



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**  
**CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

**“DIETA Y FORRAJE DE AVES PLAYERAS MIGRATORIAS EN LAS**  
**PISCINAS ARTIFICIALES DE UNA EMPRESA SALINERA DE**  
**ECUADOR, ENERO – JUNIO 2022”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previa a la obtención del título de:

**BIÓLOGO MARINO**

Autor

**WILFRIDO SANTIAGO LUCERO TORRES**

Tutor

**BLGA. MARÍA HERMINIA CORNEJO RODRÍGUEZ, Ph.D.**

Cotutor

**BLGA. ANA ÁGREDA DE LA PAZ, M.Sc.**

LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

**“DIETA Y FORRAJE DE AVES PLAYERAS MIGRATORIAS EN LAS  
PISCINAS ARTIFICIALES DE UNA EMPRESA SALINERA DE  
ECUADOR, ENERO – JUNIO 2022”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previa a la obtención del título de:

**BIÓLOGO MARINO**

Autor

**WILFRIDO SANTIAGO LUCERO TORRES**

Tutor

**BLGA. MARÍA HERMINIA CORNEJO RODRÍGUEZ, Ph.D.**

Cotutor

**BLGA. ANA ÁGREDA DE LA PAZ, M.Sc.**

LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme alcanzar mi sueño.

A mi familia, mis padres Enma y Jesús por ser mis mayores ejemplos de perseverancia, dedicación y por el inmenso esfuerzo que han hecho para darme siempre lo mejor. A mis hermanas, Stephanie, Maribel y Nadya, por brindarme su apoyo constante.

A mis profesores y amigos por fomentar mi formación profesional y personal.

# AGRADECIMIENTO

A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

A mi tutora académica, bióloga María Herminia Cornejo P.hD. por su orientación durante el desarrollo de esta tesis.

A mi tutora externa, bióloga Ana Ágreda M.Sc. por haberme guiado a lo largo del desarrollo de esta tesis.

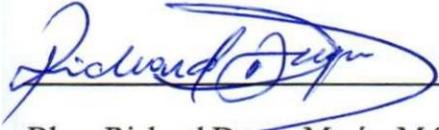
A la Fundación Aves y Conservación / BirdLife en Ecuador y específicamente a su Programa de Conservación de Sitios Prioritarios para Aves Acuáticas Migratorias y a su Programa de Becas de Investigación, por brindarme el tema de investigación y por el financiamiento para la realización del mismo.

A la bióloga Danixa del Pezo, por su valioso apoyo en el desarrollo de esta tesis.

A la empresa ECUASAL y su personal por haberme permitido realizar la investigación dentro de sus instalaciones y por el apoyo durante la misma.

A mis compañeros de la facultad de Ciencias del Mar por su valioso apoyo y asistencia en los monitoreos.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

Decano

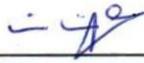
Facultad de Ciencias del Mar



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

Director

Carrera de Biología



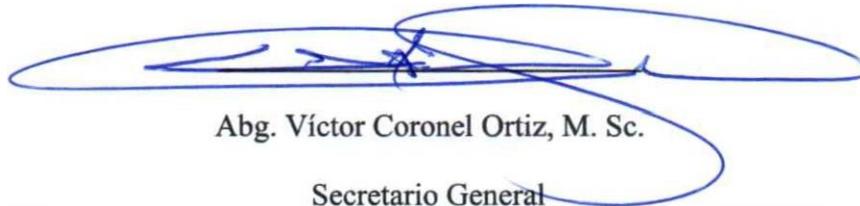
Blga. María Cornejo Rodríguez, Ph.D.

Docente Tutor



Blga. Tan a González Banchón, M.Sc

Docente de Área

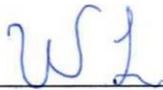


Abg. Víctor Coronel Ortiz, M. Sc.

Secretario General

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena y a la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Conservación de las Aves y sus Hábitats.



---

Wilfrido Santiago Lucero Torres  
C.I. 0104715446

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
3. JUSTIFICACIÓN .....	6
4. OBJETIVOS .....	7
4.1. Objetivo General .....	7
4.2. Objetivos específicos.....	7
5. HIPÓTESIS .....	8
6. MARCO TEÓRICO .....	9
6.1. Aves playeras .....	9
6.2. Aves playeras migratorias .....	9
6.3. Humedales de Ecuasal y su roll ecológico para las aves.....	11
6.4. Dieta de aves playeras en sitios de invernada .....	12
6.5. Macroinvertebrados acuáticos de ambientes hipersalinos.....	13
6.6. Comportamiento de alimentación de aves playeras .....	14
7. MARCO METODOLÓGICO.....	15
7.1. Área de estudio .....	15
7.2. Conteos de aves playeras.....	16
7.3. Disponibilidad de presas .....	17
7.4. Análisis de laboratorio.....	19
7.5. Dieta y forrajeo de aves playeras.....	20
7.6. Análisis estadístico .....	22
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	25
8.1. Abundancia de aves playeras.....	25

8.2.	Densidad de macroinvertebrados .....	30
8.3.	Biomasa de macroinvertebrados .....	38
8.4.	Relación entre abundancia de aves y densidad de presas.....	40
8.5.	Interacción trófica entre aves playeras y presas .....	44
8.6.	Comportamiento de forrajero .....	45
8.7.	Relación entre forrajero y presas.....	53
9.	DISCUSIÓN .....	57
10.	CONCLUSIONES .....	64
11.	RECOMENDACIONES.....	65
12.	BIBLIOGRAFÍA .....	67
13.	ANEXOS .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudio. Piscinas artificiales de Ecuasal, Salinas, Ecuador. ....	15
<b>Figura 2.</b> Abundancia total de las especies de aves playeras en el área de estudio. .....	27
<b>Figura 3.</b> Abundancia de las especies de aves playeras en cada evaporador. A) Evaporador 1. B) Evaporador 11. C) Evaporador 12. D) Comparación de medias de la abundancia entre evaporadores. ....	28
<b>Figura 4.</b> Abundancia y riqueza (número de especies) de aves playeras entre enero y junio del 2022.....	29
<b>Figura 5.</b> Comparación de medias entre las densidades de los organismos de A) la columna de agua y, B) densidades de los organismos de sedimento. ....	34
<b>Figura 6.</b> Comparación de densidades entre evaporadores. A) Densidad de presas de la columna de agua. B) Densidad de presas del sedimento.....	35
<b>Figura 7.</b> Variación de densidad de los diferentes taxones por mes, (A) de la columna de agua y, (B) de sedimento. THRE ( <i>T. reticulata</i> ); EPCI ( <i>E. cinerea</i> ); ARSA ( <i>A. salina</i> ); GAM ( <i>Gammarus</i> sp.); ANF (Amphipoda); RHAG (Rhagionidae); LUMB ( <i>Lumbrinereis</i> sp.); NOTO ( <i>Notomastus</i> sp.); DIPT (Diptera); MUSC (Muscidae). ....	36
<b>Figura 8.</b> A) Comparación significativa entre las densidades de la columna de agua por mes. B) Comparación significativa entre las densidades de sedimento por mes. .....	37
<b>Figura 9.</b> Relación entre salinidad y densidad de presas de la columna de agua..	38
<b>Figura 10.</b> A) Relación significativa de la biomasa de las presas de la columna de agua. B) Relación significativa entre la biomasa de las presas de sedimento.....	40
<b>Figura 11.</b> Relación entre abundancia de aves y presas por mes. A) Columna de agua; B) Sedimento. ....	41
<b>Figura 12.</b> Relación entre abundancia de aves y densidad presas de la columna de agua. A) Densidad total de presas; B) <i>T. reticulata</i> (THRE); C) <i>E. cinerea</i> (EPCI); D) <i>A. salina</i> (ARSA); E) <i>Gammarus</i> sp. (GAM); F) Rhagionidae (RHAG).....	42

<b>Figura 13.</b> Relación entre abundancia de aves y densidad presas del sedimento. A) Densidad total de presas; B) <i>T. reticulata</i> (THRE); C) <i>Notomastus</i> sp. (NOTO); D) <i>Lumbrinereis</i> sp. (LUMB) E) <i>E. cinerea</i> ; (EPCI) E) <i>Gammarus</i> sp. (GAM); F) Rhagionidae (RHAG); G) Muscidae (MUSC); H) Diptera (DIPT).....	43
<b>Figura 14.</b> Interacción trófica de depredación entre aves playeras y sus presas..	44
<b>Figura 15.</b> Porcentaje del tiempo promedio invertido en (A) forrajeo y (B) otros comportamientos. ....	47
<b>Figura 16.</b> Tiempo promedio de inversión en las técnicas de forrajeo en cada especie. A) <i>C. minutilla</i> (CAMI); B) <i>C. pusilla</i> (CAPU); C) <i>C. alba</i> (CAAL); D) <i>C. mauri</i> (CAMA); E) <i>A. interpres</i> (ARIN); F) <i>T. melanoleuca</i> (TRME). ....	49
<b>Figura 17.</b> Tiempo de inversión promedio de las técnicas de forrajeo en cada especie. A) <i>T. flavipes</i> (TRFL); B) <i>T. semipalmata</i> (TRSE); C) <i>L. griseus</i> (LIGR); D) <i>A. macularius</i> (ACMA); E) <i>C. semipalmatus</i> (CHSE); F) <i>C. nivosus</i> (CHNI). ....	50
<b>Figura 18.</b> Análisis de componentes principales para las estrategias de forrajeo.	52
<b>Figura 19.</b> Relación entre el tiempo promedio de forrajeo invertido (en picoteo y sondeo) y la densidad de presas de la columna de agua. ....	53
<b>Figura 20.</b> Relación entre el tiempo promedio de forrajeo invertido (sumergida, corrida-parada-picoteo, enrutamiento y barrida) y la densidad de presas de la columna de agua.....	54
<b>Figura 21.</b> Análisis de componentes principales de las estrategias de forrajeo y las especies de aves asociadas a las mismas.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Riqueza y abundancia registrada en los evaporadores 1, 11 y 12. ....	26
<b>Tabla 2.</b> Densidad (D), densidad relativa (%D) y porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) de macroinvertebrados acuáticos de la columna de agua (Ind/m <sup>3</sup> ) y sedimento (Ind/m <sup>2</sup> ) colectados de los evaporadores 1, 11 y 12. ....	31
<b>Tabla 3.</b> Densidad (D), densidad relativa (%D) y porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) de macroinvertebrados acuáticos de la columna de agua (Ind/m <sup>3</sup> ) y sedimento (Ind/m <sup>2</sup> ).....	33
<b>Tabla 4.</b> Número de individuos (N), Biomasa (B), porcentaje de biomasa (%B) de macroinvertebrados acuáticos de la columna de agua (g PSLC/m <sup>3</sup> ) y sedimento (g PSLC/m <sup>2</sup> ) colectados de los evaporadores 1, 11 y 12. g PSLC (gramos de peso libre de ceniza).. ....	39
<b>Tabla 5.</b> Tiempo promedio (en segundos) invertido en forrajero en el área de estudio. ....	45
<b>Tabla 6.</b> Tiempo promedio (en segundos) invertido otros comportamientos en el área de estudio.....	46
<b>Tabla 7.</b> Intensidad de forrajeo y otros comportamientos (veces por minuto).....	51
<b>Tabla 8.</b> Abundancia total de aves y densidad total de presas.. ....	78
<b>Tabla 9.</b> Densidad de presas de la columna de agua por mes y evaporador.. ....	79
<b>Tabla 10.</b> Densidad de presas de la columna de agua por mes y evaporador.. ....	80
<b>Tabla 11.</b> Biomasa de presas de la columna de agua y sedimento por mes y evaporador.....	81
<b>Tabla 12.</b> Abundancia de aves por mes.....	82
<b>Tabla 13.</b> Ficha de campo para conteo de aves y toma de parámetros ambientales .....	83
<b>Tabla 14.</b> Ficha para análisis de muestras e identificación de macroinvertebrados .....	83

## ÍNDICE FOTOGRÁFICO

<b>Fotografía 1.</b> Aves playeras migratorias boreales en las piscinas artificiales de Ecuasal. A) <i>Phalaropus tricolor</i> ; B) <i>Calidris pusilla</i> ; C) <i>Calidris minutilla</i> . .....	10
<b>Fotografía 2.</b> Macroinvertebrados acuáticos de las muestras de agua y sedimento. A) <i>T. reticulata</i> ; B) <i>E. cinerea</i> ; C) <i>A. salina</i> ; D) <i>Gammarus</i> sp.; E) Amphipoda; F) <i>Notomastus</i> sp.; G) Rhagionidae; H) <i>Lumbrinereis</i> sp.; I) Muscidae; J) Diptera. .32	32
<b>Fotografía 3.</b> Individuo de <i>Calidris alba</i> registrada con una banda de código NE8, anillada en Canadá. ....	75
<b>Fotografía 4.</b> Actividades de muestreo de campo. A) Conteo de aves; B) Grabaciones focales; C) Toma de parámetros del agua; D) Toma de muestras de sedimento; E) Muestras colectadas <i>in situ</i> ; F) Toma de muestras de la columna de agua. ....	76
<b>Fotografía 5.</b> Actividades y materiales de laboratorio para el análisis de muestras en el laboratorio de biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. A) Análisis e identificación de organismos; B) Uso de estufa para secar las muestras a $\pm 100$ °C; C) Uso de la estufa para incinerar muestras. D) Peso de las muestras para obtener la biomasa; E) Muestras incineradas en la mufla; F) Muestras dentro del desecador para evitar la absorción de la humedad. ....	77

## GLOSARIO

**Abundancia:** La abundancia de especies es el número de individuos de cada especie en un área.

**Acicalamiento corporal:** limpiado de plumas, baño, o estiramiento de cuello y alas.

**Agresión:** persecución, o amenaza a otro individuo de la misma u otra especie.

**Alerta:** permanecer inmóvil con la cabeza levantada denota estado de alerta.

**Antropogénico:** de origen humano o proviene de la actividad del hombre.

**Aves boreales:** aves que pasan su época reproductiva al norte del trópico de cáncer y el resto de su vida al sur del mismo.

**Barrida:** movimientos de lado a lado del pico introducido en el agua.

**Biomasa:** es la masa de organismos biológicos vivos en un área o ecosistema dado en un momento dado.

**Corredor migratorio:** ruta o una franja territorial que permite el flujo (movimiento) de aves de una región a otra, que favorece la permanencia, la conectividad y la migración.

**Corrida-parada-picoteo:** correr rápidamente, parar y picotear o atrapar una presa.

**Densidad:** número promedio de individuos de una población por unidad de superficie o volumen.

**Densidad relativa:** proporción de densidad de una especie o taxón con respecto a la densidad total, expresada en porcentaje.

**Enrutamiento:** manipulación de algas o piedras al "arrasar" o girar y luego capturar la presa con picotazos.

**Evaporador:** piscina artificial de agua de mar destinada para la producción de sal, mediante la evaporación del agua por radiación solar.

**Forrajeo:** comportamiento o conducta encaminada a conseguir alimento, como técnicas, exploración, búsqueda, selección y manipulación de alimento o sustrato, puede ser solitario o también en grupo.

**Frecuencia de ocurrencia:** El número de veces que ocurre un determinado evento u organismo en puntos de muestra específicos durante un período definido.

**Humedal:** Terreno de aguas superficiales o subterráneas de poca profundidad, hasta de un máximo de seis metros de profundidad de según la definición de Ramsar.

**Invernarse:** pasar el invierno en algún lugar favorable.

**In situ:** locución de origen latino que significa en el lugar o en el sitio.

**Macroinvertebrado:** animales invertebrados que poseen un tamaño de 0.5mm o superior.

**Migración:** Viaje periódico de las aves, peces u otros animales migratorios.

**Picoteo:** penetración del sustrato o agua por menos de un cuarto de la longitud del pico.

**Reposo:** inmóvil con el pico metido bajo las alas y ojos abiertos, cerrados o entre abiertos, o cuello y cabeza inmóviles.

**Salinera:** lugar utilizado para la extracción de sal mediante el proceso de evaporación del agua de mar.

**Sondeo:** penetración del sustrato o agua por más de una cuarta parte de la longitud del pico.

**Sumergida:** la cabeza y el cuello entran en el agua.

**Tamizar:** método que permite separar partículas u organismos de diferentes tamaños al pasarlas a través de un tamiz (un filtro o un colador con malla de diferente tamaño de poro).

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

**AICA:** Área de importancia para la conservación de las aves

**am:** antes del mediodía

**ANOVA:** análisis de varianza

**BORIS:** Software interactivo de investigación de observación del comportamiento

**C.A:** Compañía Anónima

**cm:** centímetros

**D:** densidad

**Eva:** evaporador

**FO:** frecuencia de ocurrencia

**Has:** hectáreas

**Ind:** individuos

**Ind/m<sup>2</sup>:** individuos por metro cuadrado

**Ind/m<sup>3</sup>:** individuos por metro cúbico

**Km:** Kilómetros

**Log:** logaritmo

**m:** metros

**mm:** milímetro

**N.I.:** no identificado

**pm:** después del mediodía

**RHRAP:** Red Hemisférica de Reserva de Aves Playeras

**s:** segundos

## SIMBOLOGÍA

%: porcentaje

±: más menos

>: mayor que

≤: menor o igual que

=: igual

x: por

## RESUMEN

Las piscinas Artificiales de Ecuasal son sitios de la Red Hemisférica de Reservas de Aves Playeras de valor regional y sirven como sitio de tránsito e invernada para 19 especies de aves playeras neárticas. El valor ecológico de estos humedales artificiales en la Ruta Migratoria del Pacífico está íntimamente relacionado con la disponibilidad de alimento, es decir, la densidad de presas. Este estudio investiga por primera vez la relación entre la abundancia de aves playeras y la densidad de presas en las Piscinas de Ecuasal. Se calculó la densidad y biomasa de presas en la columna de agua y sedimento en tres piscinas de distinta salinidad, en cada sitio de colecta se estimó la abundancia de aves playeras y se realizaron grabaciones focales al comportamiento de alimentación. Las aves más abundantes fueron *Calidris pusilla*, *C. alba* y *C. minutilla*. Las presas de mayor densidad en la columna de agua fueron *T. reticulata* (11142 Ind/m<sup>3</sup>) y *E. cinerea* (2440 Ind/m<sup>3</sup>), mientras que en el sedimento fue *Notomastus* sp. (2615 Ind/m<sup>2</sup>). La distribución de la densidad y biomasa de presas en los evaporadores (1, 11 y 12) de distinta salinidad (32, 87 y 111 ppt, respectivamente) no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Existió una relación estadísticamente significativa entre la abundancia de aves playeras y la densidad de presas de la columna de agua ( $p < 0.05$ ), por el contrario, no hubo una relación con la densidad de presas de sedimento ( $p > 0.05$ ). Las estrategias de forrajeo más usadas por las aves fueron picoteo, sondeo y sumergida. Este estudio aportó al conocimiento de la ecología trófica de las aves playeras migratorias en el humedal artificial de Ecuasal.

*Palabras clave:* Aves playeras, migratorias, boreales, forrajeo, presas.

## SUMMARY

Ecuasal artificial salt ponds were designated site of regional importance of the Western Hemisphere Shorebird Reserve Network (WHSRN). They are a key stopover and wintering site to 19 migratory nearctic shorebird species. The ecological value of these artificial wetlands along the Pacific Flyway is closely related to the availability and density of prey. This study investigates for the first time the relationship between shorebird abundance and prey density in Ecuasal. Prey density and biomass in sediment and water column was calculated in three evaporation ponds (1, 11 y 12) of different salinity (32, 87 and 111 ppt, respectively), in each collection site the abundance of shorebirds was estimated and focal recordings of foraging behavior was made. The most abundant birds were *Calidris pusilla*, *C. alba* and *C. minutilla*. The prey with the highest density in the water column were *T. reticulata* (11142 Ind/m<sup>3</sup>) and *E. cinerea* (2440 Ind/m<sup>3</sup>), while in the sediment it was *Notomastus* sp. (2615 Ind/m<sup>2</sup>). The distribution of prey density and biomass in the evaporators of different salinity did not have significant differences ( $p>0.05$ ). There was a statistically significant relationship between shorebird abundance and water column prey density ( $p<0.05$ ), no relationship was shown with sediment prey density ( $p>0.05$ ). The most used foraging strategies by the birds were pecking, probing and plunging. This study contributed to the knowledge of the trophic ecology of migratory shorebirds in the artificial wetland of Ecuasal.

*Keywords:* Shorebirds, migratory, boreal, foraging, prey.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aves playeras pertenecen al orden Charadriiformes (Bala et al., 2008) y la mayoría de ellas están típicamente asociadas a humedales o ambientes costeros, por eso son conocidas como “aves playeras” o “playeros” (Fonseca, 2019). Muchas de estas aves son especies migratorias de larga distancia y hacen escala en áreas geográficas intermedias para satisfacer sus altas necesidades energéticas (Pedro & Ramos, 2009).

En el continente americano estas aves migran a lo largo de tres grandes corredores migratorios o rutas migratorias: Atlántico, Transcontinental y Pacífico. Este último es considerado el más importante por el número de especies y la cantidad de individuos que lo utilizan (Myers et al., 1987). Estos corredores son zonas de alto valor de conservación, puesto que cualquier alteración drástica del ambiente puede incrementar la mortalidad de individuos durante las migraciones y, por consiguiente, provocar una importante reducción de sus poblaciones (Senner et al., 2017). Lamentablemente los humedales costeros naturales han sido reducidos o degradados en las últimas décadas por actividades antropogénicas, lo cual puede suponer una restricción para la conservación de las aves playeras migratorias (Fonseca & Navedo, 2020).

Algunos ambientes antropogénicos costeros pueden proporcionar hábitats de alimentación alternativos o complementarios para las aves playeras; entre estos se encuentran las salineras o salinas, que son utilizados para la obtención de sal por evaporación del agua de mar (Masero, 2003).

En Ecuador, las plantas salineras artificiales de la empresa Ecuasal CA, ubicadas en la saliente más importante de la costa ecuatoriana, se localizan dentro de la Ruta Migratoria del Pacífico y son reconocidas como sitios de tránsito (sitios donde las aves hacen pausas entre sus vuelos migratorios, también conocidos como sitios de parada o escala), e invernada para aves playeras neárticas o boreales (migran de las áreas reproductivas en el hemisferio norte durante el otoño boreal hacia la región tropical del hemisferio sur) (Ágreda et al., 2009; Ágreda, 2012, 2017). Los mismos autores indican que por este sitio pasan dos eventos migratorios cada año, una vez entre febrero – abril que corresponde a la migración reproductiva y otra vez entre julio – octubre que corresponde la migración de invierno. Además, Ecuasal posee una designación como “sitio de importancia regional” por la Red Hemisférica de Reserva de Aves Playeras (RHRAP) (Ágreda, 2012). De las 59 especies de aves playeras residentes (tienen poblaciones reproductivas) y migratorias boreales que se registran en Ecuador, 23 de ellas también se registran en Ecuasal (Ágreda, 2017).

El valor ecológico de los sitios de parada e invernada en las escalas migratorias de las aves playeras está íntimamente relacionado con la disponibilidad de presas (Myers et al., 1987; Skagen & Knopf, 1994). Hábitats artificiales como las salinas soportan altas concentraciones de macroinvertebrados acuáticos, principales presas de aves playeras, y bajo estas condiciones han sido descritos organismos como el camarón de salmuera (*Artemia* spp.), barqueros de agua (*Trichocorixa* spp.) (Pérez, 2014) y moscas de sal (Ephydriidae) (Ágreda et al., 2009). La disponibilidad de estos recursos influye en la capacidad de las aves migratorias para acumular reservas de grasa para vuelos migratorios posteriores y, en última instancia, las tasas de supervivencia anual (Tripp & Collazo, 2003).

Conocer los patrones de dieta de aves playeras migratorias, como la selección de presas y recursos tróficos disponibles, en los sitios de parada e invernada es clave para comprender la función que cumplen estas áreas en su alimentación y también en el desarrollo de estrategias de conservación, en especial de especies en declive (Pedro & Ramos, 2009; Fonseca, 2019). Este estudio busca analizar la dieta y comportamiento de forrajero de las aves playeras migratorias en el humedal artificial de las salineras de Ecuasal.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las aves playeras son un grupo vulnerable a cualquier alteración o reducción de los hábitats usados durante sus migraciones; su supervivencia depende de un limitado número de sitios en las rutas migratorias que unen áreas reproductivas, de descanso y de invernada en las Américas (Ágreda, 2017), sitios que brindan suficientes oportunidades de alimentación para poder completar sus exigentes migraciones (Senner et al., 2017). Debido a la reducción de hábitats naturales, asociados al crecimiento poblacional y desarrollo humano, sitios artificiales como las salinas se han convertido en áreas alternativas de alimentación y descanso para las aves playeras (Masero, 2000). Tal es el caso del hábitat artificial de Ecuasal, que alberga una alta diversidad y abundancia de aves playeras migratorias y residentes (Del Pezo, 2018).

La supervivencia de las aves depende de la oferta de alimento, conformada por comunidades de invertebrados (Bala et al., 2008); sin embargo, a pesar de conocer que las salinas concentran una alta densidad de presas y que son importantes hábitats de alimentación (Masero, 2003; Tripp & Collazo, 2003), la dieta y comportamiento de forrajero de aves playeras son poco conocidas en estos hábitats (Pérez, 2014).

A pesar de que existe una muy alta concentración de aves playeras migratorias en el humedal artificial de Ecuasal, se desconoce su ecología trófica, solamente existe un estudio previo que abarca el uso de hábitat y la dieta de *Phalaropus tricolor*. De acuerdo con Ágreda et al., (2009), la dieta de *Phalaropus tricolor*, está conformada principalmente por el camarón de salmuera (*Artemia* sp.), las moscas de sal (Ephydriidae) y otros macroinvertebrados acuáticos, presas que viven en la superficie o en la columna de agua. Sin embargo, otras especies de aves playeras, como las del género *Calidris*, se alimentan diferente, concentrando su alimentación en los bordes de los evaporadores o piscinas, a diferencia de *Phalaropus tricolor* que concentra su dieta principalmente en el centro o en áreas más profundas de las piscinas. Es así, que no se han llevado a cabo muestreos de la columna de agua o sedimento en los bordes de los evaporadores, donde se concentran la mayoría de especies de aves para alimentarse y donde es necesario evaluar la presencia y densidad de macroinvertebrados. Además, no se ha comprobado que la abundancia de aves esté relacionada con la densidad de presas y no se ha estudiado el comportamiento de forrajeo de las aves en función al tiempo invertido y a las presas existentes. Conocer las presas que forman parte de la dieta y que sustentan a las aves playeras en este sitio permitirá conocer la oferta trófica disponible en este sitio y conocer su comportamiento de forrajeo ayudará a entender como acceden a estos recursos. El análisis de dieta es probablemente el problema más importante a resolver para entender la ecología trófica de las aves playeras.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los humedales artificiales de las salineras de Ecuasal, son un sitio clave para la conservación de las aves playeras migratorias boreales, que los utilizan como sitio de parada o invernada (Haase, 2011). La alta congregación de aves en este humedal se atribuye a la existencia y a la alta productividad de presas o invertebrados acuáticos, que forman parte de su dieta en condiciones de alta salinidad (Ágreda, 2012). Sin embargo, existe una limitada información relacionada sobre los organismos que forman parte de la oferta trófica disponible y se desconoce el comportamiento de forrajero de las aves playeras en este sitio. De las 19 especies de aves playeras migratorias registradas en Ecuasal, solamente se ha estudiado la dieta de *Phalaropus tricolor*, que demostró ser más especializado al concentrar su alimentación en áreas profundas de las piscinas (Ágreda et al., 2009), y puesto que las demás aves se alimentan en zonas poco profundas de una manera diferente, es importante conocer que presas consumen y su comportamiento de forrajeo. Esta investigación es esencial para conocer la relación entre la abundancia de aves y la densidad de presas que forman parte de su dieta, así como también es importante poder comprender la dieta de especies que no han sido estudiadas en este hábitat hipersalino y para entender su aprovechamiento como hábitat alternativo de alimentación para las aves playeras que arriban a esta zona durante su migración. Conocer estos aspectos es un importante aporte en el estudio de la ecología trófica de estas aves en ambientes hipersalinos.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Describir la dieta y técnicas de forrajeo de aves playeras migratorias en Ecuasal – Salinas durante un periodo migratorio boreal enero – junio 2022 relacionando los patrones de alimentación con la densidad de presas mediante la colecta de macroinvertebrados acuáticos y observación del comportamiento.

### **4.2. Objetivos específicos**

Determinar la abundancia de aves playeras durante un periodo migratorio reproductivo boreal a través de conteos directos.

Comprobar si la densidad y biomasa de presas presentes en bordes de evaporadores de distinta salinidad se relacionan con la abundancia de aves.

Detallar las estrategias de forrajero de aves playeras en función al tiempo invertido y a las presas mediante grabaciones en video.

## **5. HIPÓTESIS**

La abundancia de aves playeras se relaciona con la densidad de presas presentes en las piscinas artificiales de Ecuasal.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Aves playeras**

Las aves playeras son un grupo perteneciente a varias familias del orden Charadriiformes, conocidas así porque la mayoría de ellas viven en ambientes o humedales costeros (Fonseca, 2019) (Fotografía 1). También son conocidas como limícolas por su característica de estar ligadas al medio acuático, donde consiguen el alimento necesario para sobrevivir picoteando constantemente el suelo fangoso (Bala et al., 2008).

### **6.2. Aves playeras migratorias**

La migración de las aves playeras, consiste en el movimiento estacional desde sus lugares de reproducción hasta sus lugares de invernada o viceversa (Haase, 2011). En el continente americano, las aves playeras se dividen en dos grupos, las especies neotropicales, que nidifican en América del Sur (caracterizadas por ser endémicas en Sudamérica), y las especies neárticas o boreales, que se reproducen en la tundra ártica y luego de reproducirse migran hacia el hemisferio sur donde pasan su

período no reproductivo (Blanco & Canevari, 1995). Las especies migratorias de larga distancia, están altamente especializadas en poder realizar grandes desplazamientos y beneficiarse del alimento disponible en los sitios donde hacen parada, que por lo general son altamente productivos y les permite satisfacer de manera rápida la cantidad de energía necesaria para poder continuar sus desplazamientos hasta la siguiente parada (Bala, 2014).



**Fotografía 1.** Aves playeras migratorias boreales en las piscinas artificiales de Ecuasal. A) *Phalaropus tricolor*; B) *Calidris pusilla*; C) *Calidris minutilla*.

Lamentablemente en las últimas décadas las poblaciones de aves playeras se han reducido y continúan disminuyendo, principalmente debido a la pérdida y degradación de los humedales (Fonseca & Navedo, 2020). Esto ha llevado a que varias especies de aves playeras utilicen hábitats antropogénicos como campos de arroz, salinas (Masero, 2003) o pastizales costeros (Navedo et al., 2013) como lugares de alimentación alternativos. De hecho, la creciente idoneidad de estos hábitats se reconoce como una estrategia de gestión adaptativa, que contribuye a la conservación de las poblaciones de aves playeras migratorias, y por consiguiente puede ayudar a mitigar el impacto de la pérdida de humedales naturales para la biodiversidad (Fonseca & Navedo, 2020).

### **6.3. Humedales de Ecuasal y su roll ecológico para las aves**

En Ecuador, se encuentran las salinas o salineras de Ecuasal (ubicadas en la Península de Santa Elena, la saliente más importante de la costa ecuatoriana) que son usadas para la extracción de sal del agua de mar por evaporación solar mediante un sistema de piscinas denominadas evaporadores, los cuales conforman humedales artificiales (Del Pezo, 2018). Además, forman parte de la Ruta Migratoria del Pacífico de América (Ágreda, 2012), que está compuesta por una extensa red de sitios costeros a lo largo de 14 países, múltiples biomas y ecosistemas (Senner et al., 2017). Cada año la ruta es utilizada por millones aves playeras migratorias

durante su período de migración de invernada o reproductiva (Haase, 2011). En las áreas de invernada o de paso las aves playeras descansan, mudan sus plumas y se alimentan, almacenando energía para el siguiente paso de la migración (Piersma et al., 1996).

Ecuasal es considerada como Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) por BirdLife International desde el 2005 y está designada como sitio de importancia Regional por la Red Hemisférica de Reserva de Aves Playeras (RHRAP), desde el año 2007 por albergar entre el 1 hasta 3,5 % de la población mundial del Falaropo de Wilson (*Phalaropus tricolor*) (Ágreda, 2012).

#### **6.4. Dieta de aves playeras en sitios de invernada**

Tripp & Collazo (2003) comentan que el valor de las escalas migratorias y las áreas de invernada de las aves playeras están íntimamente relacionados con la presencia de presas. Por lo general, los humedales costeros son áreas con alta productividad y diversidad de invertebrados, recursos que la mayoría de las aves playeras migratorias utilizan, siguiendo usualmente regímenes dietéticos generalistas para satisfacer sus necesidades nutricionales (Faria et al., 2018).

Las aves frecuentan humedales naturales, así como también artificiales, como las salineras, para utilizar sus abundantes recursos de presas y la disponibilidad de estos recursos influye en la capacidad de las aves migratorias para acumular reservas de grasa para vuelos migratorios posteriores y, en última instancia, en las tasas de supervivencia anual (Tripp & Collazo, 2003).

### **6.5. Macroinvertebrados acuáticos de ambientes hipersalinos**

Macroinvertebrados acuáticos marinos como los que se encuentran en las salinas, consisten de grupos tolerantes a altas salinidades como los barqueros de agua (de la familia Corixidae) y dípteros (orden Diptera) se encuentran entre las presas primarias de las aves playeras, mientras que, organismos como el camarón de sal (*Artemia* spp.), sirve como presa secundaria como lo señalan Grear & Collazo (1999). Estos últimos autores señalan que tales macro invertebrados son ejemplos comunes de presas que sustentan a los playeros que transitan o usan las salinas como sitios de invernada. Estos grupos de macroinvertebrados acuáticos son muy importantes en ambientes acuáticos hipersalinos (salinidad > 65 partes por mil o ppt), ya que son el primer eslabón en las cadenas tróficas asociadas a estos ambientes (Pérez, 2014).

## **6.6. Comportamiento de alimentación de aves playeras**

Colwell & Landrum (1993), determinaron que las aves playeras interactúan con la presa de dos formas, primero la variación en la abundancia de presas puede influir en el comportamiento de búsqueda de alimento y las interacciones sociales de las aves, lo que afecta la velocidad a la que se consumen las presas y, en segundo lugar, la variación en la abundancia de presas puede afectar la distribución de las aves playeras dentro de sus hábitats. Los mismos autores indican que la distribución de las aves playeras está fuertemente influenciada por la comida, y se ha demostrado que la abundancia aves y las densidades de presas de invertebrados se relacionan.

Además, las relaciones entre la morfología y la ecología de alimentación son bien conocidas en las aves, y en el caso de los playeros, también se ha reconocido la importancia de la morfología del pico o cuerpo con respecto al manejo de presas, dieta y selección de microhábitat, es decir, de acuerdo a su morfología han desarrollado estrategias de alimentación para consumir determinadas presas en determinados hábitats (Barbosa & Moreno, 1999).

## 7. MARCO METODOLÓGICO

### 7.1. Área de estudio

La planta de producción de sal de la empresa Ecuasal está ubicada en Mar Bravo, a 2 kilómetros (km) al sureste de la ciudad de Salinas, provincia de Santa Elena (02° 13' S y 80° 58' O) y tiene una extensión de 487,79 has (Agreda, 2012). El área productiva de esta planta está formada por 14 piscinas cristalizadoras de sal, 14 piscinas evaporadoras, un decantador y, un canal de aguas lluvias (Del Pezo, 2018) (Figura 1).



**Figura 1.** Área de estudio. Piscinas artificiales de Ecuasal, Salinas, Ecuador.

**Fuente:** Google Earth (s.f.).

Para este estudio se pre identificaron áreas de alta congregación de playeros, con base en estudios previos (Agreda et al, 2009; Del Pezo, 2018), y observaciones preliminares de campo; por ello se reconoció que los bordes de evaporadores son microhábitats que concentran altas densidades de aves playeras. Se seleccionaron tres evaporadores de distinta salinidad, los cuales fueron el uno (Eva 1) con salinidad promedio 32 ppt (partes por mil, por sus siglas en ingles), el once (Eva 11) y el doce (Eva 12) con salinidades promedio de 87 y 111 ppt respectivamente. A lo largo de los bordes de dichos evaporadores se concentran la mayor abundancia de aves playeras para alimentarse en los sustratos lodosos y en la columna de agua poco profunda.

## **7.2. Conteos de aves playeras**

La investigación se concentró principalmente en las especies de aves playeras migratorias. El número y la identificación de aves playeras fueron determinados por medio de conteos directos con la utilización de binoculares 10x5 (marca Eagle Opics), mediante puntos o estaciones de conteo (Volpato et al., 2009) y de acuerdo al protocolo estandarizado para censar aves en las piscinas de Ecuasal (Agreda, 2012). Los libros de Haase (2011) y McMulla & Navarrete (2011), fueron usados para la identificación de las especies. En cada evaporador se establecieron cuatro

puntos de conteo, donde se registró la riqueza específica (número de especies) y abundancia de aves playeras migratorias.

### **7.3. Disponibilidad de presas**

Para determinar las presas potenciales de las aves playeras, la comunidad de macroinvertebrados acuáticos fue muestreada cuatro veces por mes desde enero hasta junio del 2022, en la capa superior del suelo y en la columna de agua para estimar su densidad (número promedio de individuos de una población por unidad de área o volumen), siguiendo los protocolos establecidos por Faria et al. (2018) y Tripp & Collazo (2003). Los muestreos fueron realizados de acuerdo a las fases de la luna (llena, cuarto menguante, nueva y cuarto creciente), debido a que los invertebrados marinos, en particular, siguen patrones rítmicos de comportamiento locomotor, reproductivo y de muda que son de periodicidad lunar y semilunar (Naylor, 2001).

A lo largo de los bordes de los tres evaporadores seleccionados se establecieron cuatro puntos de muestreo, separados entre sí con al menos 100 metros (m) de distancia para asegurar la independencia de los sitios de muestreo y se colectaron cuatro muestras de sedimento y cuatro muestras de agua en cada evaporador (Faria et al., 2018).

Debido a que la alimentación de las aves playeras generalmente se limita a sustratos saturados con profundidades de agua menores de menos de 15 centímetros (cm), áreas en las que el sustrato estaba seco o la profundidad del agua era mayor de 15 cm no fueron muestreadas (Mitchell & Grubaugh, 2005). La colecta de sedimento se realizó de acuerdo a la metodología de Faria et al. (2018), mediante un muestreador Core de PVC de 10 cm de diámetro a 10 cm de profundidad y posteriormente las muestras se tamizaron a través de una malla de 1 milímetro (mm) *in situ* (en el sitio). Las densidades fueron expresadas en Ind/m<sup>2</sup> (individuos por metro cuadrado) realizando la siguiente conversión: Densidad = 1 m<sup>2</sup> x número de organismos / área muestreada en m<sup>2</sup> (Fonseca, 2019). Adicionalmente, se registró la salinidad en cada punto de muestreo mediante un medidor de parámetros *digital Multifunction* para evaluar la relación entre la salinidad y densidades.

Por otro lado, para el método de muestreo de columna de agua se siguió el protocolo de Tripp & Collazo (2003), donde los organismos fueron colectados utilizando un cilindro de plástico como muestreador (15 cm de radio, 30 cm de altura). Siguiendo este método, al acercarse a las unidades de muestreo, se levantó el cilindro para luego dejarlo caer sobre el agua (a un máximo de 15 cm de profundidad) y se empujó en el sustrato para minimizar la pérdida de presas. A continuación, el agua dentro del muestreador fue vaciada con un recipiente para luego ser filtrada a través del tamiz de malla de un milímetro *in situ*. Las densidades fueron expresadas en Ind/m<sup>3</sup> (individuos por metro cúbico) realizando la siguiente conversión: Densidad

=  $1 \text{ m}^3 \times \text{número de organismos} / \text{volumen muestreado en m}^3$  (Fonseca, 2019).

Todos los invertebrados recolectados fueron almacenados en alcohol al 70% dentro de envases plásticos.

#### **7.4. Análisis de laboratorio**

Las muestras colectadas fueron transportadas a las instalaciones del laboratorio de Biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena para realizar el aislamiento, identificación y conteo de los organismos presentes hasta el nivel taxonómico más cercano, de acuerdo a los protocolos de identificación de las guías taxonómicas de invertebrados acuáticos elaborados por De Pauw & Van Damme (1999), Froeschner (1981), Light & Carlton (2007), Lincoln (1979) y Pérez (1996), también, basándose en estudios previos de Ágreda (2012) y Del Pezo (2018); mediante el uso de un estereoscopio (marca Boeco HY2X).

En adición lo anterior, dentro del proyecto “Zooplancton y fitoplancton en relación con el gradiente salino en evaporadores de Ecuasal”, bajo el cual se desarrolló el presente estudio, se realizó una consulta externa a la bióloga Aurora Marrón Becerra, M.Sc, especialista en anfípodos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) mediante el curso

“Taxonomía de Anfípodos” de Fitoland Perú del 8 al 10 de agosto del 2022. Posteriormente, se promediaron los resultados de las cuatro réplicas de cada evaporador para estimar de densidad de organismos (Fonseca, 2019).

Además, se obtuvo la biomasa (masa de organismos en un área o ecosistema dado), de invertebrados en base a los protocolos de Fonseca (2019) y Ruiz (2004). La biomasa fue obtenida a través de la diferencia entre el peso seco y el peso seco libre de ceniza de las muestras de invertebrados. Para ello, las muestras fueron colocadas en crisoles y se secaron en la estufa (marca Memmert SM-200) a 100 °C durante dos horas, posteriormente las muestras en peso seco se pesaron en una balanza analítica (marca Boeco PBL32), luego se incineraron en un horno de mufla (marca Thomas Scientific) durante dos horas a 500 °C y fueron pesadas nuevamente en la balanza analítica para obtener el peso seco libre de ceniza. La biomasa fue expresada como gramos de peso seco libre de ceniza (g PSLC) por área (Ind/m<sup>2</sup>) o volumen (Ind/m<sup>3</sup>).

### **7.5. Dieta y forrajeo de aves playeras**

Se utilizó el método de observación focal (Altmann, 1974), para registrar los métodos de alimentación utilizado por cada especie de ave playera. Siguiendo el protocolo de Fonseca (2019), se seleccionaron de forma aleatoria aves playeras que

se alimentaban activamente en el área de estudio y fueron grabados en video (24 cuadros por segundo) durante períodos de dos minutos con una videocámara digital Canon 6D MARK II y un objetivo de EF 100-400mm IS II USM; los individuos fueron elegidos a una distancia menor a  $\pm 20$  m del observador, lo que permitió obtener imágenes de alta calidad. Para evitar repetir grabaciones del mismo individuo, cada nueva observación fue filmada a una distancia de al menos 10 m del anterior (Masero, 2003). Además, se grabaron un máximo de dos secuencias de forrajeo por especie en cada evaporador (Fonseca, 2019); todos los videos fueron grabados durante el día, entre 07:30 am a 12:30 pm.

Los videos fueron revisados detalladamente para estudiar el comportamiento de forrajeo basado en la clasificación de Barbosa & Moreno (1999), Davis & Smith (2001) y Maxwell (2013); picoteo (penetración del sustrato o agua por menos de un cuarto de la longitud del pico), sondeo (penetración del sustrato o agua por más de una cuarta parte de la longitud del pico), sumergida (la cabeza y el cuello entran en el agua), enrutamiento (manipulación de algas o piedras al "arrasar" o girar y luego capturar la presa con picotazos), barrida (movimientos de lado a lado del pico introducido en el agua), corrida-parada-picoteo (correr rápidamente, parar y picotear o atrapar una presa) y también otros comportamientos como caminar o locomoción e inmóvil.

Además, se describieron otros comportamientos según Ruiz (2004), alerta (permanecer inmóvil con la cabeza levantada denota estado de alerta), reposo (inmóvil con el pico metido bajo las alas y ojos abiertos, cerrados o entre abiertos, o cuello y cabeza inmóviles, permanecer inmóvil ya sea con la cabeza echada hacia atrás con el pico sobre el manto y cubiertos por las alas, o con la cabeza en posición normal, el ave se puede observar posado en una sola pata o echado totalmente en el suelo), acicalamiento corporal (limpiado de plumas, baño, o estiramiento de cuello y alas), agresión (persecución, o amenaza a otro individuo de la misma u otra especie).

Para el análisis de los videos se utilizó el programa Software interactivo de investigación de observación del comportamiento o BORIS, por sus siglas en inglés (Friard & Gamba, 2016). De cada video se obtuvo el tiempo invertido en cada uno de los comportamientos mencionados.

## **7.6. Análisis estadístico**

La riqueza específica (número de especies), y abundancia de aves playeras fue evaluada para el área de estudio. Además, se analizaron diferencias significativas mediante análisis de varianza (ANOVA múltiple de su abundancia de acuerdo a los

evaporadores y meses. Por otro lado, se evaluó la densidad relativa (%D) y porcentaje de frecuencia de ocurrencia (número de veces o frecuencia que ocurre un organismo determinado en puntos de muestra específicos, %FO) de cada uno de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados (Faria et al., 2018).

$$\%FO = (F/N) \times 100$$

Donde, F = frecuencia o número de veces que aparecen los organismos dentro del total de muestras; N = número total de las muestras (Faria et al., 2018).

Se realizó un análisis de ANOVA múltiple para comparar si la densidad (D) difiere entre organismos, y para comparar si la densidad y la biomasa (B) de presas difiere entre los evaporadores (Fonseca, 2019). De la misma manera, se evaluó si la densidad varía entre los meses. Además, se realizaron modelos lineales generalizados para evaluar la relación entre la densidad de presas y salinidad. El mismo análisis y el análisis de regresión múltiple fueron usados para evaluar la relación entre la abundancia de aves y densidad de presas. Las interacciones tróficas fueron evaluadas mediante redes de interacción de acuerdo a Martínez et al. (2019), donde se obtuvo el índice de conectancia (rango entre 0 – 1, siendo 1 el máximo valor que representa al 100% de posibles interacciones) e índice de anidamiento (rango entre 0 – 100, donde un valor cercano al máximo indica que las especies son generalistas y un valor bajo indica que las especies son más especialistas).

Por otra parte, para el análisis de los datos de inversión de tiempo en el comportamiento de forrajeo, se registró el tiempo invertido por diferentes playeros en cada tipo de forrajeo para cada especie y se determinaron si existen diferencias significativas entre los tiempos en cada una de las especies grabadas a través de una prueba de ANOVA múltiple (Ruiz, 2004). A continuación, se realizó un análisis de componentes principales para conocer la variación de las técnicas de forrajeo y finalmente se utilizaron gráficos de dispersión para conocer la relación entre estrategias de forrajeo y densidad de presas. Se emplearon los programas estadísticos STATGRAPHICS Centurion 19, R y Excel.

## 8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Abundancia de aves playeras

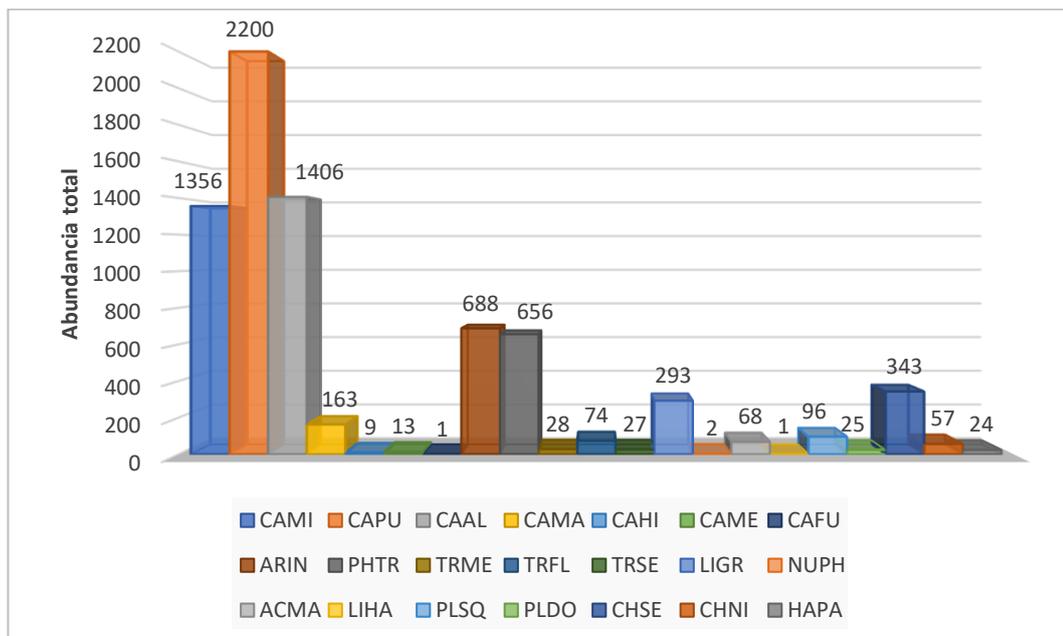
Se contabilizaron un total de 7530 individuos de aves playeras entre enero y junio 2022 pertenecientes a tres familias: Scolopacidae (16 especies), Charadriidae (cuatro especies) y Haematopodidae (una especie). Del total de las especies registradas, 19 fueron migratorias boreales y dos residentes (*Charadrius nivosus* y *Haematopus palliatus*). Las especies con mayor abundancia registrada fueron: *Calidris pusilla* con 2200 individuos (Ind), *Calidris alba* con 1406 Ind y *Calidris minutilla* con 1356 Ind (Tabla 1 y Figura 2).

El evaporador uno fue donde se registraron el mayor número de especies, 18 en total, y las más abundantes fueron *C. minutilla* (699 Ind), *C. pusilla* (484 Ind) *Charadrius semipalmatus* (265 Ind) y *Limnodromus griseus* (293 Ind). Además, fue la única unidad de muestreo donde se observaron tres especies poco comunes: *Calidris melanotos*, *Limosa haemastica* y *Pluvialis dominica*. El registro de nueve individuos en una sola observación de *C. melanotos* es el número más alto hasta la fecha de esta especie en Ecuasal (Tabla1, Figura 3A).

**Tabla 1.** Riqueza y abundancia registrada en los evaporadores 1, 11 y 12.

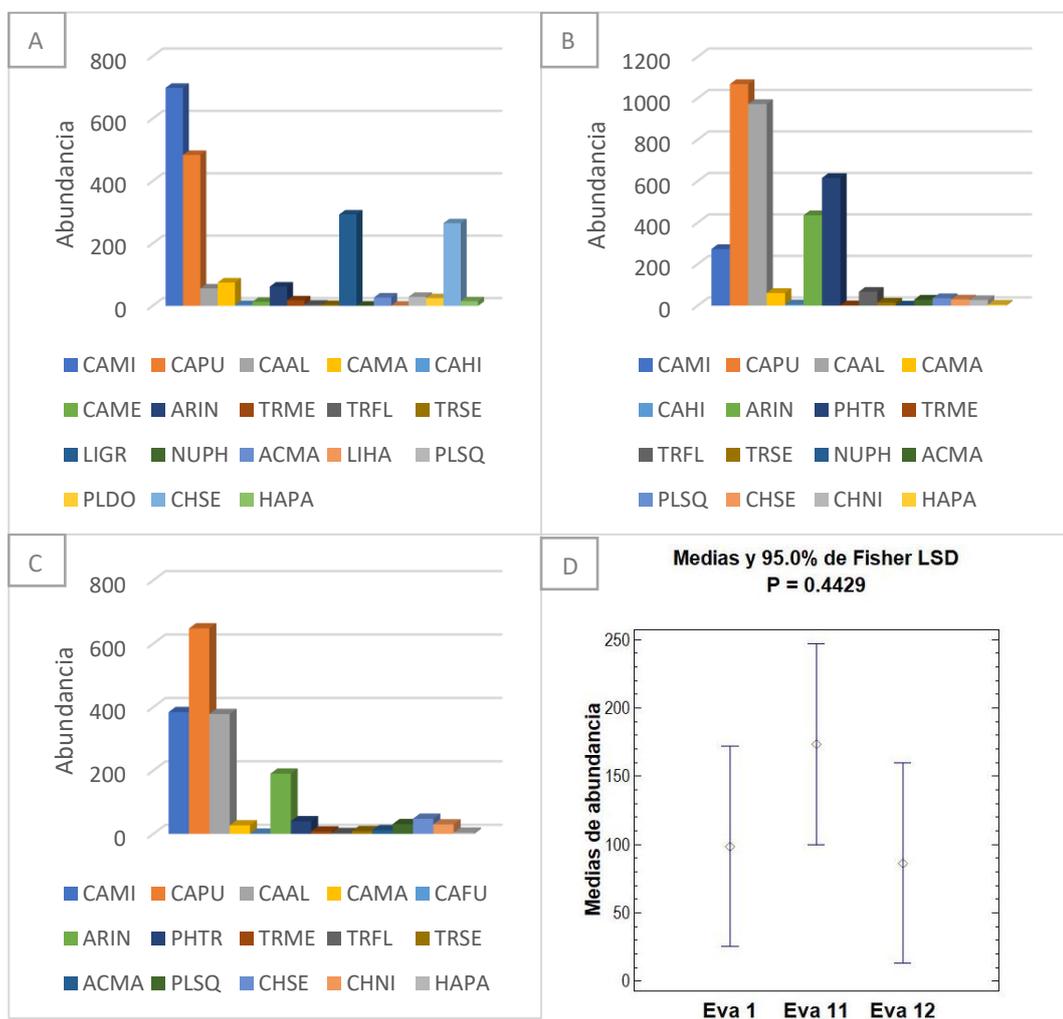
Familia	Especies	Código	Abundancia de aves playeras			Total
			Eva 1	Eva 11	Eva 12	
Scolopacidae	<i>Calidris minutilla</i>	CAMI	699	273	384	1356
	<i>Calidris pusilla</i>	CAPU	484	1068	648	2200
	<i>Calidris alba</i>	CAAL	56	972	378	1406
	<i>Calidris mauri</i>	CAMA	75	61	27	163
	<i>Calidris himantopus</i>	CAHI	3	6	-	9
	<i>Calidris melanotos</i>	CAME	13	-	-	13
	<i>Calidris fuscicollis</i>	CAFU	-	-	1	1
	<i>Arenaria interpres</i>	ARIN	62	436	190	688
	<i>Phalaropus tricolor</i>	PHTR	-	616	40	656
	<i>Tringa melanoleuca</i>	TRME	18	2	8	28
	<i>Tringa flavipes</i>	TRFL	4	67	3	74
	<i>Tringa semipalmata</i>	TRSE	3	15	9	27
	<i>Limnodromus griseus</i>	LIGR	293	-	-	293
	<i>Numenius phaeopus</i>	NUPH	1	1	-	2
	<i>Actitis macularius</i>	ACMA	27	29	12	68
<i>Limosa haemastica</i>	LIHA	1	-	-	1	
Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	PLSQ	29	36	31	96
	<i>Pluvialis dominica</i>	PLDO	25	-	-	25
	<i>Charadrius semipalmatus</i>	CHSE	265	30	48	343
	<i>Charadrius nivosus</i>	CHNI	-	27	30	57
Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	HAPA	15	5	4	24
		Total	2073	3644	1813	7530

En el evaporador 11 se observaron 16 especies, siendo las más abundantes *C. pusilla*, *C. alba* y *Phalaropus tricolor* con 1068 Ind, 972 Ind y 616 Ind respectivamente. En este punto se realizó un registro fotográfico importante de un individuo de *C. alba* con una banda de código NE8, anillada en Petit Cap, Canadá el 20 de octubre de 2021 y nacido ese año (Julie Paquet, comunicación personal, 20 de septiembre, 2022) (ver Fotografía 3). Por último, en el evaporador 12 se registraron 15 especies, donde *C. pusilla* (648 Ind), *C. minutilla* (384 Ind) y *C. alba* (378 Ind) fueron abundantes, además, en esta piscina se registró el único individuo de *Calidris fuscicollis* (Figura 3C). Finalmente, al comparar la abundancia entre los tres evaporadores, no se registró una diferencia significativa con un valor de  $p = 0.4429$  (Figura 3D), indicando que la abundancia en los evaporadores es similar.



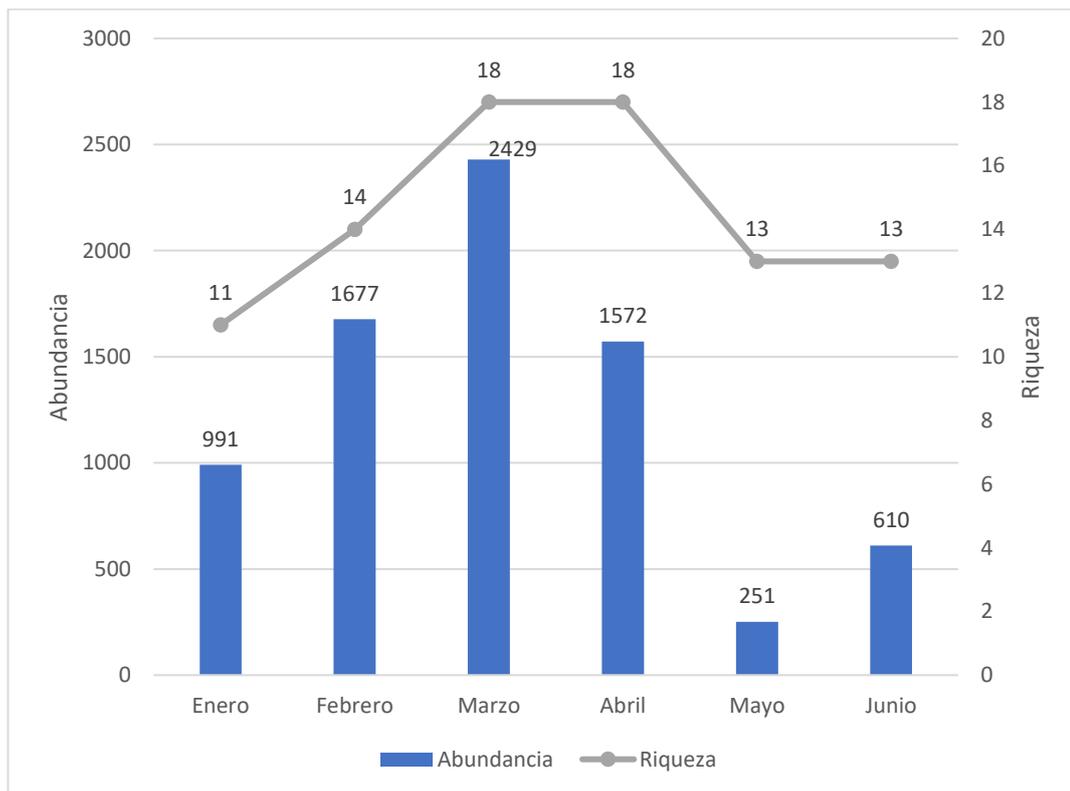
**Figura 2.** Abundancia total de las especies de aves playeras en el área de estudio. Ver códigos de especies en la Tabla 1.

La abundancia de aves varió entre enero y junio, siendo marzo el pico más alto con 2429 Ind contabilizados y el registro más bajo fue en mayo (251 Ind). En cuanto a la riqueza, el mayor número de especies ocurrió en marzo y abril (18 especies en cada uno) y el más bajo fue enero con 11 especies (Figura 4).



**Figura 3.** Abundancia de las especies de aves playeras en cada evaporador. A) Evaporador 1. B) Evaporador 11. C) Evaporador 12. D) Comparación de medias de la abundancia entre evaporadores. Eva (Evaporador). Códigos de aves en la Tabla 1.

Es necesario resaltar que entre enero y abril las aves playeras boreales inician su periodo migratorio reproductivo, es decir, las poblaciones que migran de sur a norte, arriban a Ecuasal para descansar y luego continuar su migración hacia sus áreas reproductivas, por lo tanto, en mayo y junio su número se reduce drásticamente y solo se mantienen los individuos que no migraron y “pasan el verano” en las piscinas de Ecuasal.



**Figura 4.** Abundancia y riqueza (número de especies) de aves playeras entre enero y junio del 2022.

## 8.2. Densidad de macroinvertebrados

La densidad de macroinvertebrados fue analizada a partir de un total de 20263 individuos de macroinvertebrados acuáticos pertenecientes a 10 taxones, que fueron contados e identificados hasta el nivel taxonómico más cercano. Estos fueron clasificados dentro de seis ordenes: Hemiptera y Diptera (clase Insecta), Eunicida y Capitellida (clase Polychaeta), Anostraca (clase Branchiopoda) y Amphipoda (clase Malacostraca) (Ver tabla 2, Fotografía 2).

La densidad de presas en el agua del evaporador uno, estuvo conformada en un 99.31% de *Trichocorixa reticulata* (Hemiptera), la cual también tuvo la mayor frecuencia de ocurrencia (%FO = 97.62). *Gammarus* sp. (Amphipoda) fue la segunda presa más frecuente (%FO = 21.43). En el evaporador 11, *T. reticulata*, *Artemia salina* (Anostraca) y *Ephydra cinerea* (Diptera) fueron los grupos con mayor porcentaje de densidad y frecuencia (%D = 76.51, 12.57 y 10.88, %FO = 89.29, 59.52 y 58.33, respectivamente). En el evaporador 12, *T. reticulata* y *E. cinerea* conformaron la mayor densidad y frecuencia (%D = 50.13 y 46.06, %FO = 55.95 y 94.05, respectivamente). Adicionalmente, *A. salina* también tuvo una frecuencia relevante de 51.19% (FO).

**Tabla 2.** Densidad (D), densidad relativa (%D) y porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) de macroinvertebrados acuáticos de la columna de agua (Ind/m<sup>3</sup>) y sedimento (Ind/m<sup>2</sup>) colectados de los evaporadores 1, 11 y 12. Cod (Código); N.I (no identificado).

					Eva 1			Eva 11			Eva 12		
Columna de agua													
Clase	Orden	Familia	Especie	Cod	D (Ind/m <sup>3</sup> )	%D	%FO	D (Ind/m <sup>3</sup> )	%D	%FO	D (Ind/m <sup>3</sup> )	%D	%FO
Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Trichocorixa reticulata</i>	THRE	19204	99.31	97.62	7406.25	76.51	89.29	6816	50.13	55.95
Insecta	Diptera	Ephydriidae	<i>Ephydra cinerea</i>	EPCI	4	0.02	2.38	1053	10.88	59.52	6262	46.06	94.05
Insecta	Diptera	Rhagionidae	N.I.	RHAG	2	0.01	1.19	5	0.05	2.38	0	0	0
Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	<i>Lumbrinereis</i> sp.	LUMB	4	0.02	2.38	0	0	0	0	0	0
Branchiopoda	Anostraca	Artemiidae	<i>Artemia salina</i>	ARSA	0	0	0	1217	12.57	58.33	518	3.81	51.19
Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.	GAM	103	0.53	21.43	0	0	0	0	0	0
Malacostraca	Amphipoda	N.I.	N.I.	ANF	19	0.1	8.33	0	0	0	0	0	0
Sedimento													
Clase	Orden	Familia	Especie		D (Ind/m <sup>2</sup> )	%D	%FO	D (Ind/m <sup>2</sup> )	%D	%FO	D (Ind/m <sup>2</sup> )	%D	%FO
Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Trichocorixa reticulata</i>	THRE	229.6	7.47	38.10	119.36	38.79	25	120.66	21.69	27.38
Insecta	Diptera	Ephydriidae	<i>Ephydra cinerea</i>	EPCI	14	0.47	5.95	165	53.74	41.67	392	70.36	63.10
Insecta	Diptera	Rhagionidae	N.I.	RHAG	76	2.42	21.43	4	1.41	2.38	0	0	0
Insecta	Diptera	Muscidae	N.I.	MUSC	13	0.42	7.14	7	2.40	3.57	12	2.11	4.76
Insecta	Diptera	N.I.	N.I.	DIPT	43	1.40	10.71	7	2.12	4.76	33	5.85	8.33
Polychaeta	Capitellida	Capitellidae	<i>Notomastus</i> sp.	NOTO	2611	84.97	69.05	5	1.55	2.38	0	0	0
Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	<i>Lumbrinereis</i> sp.	LUMB	45	1.46	22.62	0	0	0	0	0	0
Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.	GAM	41	1.34	14.29	0	0	0	0	0	0



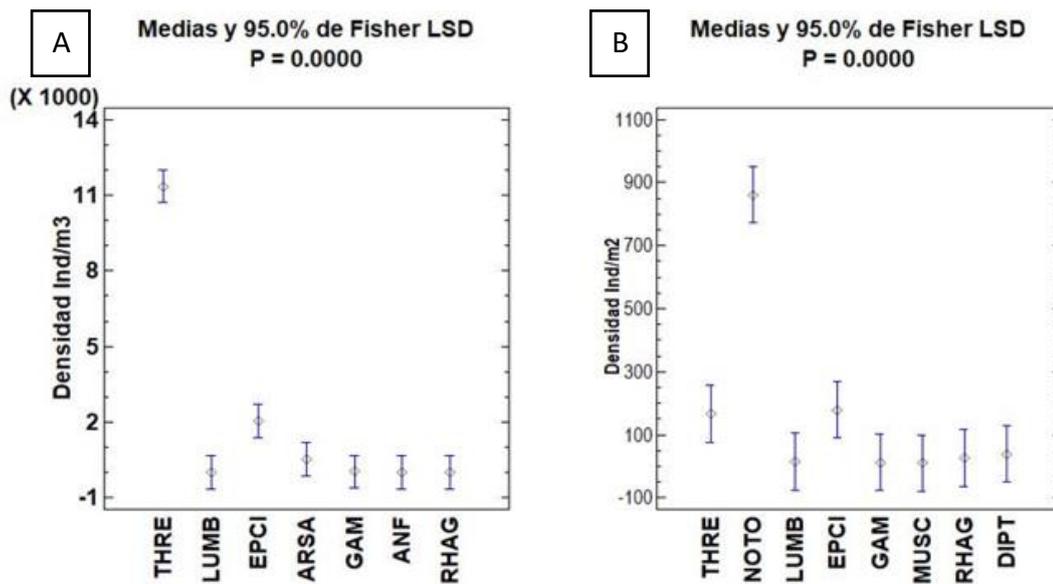
**Fotografía 2.** Macroinvertebrados acuáticos de las muestras de agua y sedimento. A) *T. reticulata*; B) *E. cinerea*; C) *A. salina*; D) *Gammarus* sp.; E) Amphipoda; F) *Notomastus* sp. G) Rhagionidae; H) *Lumbrinereis* sp.; I) Muscidae; J) Diptera.

En el sedimento, la densidad de presas en el evaporador uno estaba compuesta en un 84.97 % de *Notomastus* sp. (Capitellida), con una frecuencia de ocurrencia de 69.05% y seguido de *T. reticulata* con un 18%. En el evaporador 11, *E. cinerea* y *T. reticulata* tuvieron el mayor porcentaje de densidad y frecuencia (%D = 53.75 y 38.79, %FO = 41.67 y 25, respectivamente). En el evaporador 12, *E. cinerea* conformó la mayor densidad (%D = 70.36) y frecuencia (%FO = 63.10).

**Tabla 3.** Densidad (D), densidad relativa (%D) y porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) de macroinvertebrados acuáticos de la columna de agua (Ind/m<sup>3</sup>) y sedimento (Ind/m<sup>2</sup>).

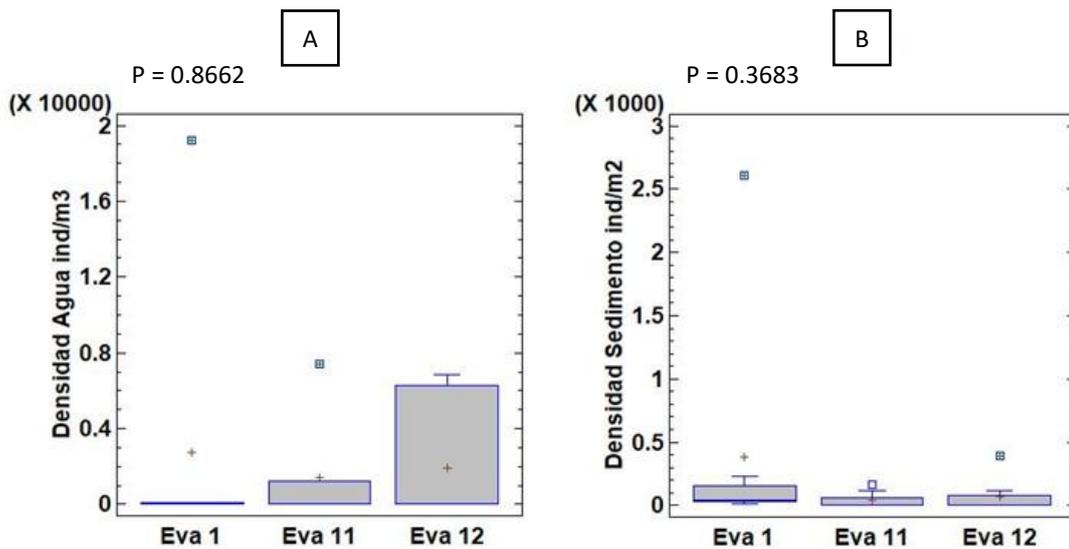
Densidad total			
Columna de agua			
Taxón	D (Ind/m <sup>3</sup> )	%D	%FO
<i>T. reticulata</i>	11142	78.44	81.5
<i>E. cinerea</i>	2440	17.18	51.9
Rhagionidae	2	0.02	1.2
<i>Lumbrinereis</i> sp.	1	0.01	0.8
<i>A. salina</i>	578	4.07	54.8
<i>Gammarus</i> sp.	34	0.24	7.1
Amphipoda	6	0.05	2.8
Sedimento			
Taxón	D (Ind/m <sup>2</sup> )	%D	%FO
<i>T. reticulata</i>	470	11.93	42.7
<i>E. cinerea</i>	571	14.51	36.9
Rhagionidae	80	2.08	7.9
Muscidae	32	0.82	5.2
Diptera	82	2.08	7.9
<i>Notomastus</i> sp.	2615	66.43	23.8
<i>Lumbrinereis</i> sp.	45	1.14	7.5
<i>Gammarus</i> sp.	41	1.05	4.8

En lo que refiere a la densidad total, en la columna de agua *T. reticulata*, *E. cinerea* y *A. salina* fueron las especies con mayor porcentaje de densidad y frecuencia de ocurrencia (%D = 78.44, 17.18 y 4.07, %FO = 81.5, 51.9 y 54.8, respectivamente). Por otro lado, en el sedimento, *Notomastus* sp. y *E. cinerea* conformaron la mayor densidad (%D = 66.43 y 14.5, respectivamente) con frecuencias del 23.8 % y 36.9%. Adicionalmente, *T. reticulata* también tuvo una frecuencia relevante de 42.7% (FO) (Tabla 3).

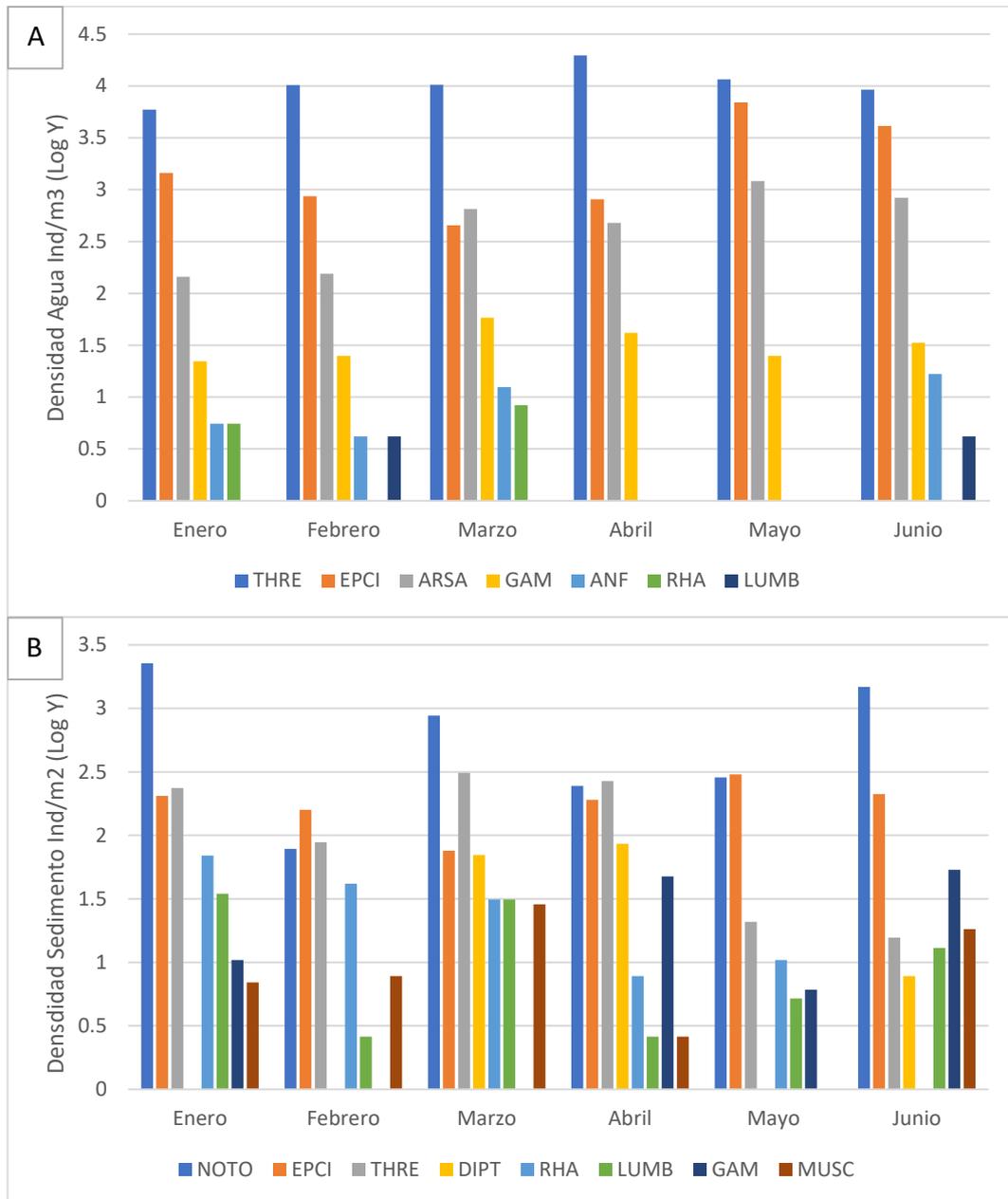


**Figura 5.** Comparación de medias entre las densidades de los organismos de A) la columna de agua y, B) densidades de los organismos de sedimento. Ver códigos de organismos en la Tabla 2.

De acuerdo al análisis de ANOVA, existe una relación significativa entre las densidades de organismos de la columna de agua ( $p = 0.000$ ); así como también entre los organismos de sedimento ( $p = 0.000$ ) (Ver figura 5). Por otro lado, al comparar las densidades entre evaporadores se determinó que no existe una diferencia significativa en columna de agua ( $p = 0.8662$ ) y sedimento ( $p = 0.3683$ ) (Ver figura 6). Esto indica que las densidades de presas varían significativamente entre organismos, sin embargo, no varían de manera significativa entre los evaporadores.

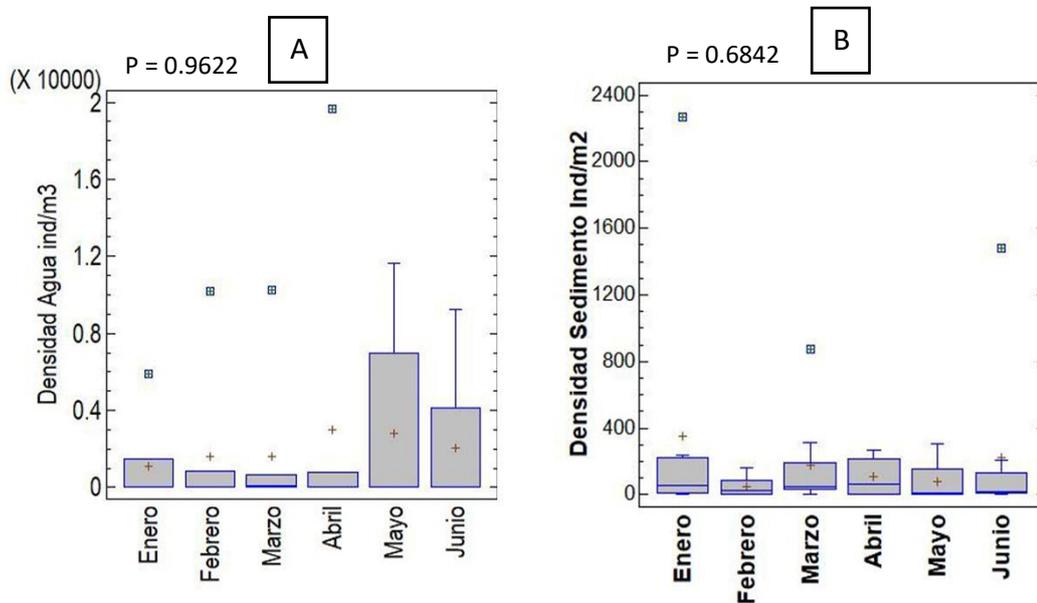


**Figura 6.** Comparación de densidades entre evaporadores. A) Densidad de presas de la columna de agua. B) Densidad de presas del sedimento. Eva (Evaporador).



**Figura 7.** Variación de densidad de los diferentes taxones por mes, (A) de la columna de agua y, (B) de sedimento. THRE (*T. reticulata*); EPCI (*E. cinerea*); ARSA (*A. salina*); GAM (*Gammarus* sp.); ANF (Amphipoda); RHAG (Rhagionidae); LUMB (*Lumbrinereis* sp.); NOTO (*Notomastus* sp.); DIPT (Diptera); MUSC (Muscidae). Log Y (logaritmo del eje de Y).

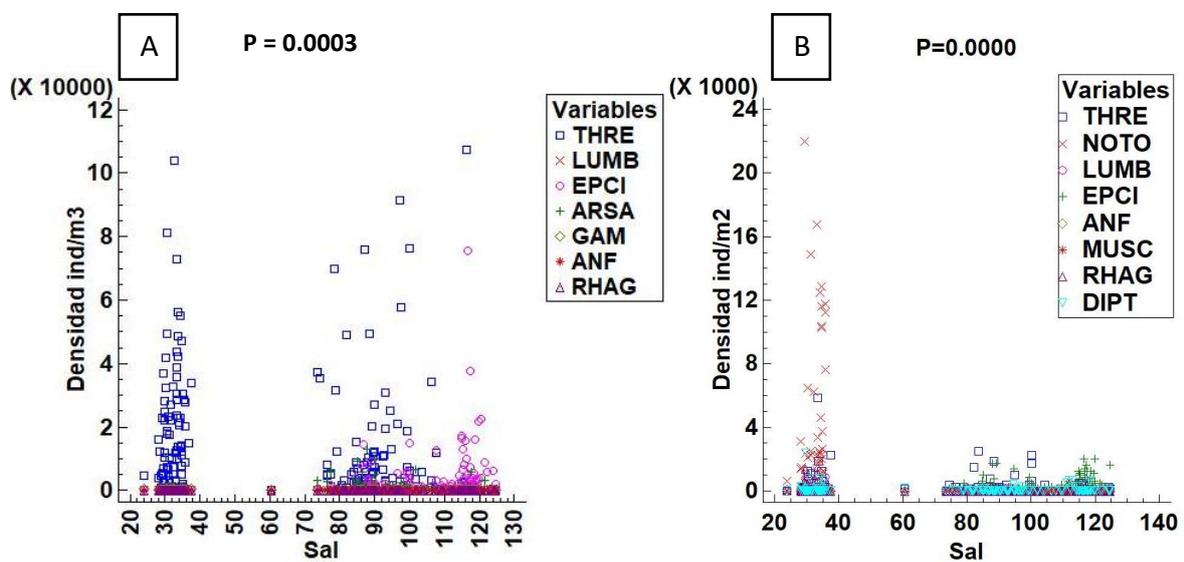
Por otro lado, se comparó la densidad registrada de cada uno de los taxones de macroinvertebrados entre enero y junio 2022 (Figura 7). Además, se compararon las densidades promediadas por evaporador, lo que permitió conocer que no existieron diferencias significativas tanto en la columna de agua como en el sedimento ( $p = 0.9622$ ,  $p = 0.6842$ , respectivamente) (Figura 8 A y B).



**Figura 8.** A) Comparación significativa entre las densidades de la columna de agua por mes. B) Comparación significativa entre las densidades de sedimento por mes.

También se relacionó la densidad de presas con la salinidad (diferente en cada evaporador), dando como resultado una relación estadísticamente significativa con valores de  $p < 0.05$  para la columna de agua y sedimento. Para la columna de agua la mayor concentración de densidad se observa en salinidades entre  $\pm 70$  y  $\pm 120$  ppt. En baja salinidad ( $\pm 30$  ppt) *T. reticulata* registra una mayor concentración, mientras

que en altas salinidades ( $\pm 70-120$  ppt), *T. reticulata* y *E. cinerea* son las más densas. Por otro lado, en el sedimento, la mayor densidad ocurrió en baja salinidad ( $\pm 35$  ppt), siendo *Notomastus* sp. la de mayor densidad, mientras que en alta salinidad ( $\pm 120$ ) fue *E. cinerea* (Figura 9).



**Figura 9.** Relación entre salinidad y densidad de presas. A) Columna de agua; B) Sedimento. Sal (salinidad). Ver códigos de organismos en la tabla 2.

### 8.3. Biomasa de macroinvertebrados

Se evaluó la biomasa de los taxones más frecuentes y con mayor densidad (*T. reticulata*, *E. cinerea*, *A. salina*, *Notomastus* sp. y *Gammarus* sp). En la columna de agua, el evaporador uno estuvo conformado en un 99.99% de *T. reticulata*. En el evaporador 11, *T. reticulata* también representó el 90.33% de la biomasa seguido

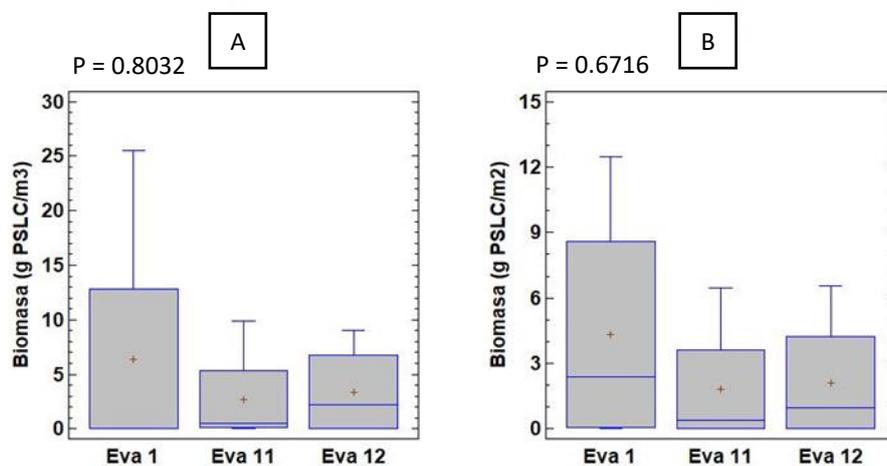
por *E. cinerea* con el 6.71%. La biomasa registrada en el evaporador 12 fue conformada por *T. reticulata* y *E. cinerea* (66.89% y 32.13%, respectivamente) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Número de individuos (N), Biomasa (B), porcentaje de biomasa (%B) de macroinvertebrados acuáticos de la columna de agua (g PSLC/m<sup>3</sup>) y sedimento (g PSLC/m<sup>2</sup>) colectados de los evaporadores 1, 11 y 12. g PSLC (gramos de peso libre de ceniza). Eva (evaporador).

	Eva 1			Eva 11			Eva 12		
Columna de agua									
Especie	N	B	%B	N	B	%B	N	B	%B
<i>T. reticulata</i>	8226	25.6	99.9	3101	9.9	90.3	2969	9.1	66.9
<i>E. cinerea</i>	2	0.003	0.01	412	0.7	6.7	2177	4.4	32.1
<i>A. salina</i>	0	0	0	466	0.3	2.9	213	0.1	1
<i>Gammarus</i> sp.	45	0.03	0.1	0	0	0	0	0	0
Sedimento									
Especie	N	B	%B	N	B	%B	N	B	%B
<i>T. reticulata</i>	167	12.5	72.2	84	6.5	89.1	83	6.6	77.7
<i>Notomastus</i> sp.	1733	4.7	27.3	3	0.001	0.01	0	0	0
<i>E. cinerea</i>	9	0.07	0.4	104	0.8	10.9	248	1.9	22.4
<i>Gammarus</i> sp.	25	0.02	0.1	0	0	0	0	0	0

La biomasa de las muestras sedimento en el evaporador uno, estuvo conformada en un 72.22% por *T. reticulata* y en un 27.28% por *Notomastus* sp. En el evaporador 11, *T. reticulata* también compuso el 89.08% de la biomasa seguido por *E. cinerea* con el 10.71%. La biomasa registrada en el evaporador 12 estuvo formada por *T. reticulata* y *E. cinerea* (77.66% y 22.39%, respectivamente).

Estadísticamente, no se registraron diferencias significativas entre la biomasa de los evaporadores de las muestras de la columna de agua ( $p=0.8032$ ) y tampoco entre la biomasa las muestras de sedimento ( $p=0.6716$ ), indicando que la biomasa es similar entre evaporadores, principalmente porque las especies con mayor biomasa se encuentran distribuidas de manera similar (Figura 10).

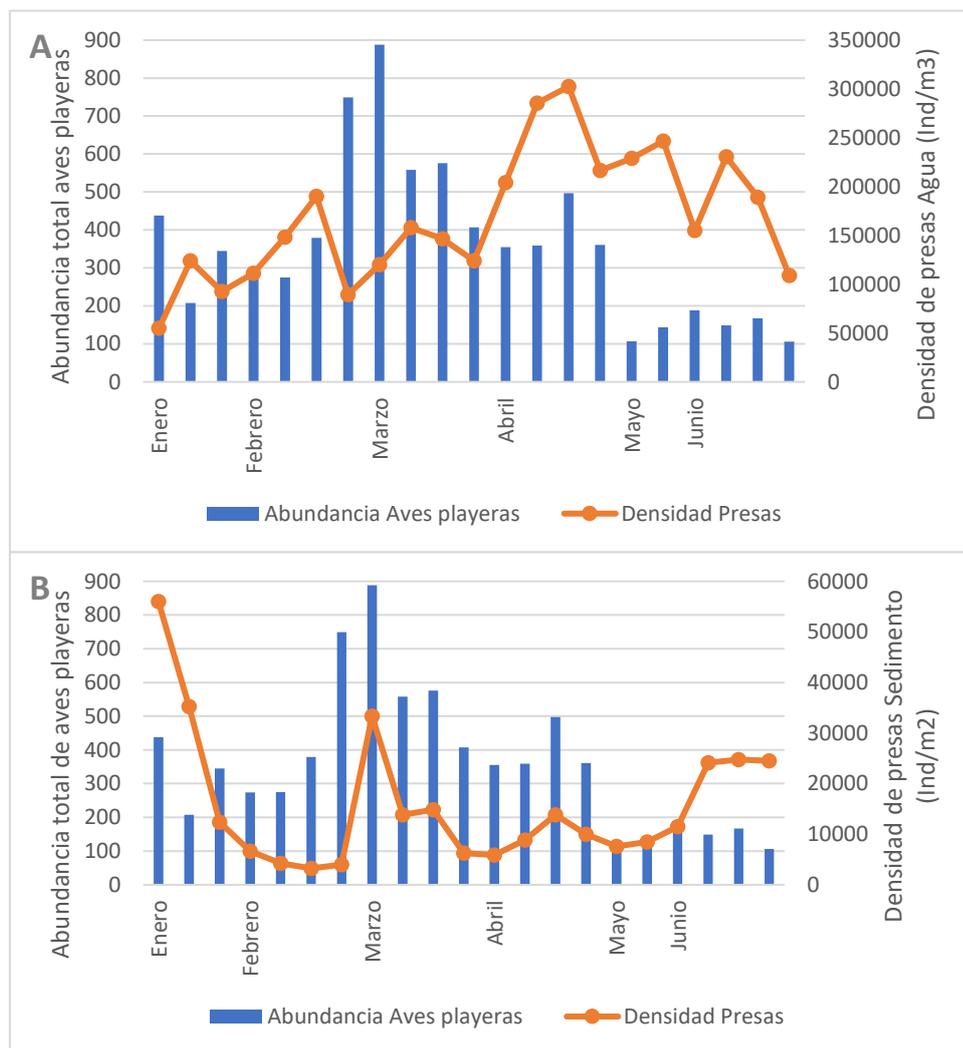


**Figura 10.** A) Relación significativa de la biomasa de las presas de la columna de agua. B) Relación significativa entre la biomasa de las presas de sedimento. g PSLC (gramos de peso libre de ceniza). Eva (evaporador).

#### 8.4. Relación entre abundancia de aves y densidad de presas

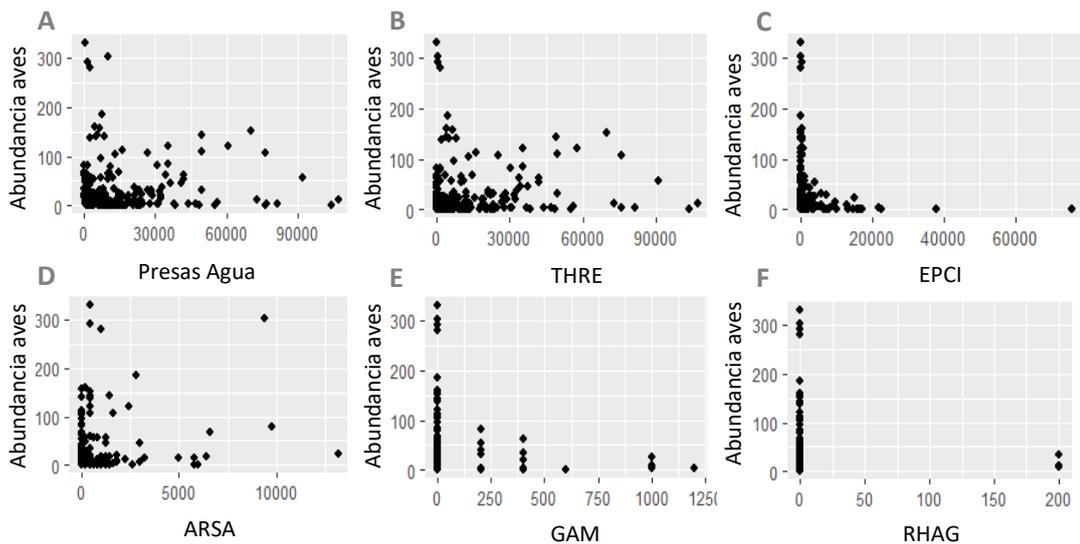
Existe una relación estadísticamente significativa entre la abundancia de aves con las densidades de macroinvertebrados de la columna de agua ( $p = 0.000$ ). Esto se evidencia en los meses de marzo y abril cuando al aumentar la abundancia de aves, la densidad de presas disminuyó, lo que probaría que su reducción ocurrió por la

depredación que ejercen las aves sobre ellas. En contraste, durante mayo y junio cuando el número de aves se redujo debido a su migración, la densidad de presas aumentó considerablemente (Figura 11 A).



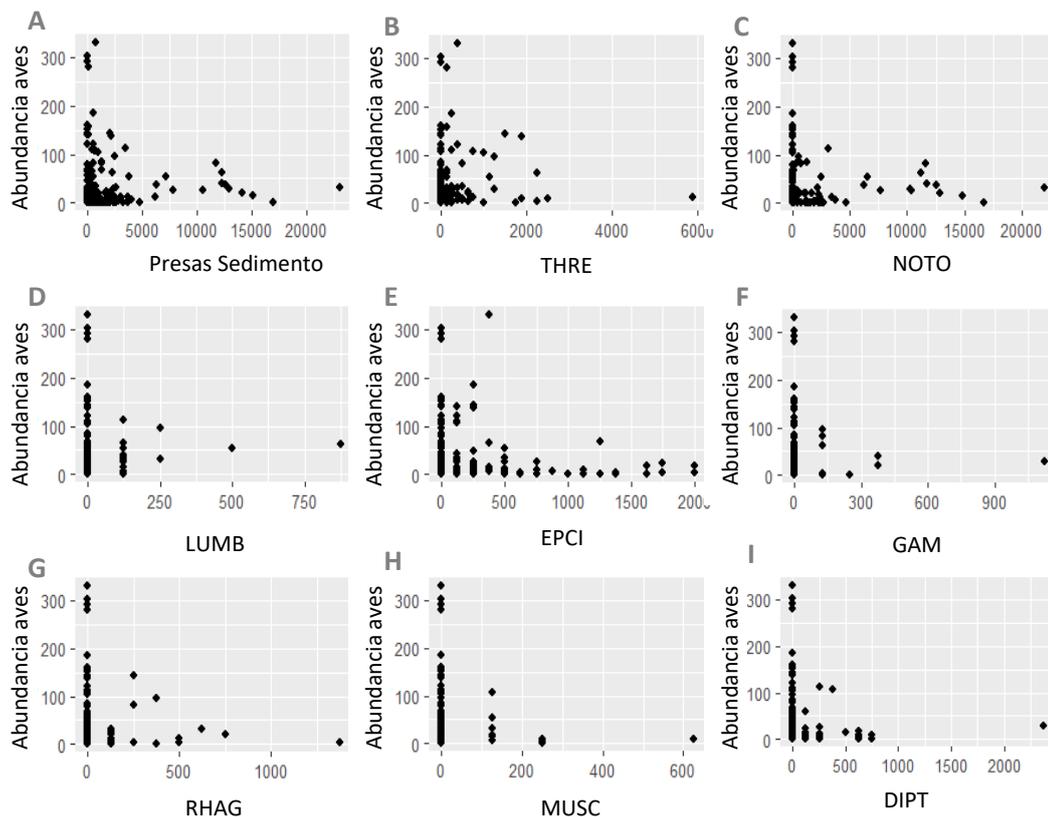
**Figura 11.** Relación entre abundancia de aves y presas por mes. A) Columna de agua; B) Sedimento.

Por otro lado, no existió una relación estadísticamente significativa entre la abundancia de aves con las densidades de presas de sedimento ( $p = 0.5672$ ) (Figura 11B). Esto ocurre porque las presas solamente ocurrieron en el área de baja salinidad (Eva 1), mientras que sus densidades fueron mínimas en alta salinidad. Por otro lado, los modelos lineales mostraron una relación significativa ( $p=0.009$ ) entre las aves playeras y la densidad del total de macroinvertebrados acuáticos, además se mostró una fuerte relación con las variables predictoras: salinidad y mes ( $p < 2e-16$ ). Con respecto a la relación entre las aves playeras y cada macroinvertebrado, existió una correlación con la especie *T. reticulata* ( $p=0.0115$ ) y *A. salina* mostró una fuerte relación con las variables ( $p < 2e-16$ ), mientras que *E. cinerea*; *Gammarus* sp y Rhagionidae no mostraron relación significativa (Figura 12).



**Figura 12.** Relación entre abundancia de aves y densidad presas de la columna de agua. A) Densidad total de presas; B) *T. reticulata* (THRE); C) *E. cinerea* (EPCI); D) *A. salina* (ARSA); E) *Gammarus* sp. (GAM); F) Rhagionidae (RHAG).

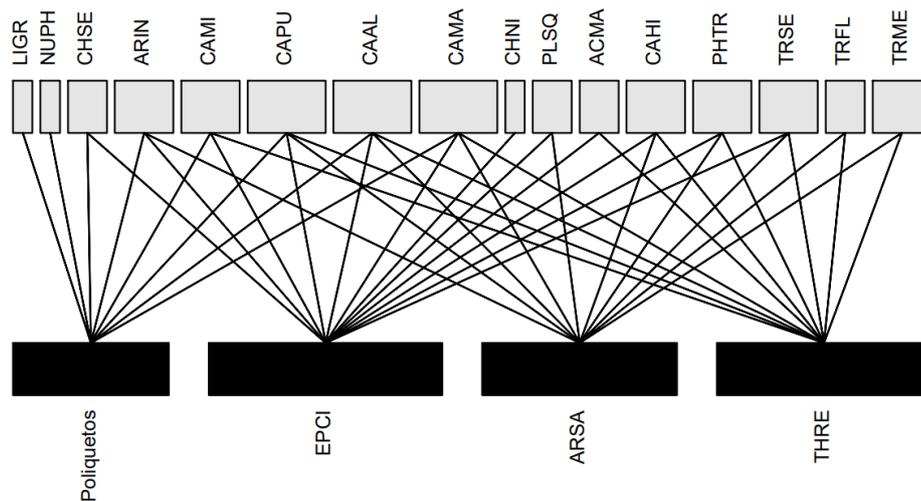
Por otro lado, la abundancia de aves y la densidad total de los macroinvertebrados del sedimento presentó una relación significativa ( $p=0.034$ ). Además, las especies *T. reticulata* y *E. cinérea* mostraron una fuerte relación entre las variables mes y salinidad ( $p < 2e-16$ ), sin embargo, *Notomastus sp.* a pesar de ser una especie con mayor densidad, no tuvo una relación significativa ( $p=0.315$ ), resultado similar en *Lumbrinereis sp.*, *Gammarus sp.*, Rhagionidae, Muscidae, Diptera (Figura 13).



**Figura 13.** Relación entre abundancia de aves y densidad presas del sedimento. A) Densidad total de presas; B) *T. reticulata* (THRE); C) *Notomastus sp.* (NOTO); D) *Lumbrinereis sp.* (LUMB) E) *E. cinérea*; (EPCI) E) *Gammarus sp.* (GAM); F) Rhagionidae (RHAG); G) Muscidae (MUSC); H) Diptera (DIPT).

### 8.5. Interacción trófica entre aves playeras y presas

El análisis se basó en una estimación de las presas consumidas por las aves playeras de acuerdo a observaciones y grabaciones. El análisis de la interacción trófica de depredación entre aves y sus principales presas reveló que, de las 64 posibles interacciones, ocurrieron 40, equivalente al 62.5% (índice de conectancia: 0.62). El índice de anidamiento (NODF) fue de 60.99, indicando que la red es anidada ( $p < 0.05$ ), es decir, hay más especies generalistas (tienen varias interacciones) que especialistas (tienen pocas interacciones). Las especies *C. pusilla*, *C. alba* y *C. mauri* fueron las más generalistas, mientras que *N. phaeopus*, *L. griseus* y *C. nivosus* fueron las más especialistas. Por otro lado, todas las presas tuvieron interacciones generalistas (Figura 14).



**Figura 14.** Interacción trófica de depredación entre aves playeras y sus presas. Ver códigos de especies en las tablas 1 y 2.

## 8.6. Comportamiento de forrajero

Se registró y describió el tiempo promedio (en segundos, "s") invertido de 16 especies de aves playeras en los comportamientos de forrajeo. Los individuos grabados dedicaron la mayor parte del tiempo al forrajeo, observándose seis estrategias, picoteo (Pi), sondeo (So), sumergida (Su), enrutamiento (En), barrida (Ba), corrida-parada-picoteo (CPP), siendo picoteo (50% del tiempo invertido) y Sondeo (36.4% del tiempo invertido) las técnicas más usadas (Tabla 5; Figura 15).

**Tabla 5.** Tiempo promedio (en segundos) invertido en forrajero en el área de estudio. N (número de individuos grabados). Picoteo (Pi); Sondeo (So); Sumergida (Su); Enrutamiento (En); Barrida (Ba); Corrida-parada-picoteo (CPP).

Especie	Tiempo promedio de forrajeo en segundos						
	N	Pi	So	Su	En	Ba	CPP
<i>C. minutilla</i>	43	84.5	16.1	0.2	-	-	-
<i>C. pusilla</i>	38	57.5	25.0	9.7	-	5.5	1.2
<i>C. alba</i>	27	95.8	12.0	1.7	-	-	-
<i>C. mauri</i>	17	41.4	51.4	12.7	-	-	0.9
<i>C. himantopus</i>	1	-	29.3	-	-	-	-
<i>A. interpres</i>	18	71.4	9.2	-	10.8	-	-
<i>P. tricolor</i>	1	51.5	2.5	-	-	-	-
<i>T. melanoleuca</i>	4	24.1	84.7	-	-	-	-
<i>T. flavipes</i>	2	10.8	64.4	2.2	-	-	-
<i>T. semipalmatus</i>	6	19.0	11.7	41.2	-	-	0.8
<i>L. griseus</i>	10	9.3	63.6	31.4	-	-	-
<i>N. phaeopus</i>	1	101.1	104.7	-	-	-	-
<i>A. macularius</i>	13	81.2	7.8	-	-	-	2.3
<i>P. squatarola</i>	1	9.6	49.6	-	-	-	-
<i>C. semipalmatus</i>	21	74.6	9.7	-	-	-	5.4
<i>C. nivosus</i>	15	13.7	1.9	-	-	-	71.7
Promedio Total		46.6	34.0	6.2	0.7	0.3	5.1

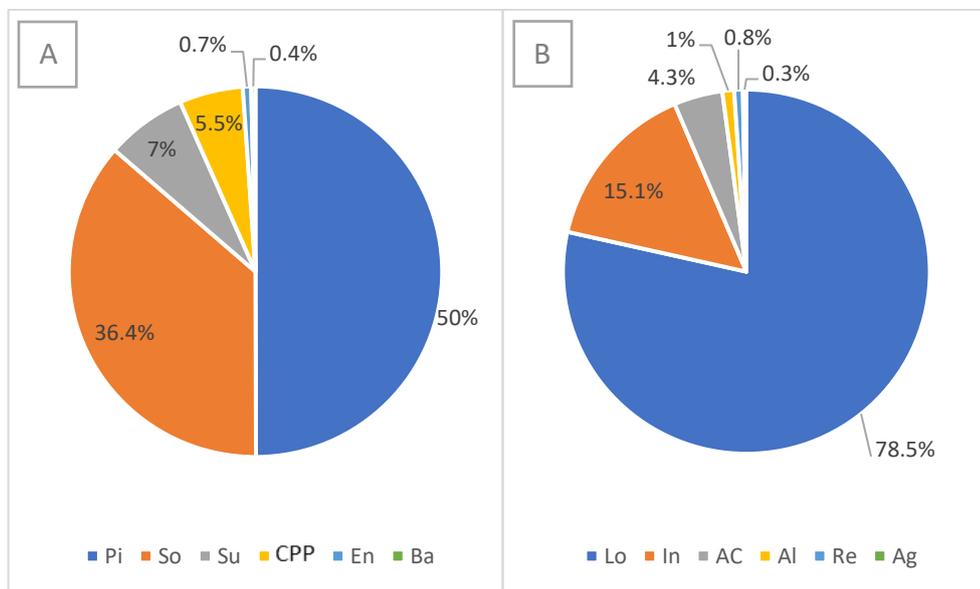
Además, se describieron otros comportamientos realizados por las aves mientras se alimentaban como locomoción (Lo), inmóvil (In), Alerta (Al), Reposo (Re) y Agresión (Ag), siendo locomoción la más común con un 78.5% del tiempo invertido, seguido de inmóvil con un 15.1%. Las especies con mayor tiempo de movilización, generalmente son las que más distancia recorren mientras se alimentan (Tabla 6).

**Tabla 6.** Tiempo promedio (en segundos) invertido otros comportamientos en el área de estudio. N (número de individuos grabados).

Especie	N	Tiempo promedio de otros comportamientos en segundos					
		Lo	In	AC	Al	Re	Ag
<i>C. minutilla</i>	43	12.7	5.4	2.3	0.8	-	0.2
<i>C. pusilla</i>	38	16.0	8.8	1.6	0.1	-	-
<i>C. alba</i>	27	9.5	4.4	0.6	0.7	-	0.6
<i>C. mauri</i>	17	11.7	5.9	0.0	-	-	0.1
<i>C. himantopus</i>	1	5.2	15.1	6.3	-	-	-
<i>A. interpres</i>	18	16.6	6.0	0.5	0.1	-	0.2
<i>P. tricolor</i>	1	76.1	-	-	-	-	-
<i>T. melanoleuca</i>	4	15.8	1.5	-	-	-	-
<i>T. flavipes</i>	2	44.8	0.0	-	-	-	-
<i>T. semipalmatus</i>	6	64.1	1.6	-	-	-	-
<i>L. griseus</i>	10	4.8	-	10.3	4.4	-	-
<i>N. phaeopus</i>	1	34.7	-	-	-	-	-
<i>A. macularius</i>	13	21.3	3.7	0.5	-	4.5	-
<i>P. squatarola</i>	1	97.2	-	-	-	-	-
<i>C. semipalmatus</i>	21	18.0	14.3	0.8	0.1	-	-
<i>C. nivosus</i>	15	20.0	23.4	2.5	-	-	0.8

En cuanto a la descripción del tiempo invertido por cada una de las especies, el principal y único comportamiento registrado para la especie *Calidris himantopus*

fue sondeo, con 29.3 segundos (s) de tiempo invertido en el mismo. De la misma manera, el único comportamiento adoptado por *P. tricolor* fue picoteo (51.5 s). Para la especie *Numenius phaeopus* las técnicas usadas fueron sondeo y picoteo con 104.7 s y 101.1 s de tiempo invertido, respectivamente. *Pluvialis squatarola* también realizó únicamente sondeo (49.6 s) y picoteo (9.6 s).



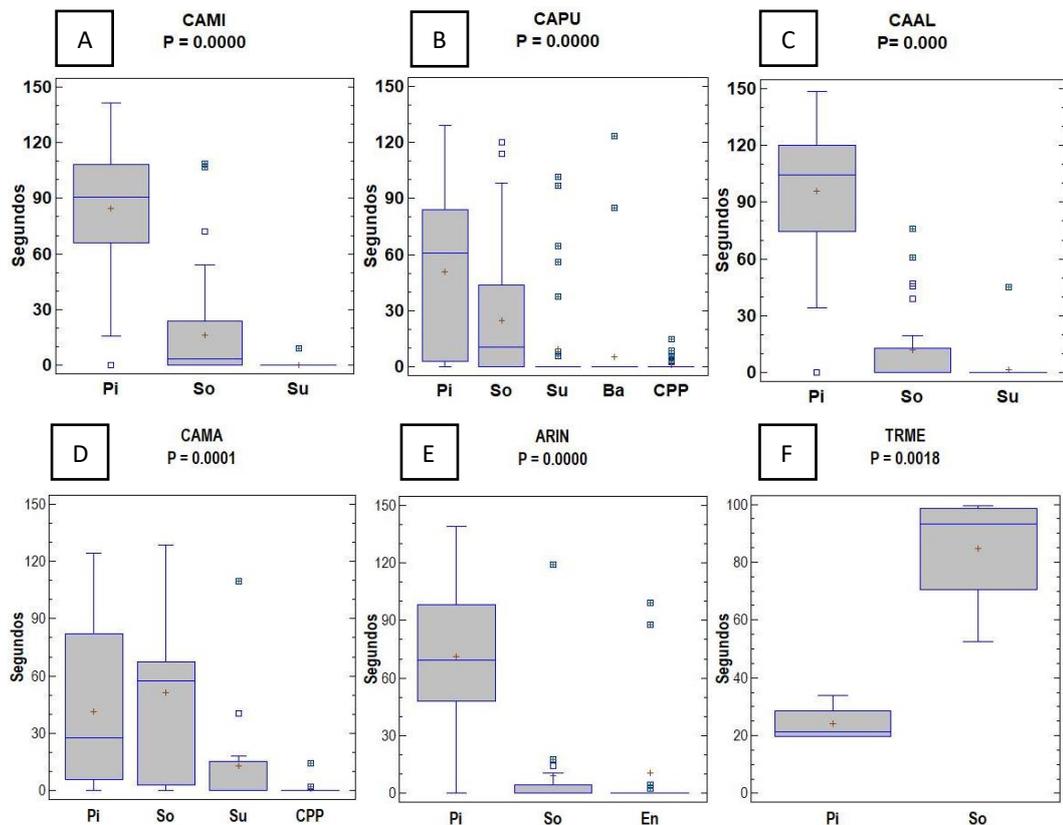
**Figura 15.** Porcentaje del tiempo promedio invertido en (A) forrajeo y (B) otros comportamientos. Picoteo (Pi); Sondeo (So); Sumergida (Su); Corrida-parada-picoteo (CPP); Enrutamiento (En); Barrida (Ba); Locomoción (Lo); Inmóvil (In); Acicalamiento Corporal (AC); Alerta (Al); Reposo (Re); Agresión (Ag).

Para las 12 especies restantes se evaluó el tiempo promedio invertido en cada estrategia para determinar si existían diferencias significativas entre ellas. No se consideraron las cuatro especies anteriores para este análisis debido a que su

comportamiento solamente fue registrado una vez y para evaluar las diferencias significativas (mediante ANOVA) entre comportamientos se requiere un mínimo de dos registros.

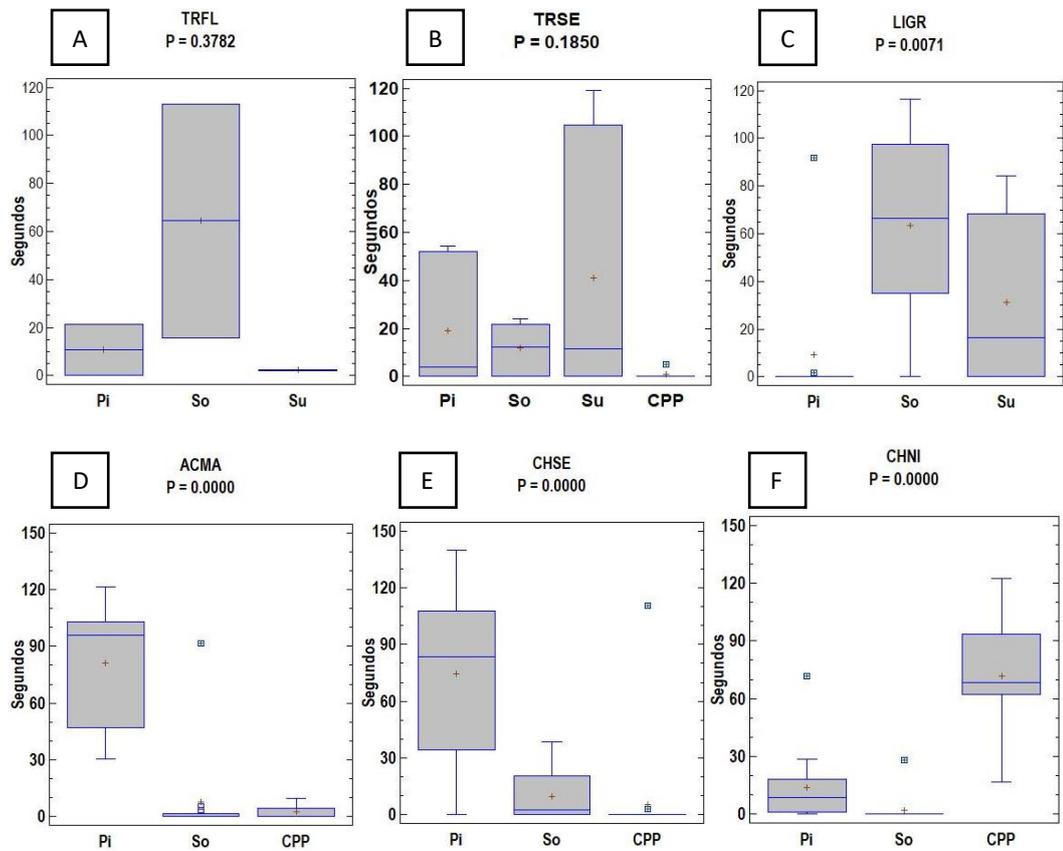
Las siguientes especies mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el comportamiento y estrategias de forrajeo: *C. minutilla* con una mayor inversión de tiempo en picoteo (84.5 s) y sondeo (16.1 s); *C. pusilla*, registró en picoteo y sondeo el mayor tiempo invertido (57.5 s y 25 s, respectivamente) y fue la única especie que exhibió la técnica de barrida (5.5 s); la técnica más usada por *C. alba* picoteo fue picoteo (95.8 s); *Calidris mauri* realizó principalmente picoteo (41.4 s), sondeo (51.4 s) y sumergida (12.7 s); *Arenaria interpres* también registró el mayor tiempo invertido en picoteo (71.4 s) y además fue la única especie que realizó enrutamiento (10.8 s) (Figuras 16 y 17).

Continuando lo anterior, *Tringa melanoleuca* con la técnica de sondeo registró el mayor tiempo invertido (84.7 s); *L. griseus* presentó especialmente las técnicas de sondeo y sumergida (63.6 s y 31.4 s respectivamente); *Actitis macularius* realizó en su mayoría picoteo (81.2 s); *C. semipalmatus* invirtió mayor tiempo en picoteo (74.6 s) y finalmente *Charadrius nivosus* fue la única especie que realizó corrida-parada-picoteo (71.7 s) en mayor proporción (Figuras 16 y 17).



**Figura 16.** Tiempo promedio de inversión en las técnicas de forrajeo en cada especie. A) *C. minutilla* (CAMI); B) *C. pusilla* (CAPU); C) *C. alba* (CAAL); D) *C. mauri* (CAMA); E) *A. interpres* (ARIN); F) *T. melanoleuca* (TRME). Picoteo (Pi); Sondeo (So); Sumergida (Su); Enrutamiento (En); Barrida (Ba); Corrida-parada-picoteo (CPP).

Entre las especies que estadísticamente no se registraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el tiempo invertido en sus técnicas de forrajeo se encuentran: *Tringa flavipes* ( $p = 0.3782$ ), siendo sondeo (64.4 s) su técnica más usada y también *Tringa semipalmata* ( $p = 0.1850$ ) cuya técnica con mayor tiempo invertido fue sumergida (41.2s) (Figura 17).



**Figura 17.** Tiempo de inversión promedio de las técnicas de forrajeo en cada especie. A) *T. flavipes* (TRFL); B) *T. semipalmata* (TRSE); C) *L. griseus* (LIGR); D) *A. macularius* (ACMA); E) *C. semipalmatus* (CHSE); F) *C. nivosus* (CHNI). Picoteo (Pi); Sondeo (So); Sumergida (Su); Corrida-parada-picoteo (CPP).

Por otra parte, se determinó la intensidad, medida en veces por minuto (v/min) de forrajeo para todas las especies, siendo picoteo la técnica que mayor intensidad requiere en la búsqueda de presas y fue utilizada principalmente por *C. minutilla* (44.6 v/min), *C. pusilla* (19.2 v/min), *C. alba* (36.3 v/min), *A. interpres* (26.4 v/min), *P. tricolor* (17.5 v/min), *N. phaeopus* (23 v/min), *A. macularius* (18.5 v/min) y *C. semipalmatus* (11.8 v/min). Con respecto a sondeo, fue la segunda

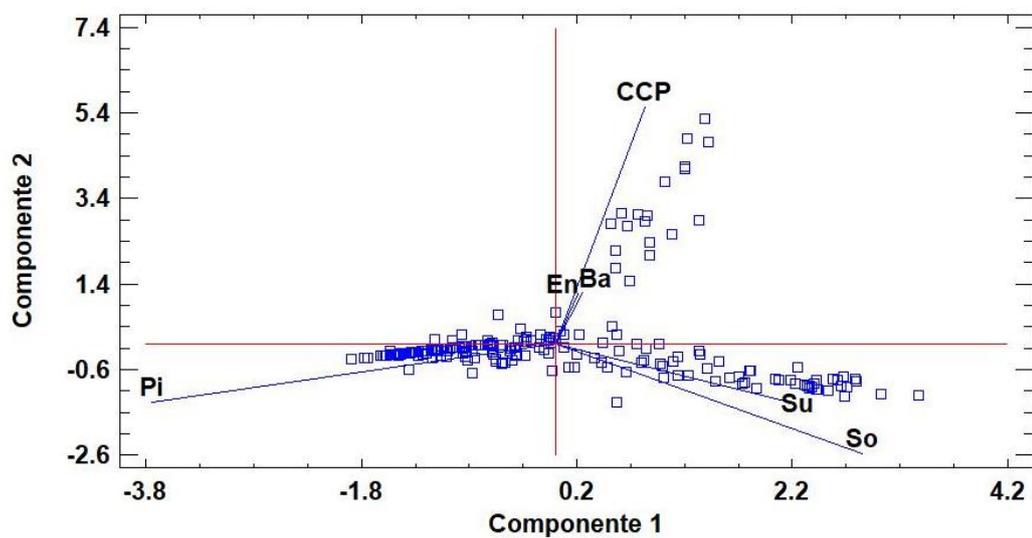
estrategia que requirió más intensidad y fue usada primordialmente por *C. mauri* (21.5 v/min), *C. himantopus* (10.5 v/min), *T. melanoleuca* (25.5 v/min), *T. flavipes* (6 v/min), *L. griseus* (48.4 v/min) y *P. squatarola* (9 v/min) (Tabla 7).

**Tabla 7.** Intensidad de forrajeo y otros comportamientos (veces por minuto). N (número de individuos grabados). Picoteo (Pi), Sondeo (So), Sumergida (Su), Enrutamiento (En), Barrida (Ba), Corrida-parada-picoteo (CPP); Ver códigos de especies en la Tabla 1.

Especie	Intensidad de forrajeo (veces por minuto)						
	N	Pi/min	So/min	Su/min	En/min	Ba/min	CPP/min
<i>C. minutilla</i>	43	44.6	8.3	0.1	-	-	-
<i>C. pusilla</i>	38	19.2	14.7	3.1	-	0.8	0.2
<i>C. alba</i>	27	36.3	4.2	0.7	-	-	-
<i>C. mauri</i>	17	19.4	21.5	3.4	-	-	0.2
<i>C. himantopus</i>	1	-	10.5	-	-	-	-
<i>A. interpres</i>	18	26.4	0.7	-	2.3	-	-
<i>P. tricolor</i>	1	17.5	0.5	-	-	-	-
<i>T. melanoleuca</i>	4	6.9	25.5	-	-	-	-
<i>T. flavipes</i>	2	2.3	6.0	0.5	-	-	-
<i>T. semipalmatus</i>	6	3.7	2.0	8.3	-	-	0.1
<i>L. griseus</i>	10	0.4	48.4	15.3	-	-	-
<i>N. phaeopus</i>	1	23.0	11.0	-	-	-	-
<i>A. macularius</i>	13	18.5	3.3	-	-	-	0.5
<i>P. squatarola</i>	1	3.0	9.0	-	-	-	-
<i>C. semipalmatus</i>	21	11.8	2.1	-	-	-	5.4
<i>C. nivosus</i>	15	4.9	0.4	-	-	-	15.6

La única especie que realizó sumergida con mayor intensidad fue *T. semipalmata* (8.3 v/min). De manera similar, la mayor intensidad de corrida-parada-picoteo fue realizada únicamente por *C. nivosus* (15.6 v/min). Finalmente, las intensidades registradas para enrutamiento y barrida fueron bajas, y realizadas solamente por *C. pusilla* (0.8 v/min) y *A. interpres* (2.3 v/min), respectivamente (Tabla 7).

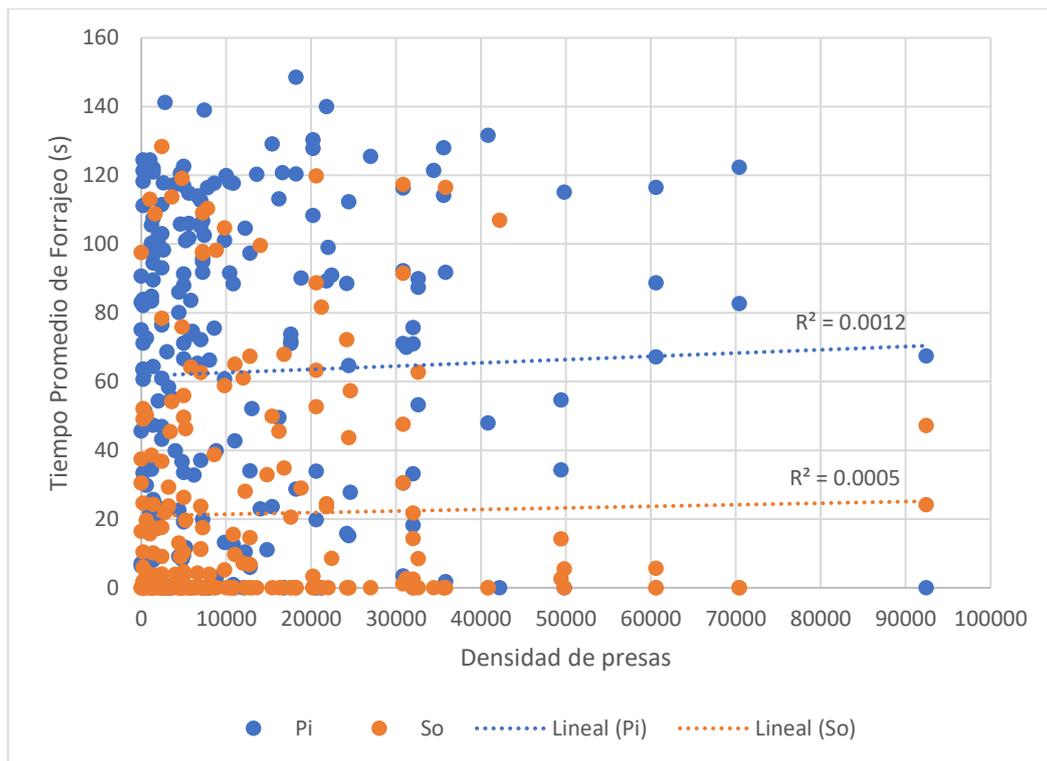
Con respecto a la variación entre los tiempos promedios invertidos en las estrategias de forrajeo, mediante el análisis de componentes principales se determinó que cuatro estrategias (componentes) generan la mayor variación: Picoteo 28.2%, Sondeo: 19.3%, sumergida 17% y corrida-parada-picoteo 16.8%. Estas componentes explican el 81.3% de la variación de los datos, es decir son las más relevantes (Figura 18).



**Figura 18.** Análisis de componentes principales para las estrategias de forrajeo. Picoteo (Pi); Sondeo (So); Sumergida (Su); Enrutamiento (En); Barrida (Ba); Corrida-parada-picoteo (CCP).

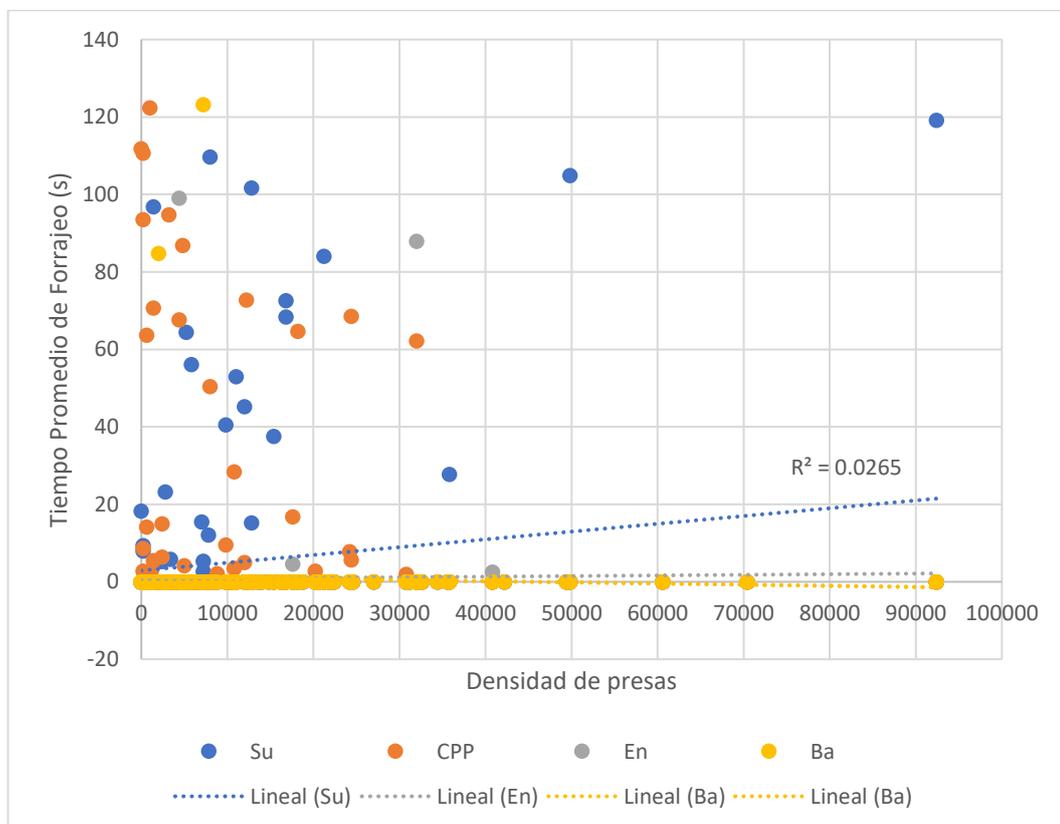
### 8.7. Relación entre forrajero y presas

La correlación entre el comportamiento de picoteo y sondeo de las aves playeras fue ligeramente significativa con respecto a la densidad de presas con una línea de tendencia positiva. Aunque picoteo fue el comportamiento de forrajeo más empleado por las aves, la línea de tendencia fue positiva para ambos (Figura 19).



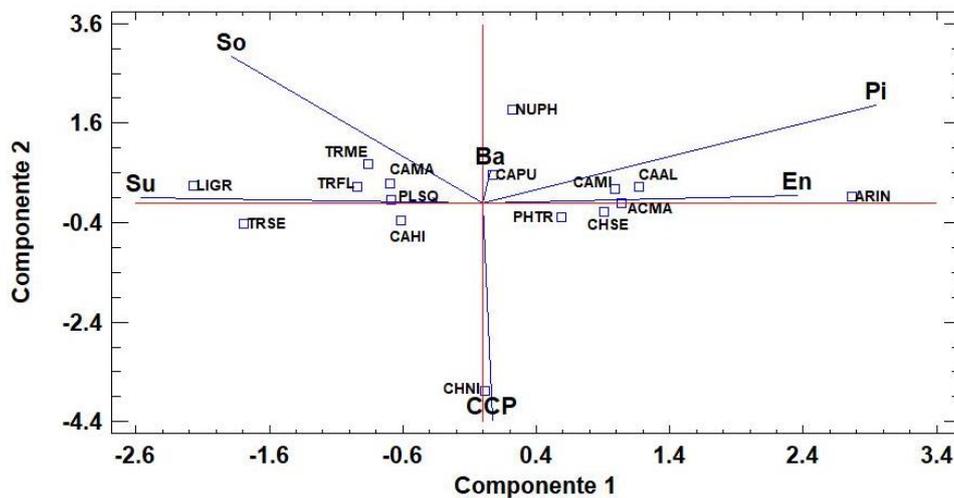
**Figura 19.** Relación entre el tiempo promedio de forrajeo invertido (en picoteo y sondeo) y la densidad de presas de la columna de agua. Pi (picoteo); So (sondeo).

Además, otro comportamiento de forrajeo empleado por las aves playeras y que fue ligeramente significativo con una línea con tendencia positiva fue sumergida, a diferencia de enrutamiento, barrida y corrida-parada-picoteo que fueron comportamientos en los cuales no se evidencio una correlación con la densidad de presas presentes (Figura 20).



**Figura 20.** Relación entre el tiempo promedio de forrajeo invertido (sumergida, corrida-parada-picoteo, enrutamiento y barrida) y la densidad de presas de la columna de agua. Su (sumergida), CPP (corrida-parada-picoteo), En (enrutamiento) y Ba (barrida).

Finalmente, mediante el análisis de componentes principales se determinó como se encuentran asociadas las especies de aves playeras de acuerdo a las técnicas de forrajeo que usan. Tres estrategias (componentes) explican la mayor variación de datos, es decir son más relevantes. Picoteo, sondeo y sumergida explican el 65.7% de la variación (Figura 21).



**Figura 21.** Análisis de componentes principales de las estrategias de forrajeo y las especies de aves asociadas a las mismas. Picoteo (Pi); Sondeo (So); Sumergida (Su); Enrutamiento (En); Barrida (Ba); Corrida-parada-picoteo (CCP).

Las especies que se encuentran asociadas a la técnica de sumergida de manera notable son *L. griseus* y *T. semipalmata*. Por otra parte, *T. melanoleuca*, *T. flavipes*, *C. himantopus*, *P. squatarola* y *C. mauri* se encuentran mayormente vinculadas a sondeo. Las especies agrupadas en relación a picoteo son *C. minutilla*, *C. alba*, *P.*

*tricolor*, *C. semipalmatus* y *A. macularius*. Las especies que muestran una fuerte especialización son *C. nivosus* hacia corrida-parada-picoteo y *A. interpres* hacia enrutamiento (aunque esta especie también está asociada a picoteo). Finalmente, *N. phaeopus* y *C. pusilla* se encuentran relacionados tanto con sondeo como picoteo, aunque *C. pusilla* también está altamente vinculada con barrida (fue la única especie que realizó esta estrategia (Figura 21)).

## 9. DISCUSIÓN

Durante el estudio, se registraron 19 especies de aves playeras migratorias boreales, a diferencia de Ágreda (2012) quien registró 23 especies, el número más alto de especies hasta la actualidad y Del Pezo (2018) cuyo reporte fue de 20 especies. Cabe mencionar que estos estudios abarcaron toda la extensión del humedal de Ecuasal en periodos anuales, a diferencia de esta investigación que solo abarcó tres evaporadores en un periodo de seis meses.

Las aves se encontraron distribuidas de manera similar en las áreas alta y baja salinidad en esta investigación, su abundancia no varió significativamente, sin embargo, el número de especies fue mayor en el sitio de menor de salinidad. Lo último, coincide con lo reportado por Del Pezo (2018), quien también registró una mayor riqueza en áreas de baja salinidad en Ecuasal. Esto ocurre debido a que esta es una zona abierta con bajos niveles de agua y con presencia de vegetación (asemejándose a una marisma natural), lo cual permite que una mayor diversidad de aves pueda encontrar alimento y también camuflarse de sus depredadores.

El número más alto de aves ocurrió entre los meses de marzo y abril, durante su migración reproductiva (desplazamiento hacia sus áreas reproductivas en el norte

del continente), lo que también coincide con Del Pezo (2018) quien reportó abundancias elevadas en la misma época, entre enero y marzo. Por otro lado, en los meses de mayo y junio la abundancia se redujo considerablemente, puesto que las aves emprendieron su migración reproductiva, como también lo informan Agreda et al. (2009), quienes registraron una presencia de aves muy baja (principalmente de *Phalaropus tricolor*) durante este periodo. Cabe mencionar que las bandadas de aves playeras migran hacia sus áreas de reproducción en varios momentos, lo cual explicaría su abundancia entre mayo y junio. Además, pequeños porcentajes de aves playeras migratorias ( $\leq 10\%$ ) pueden permanecer durante todo el verano boreal (junio – septiembre) en Ecuasal.

Navedo & Ruiz (2020) indican que, en muchas poblaciones de aves migratorias boreales, los individuos no migran a las zonas de reproducción durante el primer o primeros años y, en cambio, "pasan el verano" en áreas que no son de reproducción en Sudamérica (este comportamiento ocurre entre las aves playeras migratorias de larga distancia, típicamente especies que exhiben madurez tardía). Los mismos autores mencionan que playeros como *Calidris* spp, pasan su etapa de desarrollo en tales áreas, entre el 35% del ciclo anual (en la etapa de su primer año). La abundancia registrada en mayo y junio, a pesar de ser baja, indica que Ecuasal también se consideraría como un sitio que las aves (como *Calidris* spp. y *L. griseus*, entre otros) usarían para "pasar el verano" durante su etapa de desarrollo. Además,

esto se evidencia porque los individuos registrados en este período, casi en su totalidad, no presentaban plumaje reproductivo.

De acuerdo a estudios realizados en salineras del Caribe sobre presas de aves playeras de acuerdo a su densidad, *Artemia* spp. constituye la principal presa en condiciones de alta salinidad, seguido de *Trichocorixa* spp. y *Ephydra* spp. respectivamente (Tripp & Collazo, 2003; Pérez, 2014). Sin embargo, en este estudio se evidenció que las principales presas en las piscinas de Ecuasal de acuerdo a su mayor densidad fueron *Trichocorixa reticulata*, *Ephydra cinerea* y *Artemia salina* respectivamente, lo cual coincide con lo descrito por Grear & Collazo (1999), quienes indicaron que *Trichocorixa* sp, Diptera y *Artemia* sp, conforman sus principales presas.

En adición a lo anterior, en este estudio se determinó que la abundancia de las aves está relacionada significativamente con la densidad de presas de la columna de agua. Colwell & Landrum (1993) también mencionan que las densidades de aves playeras se correlacionan fuertemente con la abundancia de sus principales especies de presa. En adición, en el estudio realizado por Pedro & Ramos (2009), se menciona que las aves playeras responden a la variación en la densidad de presas (en sitios como las salinas), con una correlación positiva entre la densidad de presas y la densidad de aves para maximizar la ingesta de energía y, en consecuencia, sus

posibilidades de supervivencia. El alto número de presas disponibles en la columna de agua atrae una gran cantidad de aves, las cuales utilizan estos recursos para alimentarse y satisfacer sus necesidades energéticas durante su invernada o migración.

Por otro lado, los estudios mencionados anteriormente (Gear & Collazo 1999; Tripp & Collazo, 2003; Pérez, 2014) no incluyeron las presas de sedimento en sus estudios, las cuales, si fueron incorporados en esta investigación, determinando que los poliquetos (*Notomastus* sp.) también forman parte de sus principales presas por su alta densidad y disponibilidad. Sin embargo, no se encontró una relación significativa entre la densidad de presas de sedimento y las aves. Esto ocurre debido a que las únicas presas con alta densidad (poliquetos) solo se encuentran distribuidos en el área de baja salinidad, y completamente ausentes en los sitios de alta salinidad.

Debido al pequeño tamaño de las presas y al rápido movimiento del pico de las aves al alimentarse, solamente fue posible registrar las presas consumidas en limitadas ocasiones. De acuerdo a las grabaciones focales, las principales presas de agua que fueron observadas siendo consumidas por las aves fueron *E. cinerea* (en estadio de larva y mosca), *T. reticulata* y *A. salina*. Esto también es destacado por Ágreda et al. (2009), quienes mencionan que *Artemia* sp. y *E. cinerea* (mosca) constituyen las

principales presas de *P. tricolor*. Por otro lado, en el sedimento, solamente *Notomastus* sp. (poliqueto), fue observado siendo consumido por las aves de forma notable. Fonseca (2019) reporta que, en ambientes artificiales de baja salinidad, los poliquetos representan más del 86% de las presas, lo cual se asemeja al 86.4 % de la densidad de poliquetos registrada en el área de baja salinidad de este estudio. La misma autora indica que los poliquetos conformaron más del 88% de la biomasa total de presas, mientras que en esta investigación solamente constituyó el 27.3%. Estas son presas de alta calidad, rica en ácidos grasos poliinsaturados que brindan un impulso fisiológico a las aves durante la migración según Quinn & Hamilton (2012).

De acuerdo con Martínez et al. (2019), las redes anidadas ocurren cuando las especies generalistas (con varias interacciones) interactúan con otras especies, y las especies especialistas (con pocas interacciones) también interactúan con las especies generalistas dentro de la red de interacciones. Esto se vio reflejado en este estudio, las especies generalistas interactuaron con otras especies y las especies especialistas también interactuaron con especies generalistas.

Ciertos playeros pequeños (*Calidris* spp.) además de consumir macroinvertebrados, también tienen una dieta omnívora, pues también se ha documentado que consumen las biopelículas (capas de bacterias o algas unicelulares), que forman un

componente importante en su dieta, especialmente en sustratos lodosos (Kuwaie et al., 2012; Quinn & Hamilton, 2012). Esto podría explicar por qué en Ecuasal, en ocasiones los playeros pequeños de género *Calidris* realizaban constante forrajeo sobre los sustratos lodosos, donde usualmente las densidades de presas eran muy bajas.

La mayoría de las especies exhibieron estrategias de alimentación oportunistas, es decir, aprovechaban la mayoría de recursos disponibles y no fueron selectivas de presas específicas. Este comportamiento ha sido destacado por Davis & Smith (2001), quienes explican que las aves no discriminan entre presas rentables y presas no rentables, la adopción de una estrategia de alimentación oportunista les permite aumentar su probabilidad de poder reponer las reservas de energía y nutrientes necesarios durante sus migraciones, y para poder llegar a las áreas de reproducción en buenas condiciones.

Los playeros pequeños *Calidris* spp., *A. interpres*, *A. macularius* y *C. semipalmatus* se alimentaron principalmente en la parte poco profunda del agua ( $\pm 5$  cm), principalmente mediante picoteo, sondeo y con menor frecuencia sumergida donde fueron observados capturando *E. cinera* (larva y mosca), *T. reticulata* y *A. salina*. Sobre los sustratos lodosos se alimentaron generalmente de *E. cinera* (larva y mosca) y *Notomastus* sp. usando picoteo o sondeo. A diferencia de las especies

anteriores, *C. semipalmatus* exhibió una técnica particular que consistió en la vibración de una de sus patas (hundida en el lodo), para provocar la exposición de poliquetos (sus principales presas), y de esta manera capturarlas con picoteos. Este comportamiento también fue reportado por Ruiz (2004). La especie que mostró la mayor especialización fue *C. nivosus*, que solamente se alimentó de *E. cinera* (mosca), a través de la estrategia corrida-parada-picoteo.

En cuanto a las especies medianas *C. himantopus*, *L. griseus*, *P. squatarola* y grandes *Tringa spp.*, sus estrategias más usadas fueron sondeo y sumergida, puesto que su mayor tamaño les permite alimentarse en sitios más profundos del agua ( $\pm 10$  cm). Mediante estas estrategias fueron observadas capturando *T. reticulata* y *A. salina* principalmente, y en el caso de *L. griseus* también poliquetos (*Notomastus* sp.). *P. tricolor* (tamaño mediano) realizó una única técnica, de nadar y realizar picoteos y sondeos para capturar moscas de sal (*E. cinerea*) sobre la superficie de agua o *T. reticulata* y *A. salina* dentro del agua. Finalmente, *N. phaeopus* (tamaño grande) por el contrario solamente fue observado alimentándose en el sedimento con picoteos y sondeos, posiblemente capturando cangrejos pequeños (Haase, 2011; Ruiz, 2004) (que no se registraron en las muestras obtenidas).

## 10. CONCLUSIONES

La mayor abundancia y riqueza de aves playeras migratorias durante su migración reproductiva ocurrió entre marzo y abril, y las especies más abundantes durante el estudio fueron *Calidris pusilla*, *Calidris alba* y *Calidris minutilla*.

La densidad y biomasa de las presas en la columna de agua, está representada principalmente por tres especies, *Trichocorixa reticulata*, *Ephydra cinerea* y *Artemia salina* respectivamente, mientras que, en el sedimento la mayor densidad la conforma *Notomastus* sp. y la mayor biomasa *T. reticulata*.

Las estrategias de forrajeo más usadas por las aves playeras fueron picoteo, sondeo, sumergida y corrida-parada-picoteo, que se usaron para capturar las presas disponibles en la columna de agua y sedimento (principalmente *T. reticulata*, *E. cinerea* y *A. salina* y *Notomastus* sp.).

Se aceptó la hipótesis planteada, existió una relación estadísticamente significativa entre la abundancia de aves y la densidad de sus principales presas de la columna de agua.

## 11. RECOMENDACIONES

Para comprender los cambios en la oferta trófica de los macroinvertebrados en las piscinas de Ecuasal se deben realizar estudios anuales que abarquen los dos periodos migratorios anuales de las aves playeras, porque se ha documentado que los picos más altos de abundancia ocurren entre agosto y octubre. Las condiciones ambientales en esta época seca son diferentes a la época húmeda (cuando se realizó el estudio), lo cual podría incidir un cambio en la comunidad de presas.

Se recomienda incluir evaporadores de salinidad intermedia ( $\pm 60$  ppt) en futuros estudio y así tener una idea más clara de la ecología trófica en el humedal de acuerdo a la salinidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se puede estimar la dieta de aves playeras migratorias de una manera no invasiva, y se recomienda no usar métodos invasivos como la captura de aves mediante redes para extracción de su contenido estomacal (mediante regurgitaciones). Esto podría poner en riesgo a estas especies, las cuales se encuentran amenazadas debido al declive de sus poblaciones.

Finalmente, en este estudio se observaron aves alimentándose sobre sustratos lodosos donde la abundancia de presas era mínima, lo que indicaría que también se alimentan de biopelículas en este humedal. Esto requiere un estudio enfocado en el tema.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Ágreda, A. E. (2012). *Plan de Conservación de las Piscinas Artificiales de Ecuasal periodo 2012 – 2014 y Estudio de Capacidad de Carga Turística* (pp. 108). Aves & Conservación/BirdLife en Ecuador y Ecuatoriana de Sal y Productos Químicos C.A.
- Ágreda, A.E. (2017). *Plan de Conservación para Aves Playeras en Ecuador* (pp. 58). Aves y Conservación / BirdLife en Ecuador, Red Hemisférica de Reservas para aves Playeras.
- Ágreda, A. E., Haase, B., Hernández-Baquero, F., & Villón, R. (2009). Cronología, uso de hábitat y conservación del Falaropo de Wilson *Phalaropus tricolor* en los humedales de Ecuasal. Pp. 16. En Freile, J.F., Cisneros-Heredia, D., Ágreda, A.E, Lara, A. & Santander, T. Memorias II Reunión Ecuatoriana de Ornitología, 26-28 agosto de 2009, Guayaquil. Quito-Ecuador: Aves y Conservación, Fundación Numashir, Universidad San Francisco de Quito.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49(3–4), 227–266.  
<https://doi.org/10.1163/156853974x00534>
- Bala, L. (2014). Humedales costeros y aves playeras. De la generación a la transferencia de la información científica. *Anales de la Academia Nacional*

*de Ciencias de Buenos Aires*, 48, 55–68.

[https://www.researchgate.net/publication/311208085\\_Humedales\\_costeros\\_y\\_aves\\_playeras\\_De\\_la\\_generacion\\_a\\_la\\_transferencia\\_de\\_la\\_informacion\\_cientifica](https://www.researchgate.net/publication/311208085_Humedales_costeros_y_aves_playeras_De_la_generacion_a_la_transferencia_de_la_informacion_cientifica)

Bala, L. O., Hernández, M. A., & Musmeci, L. R. (2008). *Humedales costeros y aves playeras migratorias* (pp. 120). CENPAT.

[https://www.researchgate.net/publication/267328495\\_Humedales\\_costeros\\_y\\_aves\\_playeras\\_migratorias](https://www.researchgate.net/publication/267328495_Humedales_costeros_y_aves_playeras_migratorias)

Barbosa, A., & Moreno, E. (1999). Evolution of foraging strategies in shorebirds:

An ecomorphological approach. *The Auk*, 116(3), 712–725.

<https://doi.org/10.2307/4089332>

Blanco, D. E., & Canevari, P. (1995). *Situación actual de los chorlos y playeros migratorios de la zona costera patagónica (Prov. de Río Negro, Chubut y*

*Santa Cruz): Humedales para las Américas; Informe técnico / Daniel E.*

*Blanco y Pablo Canevari.* Com.ar.

<https://legischubut.opac.com.ar/pergamo/documento.php?ui=1&recno=38>

273&id=LEGISCHUBUT.1.38273

Colwell, M. A., & Landrum, S. L. (1993). Nonrandom shorebird distribution and

fine-scale variation in prey abundance. *The Condor*, 95(1), 94–103.

<https://doi.org/10.2307/1369390>

- Davis, C. A., & Smith, L. M. (1998). Behavior of migrant shorebirds in Playas of the southern High Plains, Texas. *The condor*, *100*(2), 266–276. <https://doi.org/10.2307/1370267>
- Davis, C. A., & Smith, L. M. (2001). Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the southern Great Plains. *The Auk*, *118*(2), 484–495. <https://doi.org/10.1093/auk/118.2.484>
- De Pauw, N., & Van Damme, D. (1999). *Manual for macroinvertebrate identification*. Comenius.
- Del Pezo, D. (2018). *Abundancia y estructura comunitaria de aves playeras en las piscinas artificiales de una empresa salinera de Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/4421>
- Faria, F. A., Albertoni, E. F., & Bugoni, L. (2018). Trophic niches and feeding relationships of shorebirds in southern Brazil. *Aquatic Ecology*, *52*(4), 281–296. <https://doi.org/10.1007/s10452-018-9663-6>
- Fonseca, J. (2019). *Evaluación experimental de las granjas de camarón como hábitat alternativo para la alimentación de las aves playeras migratorias*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Sinaloa].

- Fonseca, J., & Navedo, J. G. (2020). Shorebird predation on benthic invertebrates after shrimp-pond harvesting: Implications for semi-intensive aquaculture management. *Journal of Environmental Management*, 262(110290), 110290. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110290>
- Friard, O., & Gamba, M. (2016). BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(11), 1325–1330. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12584>
- Froeschner, R. C. (1981). *Heteroptera or true bugs of Ecuador: a partial catalog* (p. 28). Smithsonian Institution Press.
- Google Earth. (s/f). [Planta Ecuasal, Salinas]. Recuperado el 1 de agosto de 2022, de <https://earth.google.com/web/@-2.25588376,-80.93878458,5.87882653a,1889.66281523d,35.00001612y,43.19417693h,0t,0r>
- Grear, J. S., & Collazo, J. A. (1999). Habitat use by migrant shorebirds in a tropical salt flat system. *Vida Silvestre Neotropical*, 7(1), 15-22.
- Haase, B. J. M. (2011). *Aves marinas de Ecuador continental y acuáticas de las piscinas artificiales de Ecuasal*. Aves & Conservación, BirdLife International y Ecuasal SA.

- Kuwae, T., Miyoshi, E., Hosokawa, S., Ichimi, K., Hosoya, J., Amano, T., Moriya, T., Kondoh, M., Ydenberg, R. C., & Elner, R. W. (2012). Variable and complex food web structures revealed by exploring missing trophic links between birds and biofilm: Missing trophic links in food webs. *Ecology Letters*, *15*(4), 347–356. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01744.x>
- Light, S. F., & Carlton, J. T. (2007). *The light and smith manual: Intertidal invertebrates from central California to Oregon* (J. T. Carlton, Ed.; 4a ed.). University of California Press.
- Lincoln, R. J. (1979). *British marine amphipoda : Gammaridea*. British Museum (Natural History).
- Martínez-Falcón, A., Martínez-Adriano, P. C. A., & Dattilo, C. A. (2019). Redes complejas como herramientas para estudiar la diversidad de las interacciones ecológicas. *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*, 265-283. <https://www.researchgate.net/publication/338557692>
- Masero, J. A. (2003). Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodiversity and conservation*, *12*(6), 1157–1173. <https://doi.org/10.1023/a:1023021320448>
- Masero, J. A., Perez-Hurtado, A., Castro, M., & Arroyo, G. M. (2000). Complementary use of intertidal mudflats and adjacent salinas by foraging

waders. *Ardea*, 88(2), 177–191.

[https://www.researchgate.net/publication/258452260\\_Complementary\\_use\\_of\\_intertidal\\_mudflats\\_and\\_adjacent\\_salinas\\_by\\_foraging\\_waders](https://www.researchgate.net/publication/258452260_Complementary_use_of_intertidal_mudflats_and_adjacent_salinas_by_foraging_waders)

McMullan, M., & Navarrete, L. (2013). *Fieldbook of the Birds of Ecuador: including the Galápagos Islands*. Fundación de conservación Jocotoco.

Mitchell, D. W., & Grubaugh, J. W. (2005). Impacts of shorebirds on macroinvertebrates in the lower Mississippi alluvial valley. *The American Midland Naturalist*, 154(1), 188–200. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2005\)154\[0188:iosomi\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2005)154[0188:iosomi]2.0.co;2)

Myers, J. P., Morrison, R. I. G., Antas, P. Z., Harrington, S., Lovejoy, T. E., Salaberry, M., Senner, S. E., & Tarak, A. (1987). Conservation strategy for migratory species. *American Scientist*, 75(1), 18–26. [https://www.researchgate.net/publication/284565944\\_Conservation\\_strategy\\_for\\_migratory\\_species](https://www.researchgate.net/publication/284565944_Conservation_strategy_for_migratory_species)

Navedo, J. G., Arranz, D., Herrera, A. G., Salmón, P., Juanes, J. A., & Masero, J. A. (2013). Agroecosystems and conservation of migratory waterbirds: importance of coastal pastures and factors influencing their use by wintering shorebirds. *Biodiversity and Conservation*, 22(9), 1895–1907. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0516-2>

Navedo, J. G., & Ruiz, J. (2020). Oversummering in the southern hemisphere by long-distance migratory shorebirds calls for reappraisal of wetland

conservation policies. *Global Ecology and Conservation*, 23(e01189).  
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01189>

Naylor, E. (2001). Marine Animal Behaviour in Relation to Lunar Phase. En *Earth-Moon Relationships* (pp. 291–302). Springer Netherlands.

Pedro, P., & Ramos, J. A. (2009). Diet and prey selection of shorebirds on salt pans in the Mondego Estuary, Western Portugal. *Ardeola*, 56(1), 1–11.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3009718>

Pérez, B. D. L. A. (2014). *Density and diversity of migratory shorebirds and their prey in hypersaline lagoons of the Caribbean* [Tesis de maestría, North Carolina State University].  
<https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.16/9945>

Pérez, G. R. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. FEN.

Piersma, T., van Gils, J. A., & Wiersma, P. (1996). Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). En *Handbook of the Birds of the World, Vol. 3: Hoatzin to Auks* (pp. 444–533). Lynx Edicions.

Quinn, J. T., & Hamilton, D. J. (2012). Variation in diet of Semipalmated Sandpipers (*Calidris pusilla*) during stopover in the upper Bay of Fundy, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 90(9), 1181–1190.  
<https://doi.org/10.1139/z2012-086>

Senner, S. E., Andres, B. A., & Gates, H. R. (2017). *Estrategia de Conservación de las Aves Playeras de la Ruta del Pacífico de las Américas*. National Audubon Society.  
[https://pacificflywayshorebirds.org/downloads/ECAPRPA\\_espanol\\_final.pdf](https://pacificflywayshorebirds.org/downloads/ECAPRPA_espanol_final.pdf)

Skagen, S. K., & Knopf, F. L. (1994). Residency patterns of migrating sandpipers at a midcontinental stopover. *The condor*, 96(4), 949–958.  
<https://doi.org/10.2307/1369104>

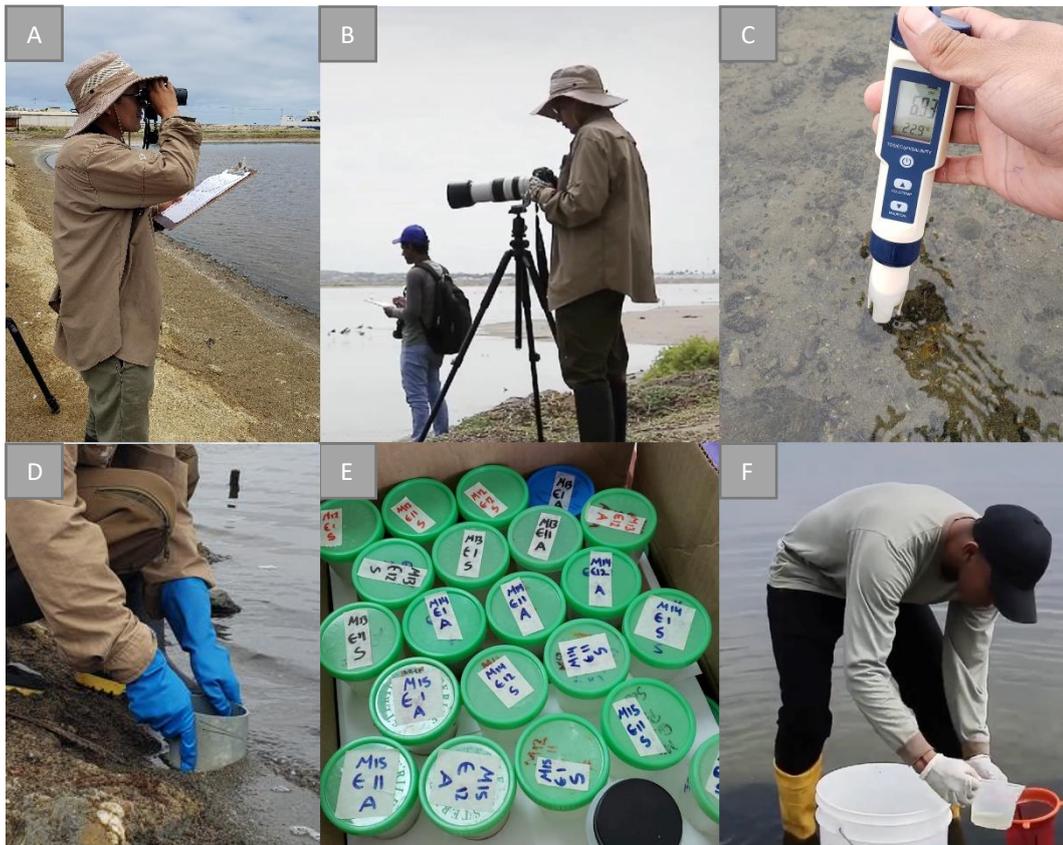
Tripp, K. J., & Collazo, J. (2003). Density and distribution of water boatmen and brine shrimp at a major shorebird wintering area in Puerto Rico. *Wetlands Ecology and Management*.  
<https://doi.org/10.1023/B:WETL.0000005542.46697.1d>

Volpato, G. H., Lopes, E. V., Mendonça, L. B., Boçon, R., Bisheimer, M. V., Serafini, P. P., & Anjos, L. dos. (2009). The use of the point count method for bird survey in the Atlantic forest. *Zoologia (Curitiba, Brazil)*, 26(1), 74–78. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702009000100012>

### 13. ANEXOS



**Fotografía 3.** Individuo de *Calidris alba* registrada con una banda de código NE8, anillada en Petit Cap, Canadá el 20 de octubre de 2021 y nacido ese año (Julie Paquet, comunicación personal, 20 de septiembre, 2022).



**Fotografía 4.** Actividades de muestreo de campo. A) Conteo de aves; B) Grabaciones focales; C) Toma de parámetros del agua; D) Toma de muestras de sedimento; E) Muestras colectadas *in situ*; F) Toma de muestras de la columna de agua.



**Fotografía 5.** Actividades y materiales de laboratorio para el análisis de muestras en el laboratorio de biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. A) Análisis e identificación de organismos; B) Uso de estufa para secar las muestras a  $\pm 100$  °C; C) Uso de la estufa para incinerar muestras. D) Peso de las muestras para obtener la biomasa; E) Muestras incineradas en la mufla; F) Muestras dentro del desecador para evitar la absorción de la humedad.

**Tabla 8.** Abundancia total de aves y densidad total de presas.

<b>Mes</b>	<b>Muestreo</b>	<b>Día</b>	<b>Abundancia Aves playeras</b>	<b>Densidad Presas Agua</b>	<b>Densidad Presas Sedimento</b>
1	1	12	438	54800	56000
1	2	17	208	124000	35250
1	3	26	345	92400	12375
2	4	1	274	111200	6625
2	5	10	275	148000	4250
2	6	16	379	190000	3250
2	7	23	749	89400	4000
3	8	4	888	120000	33375
3	9	10	558	157800	13875
3	10	18	576	146400	14875
3	11	25	407	124000	6250
4	12	1	355	204000	5875
4	13	8	359	285400	8875
4	14	14	497	302400	13875
4	15	21	361	216600	10000
5	16	18	107	229000	7625
5	17	25	144	246400	8500
6	18	3	188	155000	11500
6	19	9	149	230400	24125
6	20	14	167	189000	24750
6	21	20	106	108800	24500

**Tabla 9.** Densidad de presas de la columna de agua por mes y evaporador.

Mes	Eva	THRE	LUMB	EPCI	ARSA	GAM	ANF	RHAG
1	1	6983.3	0	0	0	66.6	16.6	0
2	1	11600	12.5	12.5	0	75	12.5	0
3	1	20600	0	0	0	175	37.5	12.5
4	1	38000	0	12.5	0	125	0	0
5	1	21300	0	0	0	75	0	0
6	1	16737.5	12.5	0	0	100	50	0
1	11	7050	0	866.6	150	0	0	16.6
2	11	5162.5	0	162.5	300	0	0	0
3	11	4737.5	0	62.5	1625	0	0	12.5
4	11	12062.5	0	200	287.5	0	0	0
5	11	7825	0	1900	2875	0	0	0
6	11	7600	0	3125	2062.5	0	0	0
1	12	3683.3	0	3483.3	283.3	0	0	0
2	12	13750	0	2412.5	162.5	0	0	0
3	12	5375	0	1300	325	0	0	0
4	12	8975	0	2212.5	1150	0	0	0
5	12	5725	0	18975	750	0	0	0
6	12	3387.5	0	9187.5	437.5	0	0	0

**Tabla 10.** Densidad de presas de la columna de agua por mes y evaporador.

Mes	Eva	THRE	NOTO	LUMB	EPCI	GAM	MUSC	RHAG	DIPT
1	1	0	6781.2	104.1	31.2	177.1	0	197	0
2	1	0	234.3	7.8	39.1	0	0	125	0
3	1	0	2617.1	93.7	0	7.8	15.6	78	0
4	1	234.3	734.3	7.8	0	7.8	7.8	23	234.3
5	1	0	859.3	15.6	15.6	15.6	0	31	0
6	1	23.4	4437.5	39.1	0	39.1	54.6	0	23.4
1	11	0	20.8	0	156.2	0	20.8	10	0
2	11	0	0	0	78.1	0	7.8	0	0
3	11	15.6	7.8	0	70.3	0	15.6	15	15.6
4	11	23.4	0	0	156.2	0	0	0	23.4
5	11	0	0	0	281.2	0	0	0	0
6	11	0	0	0	250	0	0	0	0
1	12	0	0	0	427.1	0	0	0	0
2	12	0	0	0	359.3	0	15.6	0	0
3	12	195.3	0	0	156.2	0	54.6	0	195.3
4	12	0	0	0	414.1	0	0	0	0
5	12	0	0	0	609.3	0	0	0	0
6	12	0	0	0	382.8	0	0	0	0

**Tabla 11.** Biomasa de presas de la columna de agua y sedimento por mes y evaporador.

		COLUMNA DE AGUA				SEDIMENTO			
Mes	Eva	THRE	EPCI	ARSA	GAM	THRE	NOTO	EPCI	GAM
1	1	9.29243301	0	0	0.01777778	10.7388627	1.24892658	0.15068506	0.085
2	1	15.4356405	0.00869638	0	0.02	1.69560989	0.04316567	0.18835633	0
3	1	27.4115685	0	0	0.04666667	28.4014657	0.4820166	0	0.00375
4	1	50.5650293	0.00869638	0	0.03333333	30.5209781	0.13525242	0	0.00375
5	1	28.3430296	0	0	0.02	2.54341484	25.5060912	0.07534253	0.0075
6	1	22.2718994	0	0	0.02666667	0.84780495	0.81726993	0	0.01875
1	11	9.38114359	0.60294916	0.03978896	0	12.9996759	0.00383695	0.7534253	0
2	11	6.86952536	0.11305297	0.07957792	0	2.96731731	0	0.37671265	0
3	11	6.30399542	0.04348191	0.43104708	0	17.3800014	0.00143886	0.33904139	0
4	11	16.0510701	0.13914211	0.07626218	0	3.81512226	0	0.7534253	0
5	11	10.4124041	1.32185009	0.76262175	0	0	0	1.35616554	0
6	11	10.1130059	2.17409554	0.54709821	0	1.69560989	0	1.20548048	0
1	12	4.90125942	2.42339183	0.07515693	0	14.6952858	0	2.05936249	0
2	12	18.2965566	1.67840175	0.04310471	0	9.74975689	0	1.73287819	0
3	12	7.15229032	0.90442374	0.08620942	0	4.66292721	0	0.7534253	0
4	12	11.9426615	1.53925964	0.3050487	0	9.32585442	0	1.99657705	0
5	12	7.61802086	13.2011081	0.19894481	0	0.84780495	0	2.93835867	0
6	12	4.50760623	6.39184088	0.11605114	0	0	0	1.84589199	0

**Tabla 12.** Abundancia de aves por mes.

<b>Especie</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
CAMI	244	283	460	368	1	0
CAPU	429	720	783	253	1	14
CAAL	157	365	467	292	42	83
CAMA	17	61	49	3	0	33
CAHI	0	0	2	7	0	0
CAME	0	0	9	4	0	0
CAFU	0	0	0	0	1	0
ARIN	6	88	137	213	66	178
PHTR	0	0	321	283	52	0
TRME	0	7	4	6	4	7
TRFL	0	1	22	49	0	2
TRSE	5	10	5	5	0	2
LIGR	0	0	2	0	64	227
NUPH	0	1	1	0	0	0
ACMA	12	8	20	28	0	0
LIHA	0	0	0	1	0	0
PLSQ	5	28	13	22	5	23
PLDO	0	0	0	18	6	1
CHSE	102	98	121	13	1	8
CHNI	11	4	11	5	7	19
HAPA	3	3	2	2	1	13

**Tabla 13.** Ficha de campo para conteo de aves y toma de parámetros ambientales.

Número de Muestreo:							
Fecha:							
Número de Evaporador:							
Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4	
Hora:		Hora:		Hora:		Hora:	
Clima:		Clima:		Clima:		Clima:	
Parámetros Ph: Temperatura: Salinidad:		Parámetros Ph: Temperatura: Salinidad:		Parámetros Ph: Temperatura: Salinidad:		Parámetros Ph: Temperatura: Salinidad:	
Especie	Número de individuos						

**Tabla 14.** Ficha para análisis de muestras e identificación de macroinvertebrados.

Número de Muestreo:							
Fecha:							
Número de Evaporador:							
Tipo de muestra: Agua / sedimento							
Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4	
Especie	Número de individuos	Especie	Número de individuos	Especie	Número de individuos	Especie	Número de individuos