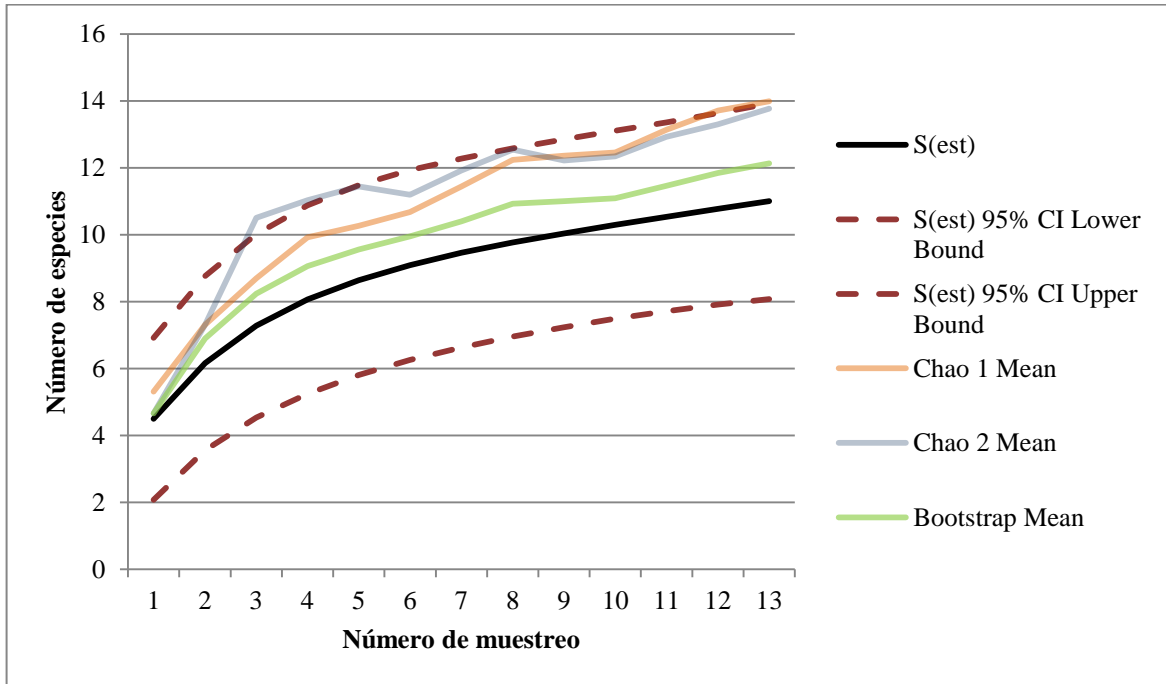
Anexo 8. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Monteredondo



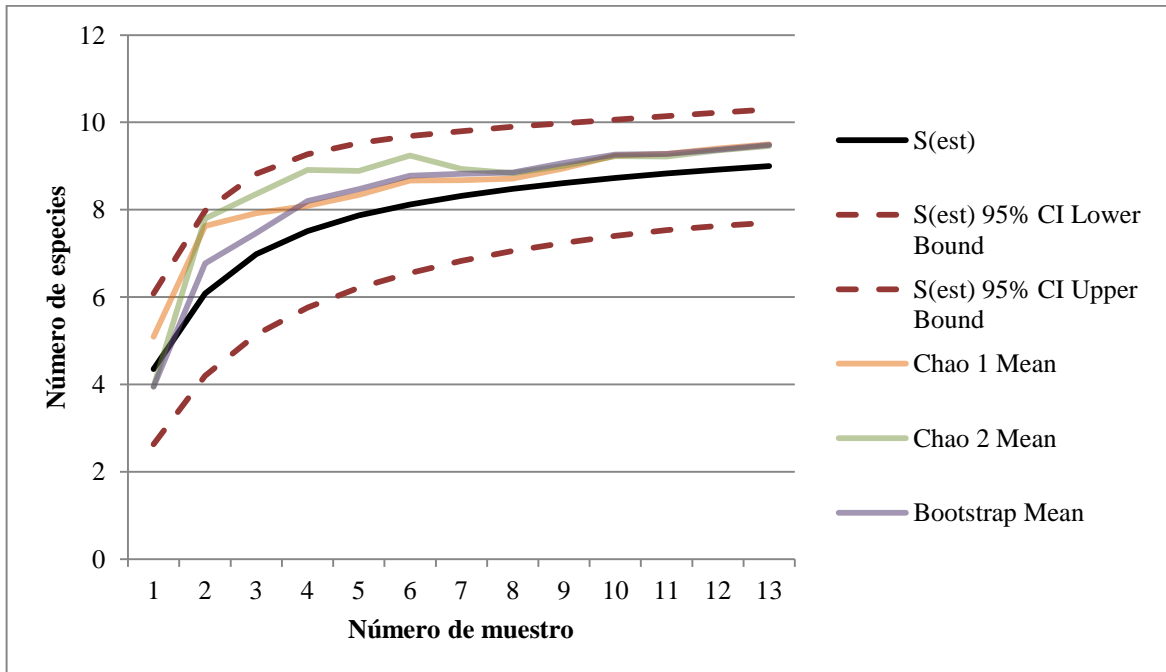
Anexo 9. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Lagunetas de acuicultura.



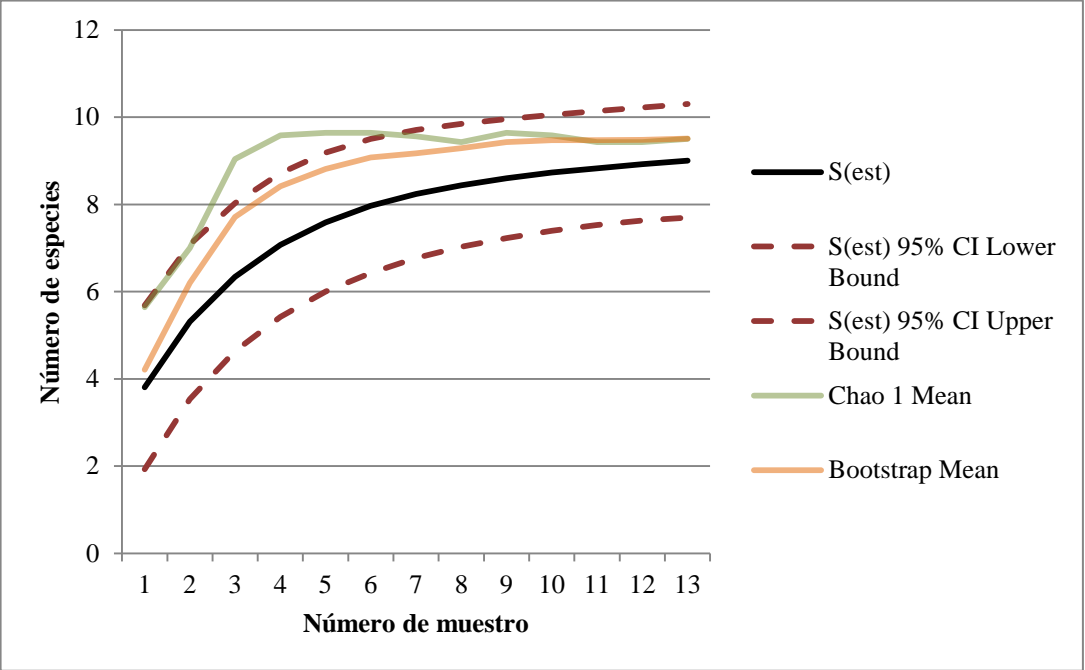
Anexo 10. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Okeechobee 1



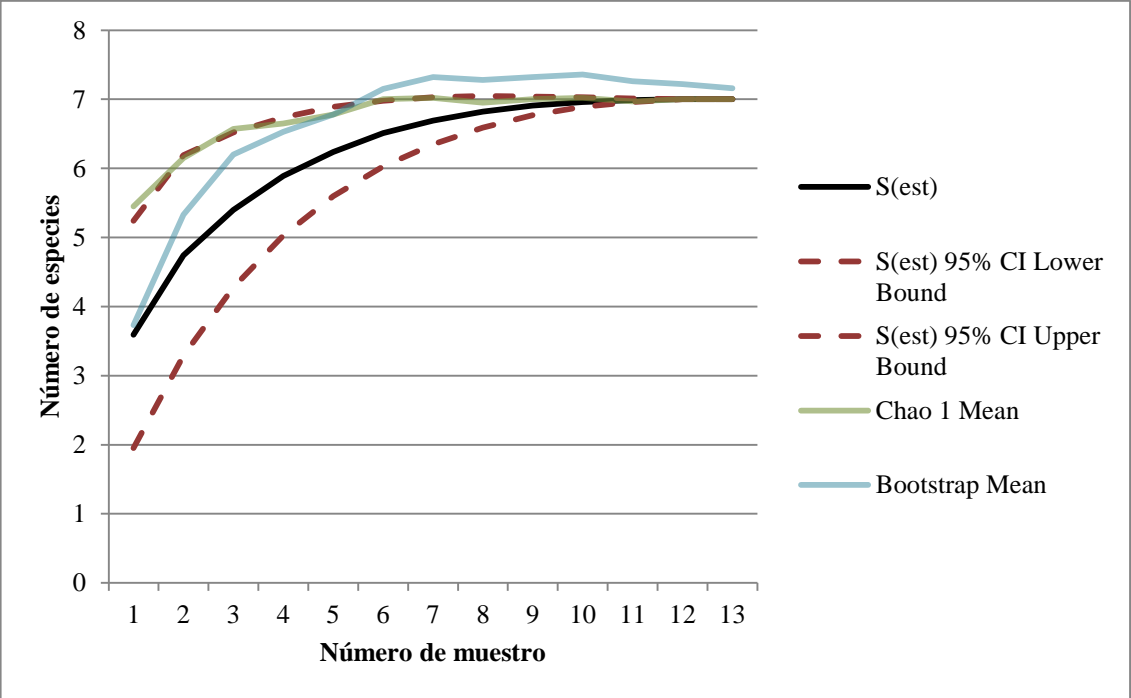
Anexo 11. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Okeechobee 2



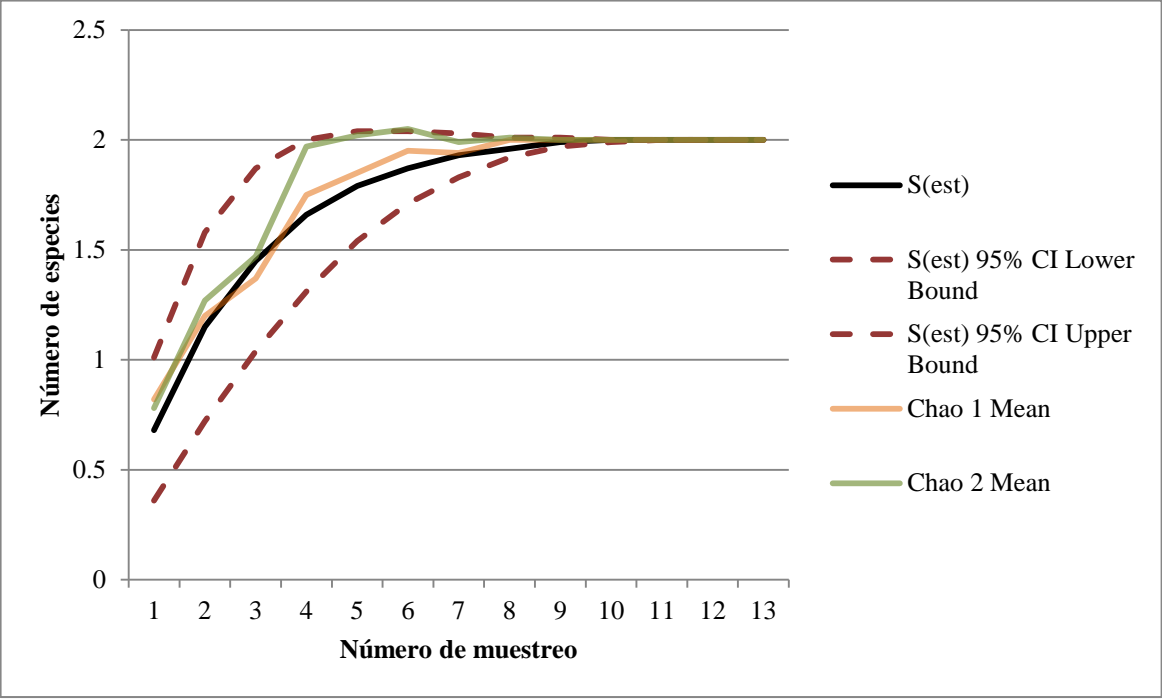
Anexo 12. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Titicaca



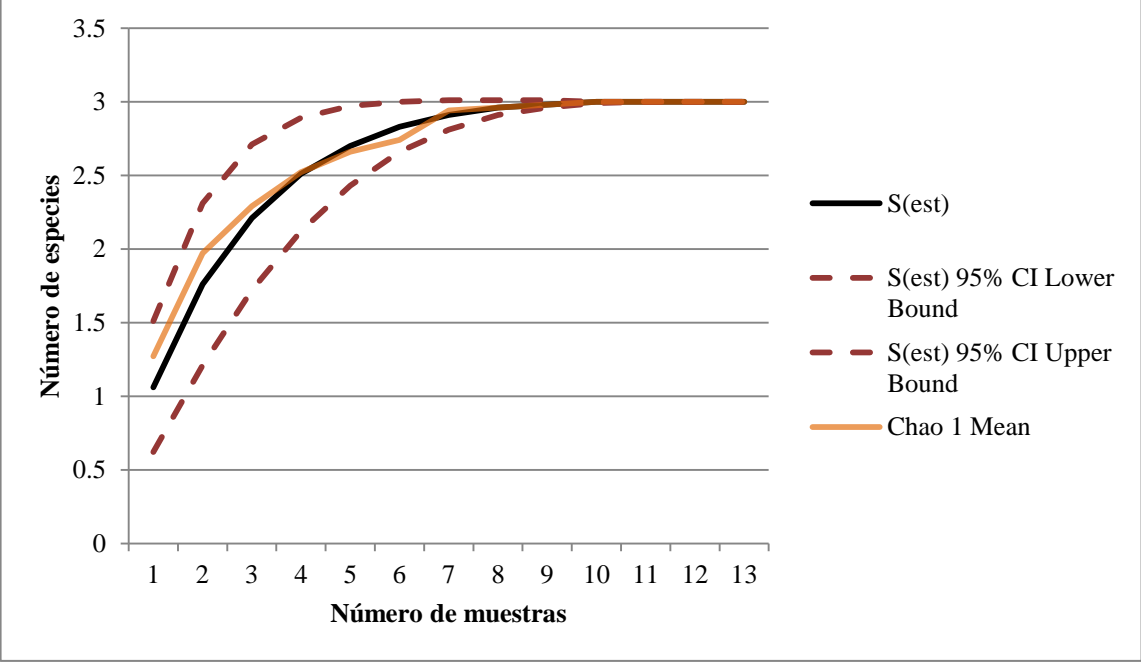
Anexo 13. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Zona 3a



Anexo 14. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Zona 3b.



Anexo 15. Curva de acumulación con la riqueza observada [S(est)], intervalo de confianza de 95% y riqueza estimada (Chao 1 Mean, Chao 2 Mean y/o Bootstrap Mean) en Laguna de Oxidación de la unidad porcina.



Anexo 16. Riqueza de especies para cada gremio en las 14 lagunas estudiadas.

<b>Localidad</b>	<b>Buceadores piscívoros</b>	<b>Caminadores omnívoros</b>	<b>Caminadores piscívoros</b>	<b>Omnívoros de superficie</b>	<b>Perchadores piscívoros</b>
<b>Lagunetas AC</b>	2	2	3	2	3
<b>Monteredondo</b>	2	2	6	2	3
<b>Okeechobee 1</b>	3	2	2	3	1
<b>Okeechobee 2</b>	3	2	1	2	1
<b>Oxidación 1</b>	0	3	1	1	0
<b>Oxidación 2</b>	0	3	1	1	0
<b>Oxidación 3</b>	1	2	2	1	1
<b>Oxidación 4</b>	1	2	1	1	2
<b>Oxidación 5</b>	3	2	1	2	2
<b>Oxidación UP</b>	0	3	0	0	0
<b>Titicaca</b>	1	3	4	1	0
<b>Zona 2</b>	2	3	3	3	1
<b>Zona 3a</b>	2	3	1	1	0
<b>Zona 3b</b>	1	0	0	1	0