

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” *Rostrhamus sociabilis major* (NELSON & GOLDMAN 1933) EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜJJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

ABIZAI CLEMENTE CHINCHILLA RODRÍGUEZ

ILIANA GUADALUPE BARIAS ÁLVAREZ

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, A LOS 16 DÍAS DEL MES DE MAYO, 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” *Rostrhamus sociabilis major* (NELSON & GOLDMAN 1933) EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜJJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

ABIZAI CLEMENTE CHINCHILLA RODRÍGUEZ

ILIANA GUADALUPE BARIAS ÁLVAREZ

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA

**Docente asesora de investigación**

LIC. MILAGRO ELIZABETH SALINAS DELGADO \_\_\_\_\_

CIUDAD UNIVERSITARIA, A LOS 16 DÍAS DEL MES DE MAYO, 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” *Rostrhamus sociabilis major* (NELSON & GOLDMAN 1933) EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜJJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

ABIZAI CLEMENTE CHINCHILLA RODRÍGUEZ

ILIANA GUADALUPE BARIAS ÁLVAREZ

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA

**TRIBUNAL CALIFICADOR**

---

LIC. DORA ALICIA ARMERO

MSC. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, A LOS 16 DÍAS DEL MES DE MAYO, 2018

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

DR. MANUEL DE JESÚS JOYA

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

ING. NELSON BERNABÉ GRANADOS

**SECRETARIO GENERAL**

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS

**FISCAL**

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARTIN

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**DECANO**

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA

**VICE DECANO**

LIC. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA APARICIO

**SECRETARIA**

LICDA. DAMARIS MELANY HERRERA TURCIOS

**DIRECTORA ESCUELA DE BIOLOGÍA**

MSC. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, A LOS 16 DÍAS DEL MES DE MAYO, 2018

## **DEDICATORIA**

“A mis padres Clemente Chinchilla López y María Amparo Rodríguez, por su amor, apoyo y confianza. Gracias por ser lo mejor de mi vida”

*Abizai C. Chinchilla Rodríguez*

“Eres una mujer que ha luchado incansablemente por mí y has hecho hasta lo imposible por verme ser feliz; este proyecto que he llevado a cabo es un logro, que sin duda en gran parte es gracias a ti. Por tu paciencia, enseñanza, cuidados y amor gracias Mamá”

*Iliana G. Barías*

## AGRADECIMIENTOS

A nuestra queridísima asesora Licda. Milagro Salinas, por su tiempo y dedicación en cada una de las etapas de este proyecto, así también por su apoyo incondicional cuando las circunstancias fueron difíciles. Además, por la paciencia, sinceridad y conocimientos compartidos durante la carrera y ejecución del proyecto de graduación.

A nuestros jurados MSc. Ana Martha Zetino Calderón y Licda. Dora Alicia Armero por contribuir con sus observaciones y sugerencias al enriquecimiento de este trabajo.

Al equipo administrativo y de guarda recursos del Parque Nacional San Diego y San Felipe Las Barras: Licda. Idalma Aldana Pacheco, Jesús Martínez, José Roberto Martínez, Alex Tejada, Carlos Tejada, Oscar Aguilar, Karla Navarro, Douglas Colindres y Joel Aguilar, por su apoyo y solidaridad en las gestiones logísticas, así como la apertura al uso de las instalaciones del parque, el traslado y acompañamiento a los sitios de muestreo, y por brindarnos un ambiente de armonía y amistad. Han sido parte fundamental en la realización de nuestro trabajo de graduación.

A Ing. Rutilio Parada por sus muestras de amistad, apoyo y asesoría con la elaboración de mapas. Gracias por compartir parte de su conocimiento y experiencia durante nuestros muestreos.

A MSc. Nohemy Ventura por sus conocimientos, disposición y colaboración en la identificación de especies vegetales colectadas en los sitios de muestreos.

A doña Rina Calderón y don Fernando, de la Laguna de Metapán, quienes amablemente nos brindaron acompañamiento e información durante la planeación de nuestro proyecto.

Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales por brindarnos los permisos para la realización de nuestra investigación científica.

*Iliana Barias y Abizai Chinchilla*

A Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo por la salud, inteligencia y paciencia durante el desarrollo de este proyecto, y a las bendiciones a largo de mi vida. Y a nuestra Madre Santísima Virgen por escuchar nuestras suplicas e interceder en mis oraciones.

A mis padres Irma de Barías (Mimita) por ser una madre abnegada, por darme su amor y apoyo incondicional, ser mi enfermera personal y fortaleza en todo mi caminar. Rodolfo Barías (Fifito) por ser mi padre, con el que puedo establecer horas de pláticas sensatas, serias y profundas. Los amo y eternamente agradecida por darme su ánimo durante esta etapa de mi vida. A mi hermano Henry (Leo) por ser mi apoyo y sorprenderme con sus inventos desde pequeño, por ser siempre mi hermanito del cual estoy orgullosa. A mi hermana Marta (Tita) por ser parte de mi vida, por ser mi apoyo y por mantenernos unidas a pesar de las adversidades, creciendo juntas y compartiendo momentos que las guardo en mi corazón por siempre.

A mi abuelito Santiago (Q.E.P.D) por sus sabios consejos, por su amor y cuidados, que desde el cielo sigue estando a mi lado. A mi abuelita Ana por cuidarme y alentarme con sus oraciones y muestras de cariño. Mis tíos Magdalena y Miguel Álvarez, mis primos-hermanos Diego y Samuel Álvarez, mi tía Sandra Álvarez e Isabel Palacios (Chave), mi ahijada Karlita Álvarez, por brindarme su apoyo incondicional, amor y cariño durante toda mi vida. Mi tía postiza Digna Portillo, por darme su cariño, consejos y apoyo en todo momento; también a Moisés Hernández por la amistad sincera y aprecio a mi familia y por acompañarnos en viajes realizados al sitio de muestreo. A Cristian Hernández mi hermano postizo, por ser sincero y fiel a mi familia. Tía Reina Rogel, por apoyarme en la distancia, mostrar aprecio sincero y proporcionar equipo de campo.

A la familia Chinchilla Rodríguez, a Don Clemente Chinchilla (de grata recordación), Sra. Amparo Rodríguez, Rocío y Jacqueline Chinchilla, Sra. Elvira López y Don Luis Rodríguez por hacerme sentir parte de su familia en todo momento, con sus atenciones, muestras de cariño y apoyo incondicional a mi persona y mi familia.

Agradezco a Dios por la bendición de una amistad sincera, incondicional y leal de Ivania García, que siempre ha compartido buenos y malos momentos conmigo. A Ronald Hernández por su amistad sinceridad y su disposición a colaborarnos y acompañarnos en muestreos realizados. Agradecida con mis compañeras, amigas y colegas Gretel Fonseca,

Wendy Soto, Raquel Alvarado y Martha López, quienes compartieron en su preciso momento sus conocimientos, cariño y apoyo incondicional.

Al cuerpo docente de la Escuela de Biología que han brindado sus conocimientos para la formación en la licenciatura. En especial a Licda. Milagro Salinas por su motivación y conocimientos impartidos en cada una de las materias que tuve el honor de tenerla como mi instructora de laboratorio; MSc. Nohemy Ventura, por sus enseñanzas, apoyo y buenos deseos a mi persona y familia; MSc. Virginia Guerrero por ser una excelente persona, compartir sus conocimientos y por su amistad sincera; Licda. Mirian de Galán por los conocimientos brindados en zoología, el cual fue de mucha motivación para seguir en la rama de la ornitología. También agradecida con Licda. Dora Alicia Durán, MSc. Yanira López, MSc. Francisco Chicas, Licdo. Jorge Santamaría, M.Es. Osmín Pocasangre por ser excelentes docentes y transmitir sus conocimientos, brindar apoyo y su muestra de sinceridad.

A Maryory Velado y José Pablo, por ser unas personas excelentes, sinceras y solidarias; estaré agradecida por su amistad, apoyo y conocimiento que comparten conmigo.

Y finalmente agradecida con el amor de mi vida, mi mejor amigo y compañero de trabajo, Abizai Chinchilla, gracias por ser tolerante, paciente y respetuoso en esta etapa tan importante de nuestras vidas; así como también por ser tierno y delicado desde el primer momento que nos conocimos, por compartir una y mil tazas de café, por una y mil sonrisas, por soportar y ser de mí una mejor y feliz persona. ¡TE AMO MI AMOR!

*Iliana G. Barías*

A mi padre celestial por su bendición desde el primer día de estudio. Gracias mi Dios por cuidar cada uno de mis pasos y regalarme la bendición de culminar con éxito esta gran etapa de mi vida.

A mi madre María Amparo Rodríguez y mi padre Clemente Chinchilla López por acompañarme en cada momento de mi carrera, brindarme su apoyo, inspiración y sobre todo felicidad. Han sido mi ejemplo, mi orgullo y mi razón para seguir adelante. Son los mejores.

A mis hermanas: Génesis Chinchilla con quien he compartido muchos momentos de alegría y aprendizaje, y a Jacqueline Chinchilla por su comprensión, sinceridad y cariño, ambas son parte muy importante en mi vida.

A mis abuelos maternos Luisa Rodríguez y Luis Rodríguez por todo el amor y enseñanzas durante mi infancia y mi abuela paterna Elvira López, gracias por su cariño y por cada café que amablemente me ofreció cuando las jornadas fueron largas.

A mi tío Walter Rodríguez por facilitarme bibliografía y equipo durante mis estudios; Mi primo Reyes Chinchilla a quien considero como un hermano, gracias por tu apoyo en cada momento, y por colaboración en la traducción de artículos; mi prima Cindy Romero y Alcaldía Municipal de Ciudad Arce por su ayuda a través de una beca, la cual fue de mucha ayuda durante mis estudios.

A la familia Barias-Álvarez, en especial a Irma Gladis de Barias por el apoyo, confianza y cariño brindado en cada etapa de la carrera.

A mi compañera, amiga, y novia Iliana Barias, por cada momento compartido en estos años de estudio. Gracias por permitirme caminar juntos, aunque el camino en muchas ocasiones fue complicado, gracias por estar ahí. Gracias por ser mi compañera de trabajo, por los consejos brindados en los momentos difíciles; gracias por cada sonrisa y sobre todo por las alegrías y éxitos compartidos. ¡Te amo mi princesa!

A mis amigos y compañeros Ivania García, Ronald Torres, Eduardo Leiva, Wendy Soto, Miguel Rojas, Marvin Pineda y Raquel Alvarado por los momentos en que compartimos estudio, viajes y muchas alegrías.

A Christian Aguirre y Aaron Ramírez por su amistad y apoyo. En cada pajareada compartida siempre hubo aprendizaje y sobre todo buena convivencia.

A Guillermo Funes con quien compartí cursos, talleres y pajareadas. Gracias por siempre estar dispuesto en ayudarme a la identificación de cantos y especies.

A don Julio Rivera por brindarme su amistad desde los primeros días de mi carrera, gracias por los consejos y cafés compartidos.

A las Licenciadas y amigas Delmy Palacios e Iselda Vega por sus enseñanzas, apoyo y consejos. Gracias por su confianza y amistad.

A los Licenciados Maryory Velado y David Pablo, con quienes compartí proyectos en los cuales aprendí mucho de su experiencia, gracias por su amistad y consejos.

A la generación de Olímpicos de Biología 2016 y 2017 por su cariño, amistad y por los grandes momentos compartidos. Han formado parte de una etapa muy especial en mi vida.

A todos los docentes de la Escuela de Biología por su conocimiento transmitido a través de sus cátedras, gracias por contribuir a mi formación académica. Especialmente a las Maestras Delfina Herrera y Mirian de Galán por compartir su conocimiento dentro y fuera de las aulas. Sus enseñanzas y consejos fueron de gran ayuda durante mi carrera. Licda. Dora Armero por su apoyo durante mi servicio social en el museo de la Escuela de Biología. Gracias por la confianza y oportunidad que me brindó de aprender a conservar pieles de aves para estudio. A los maestros Francisco Chicas y Jorge Santamaría por incentivar a través de sus cátedras a la investigación y divulgación de la ciencia. Y a la Maestra Rhina Esquivel, por cada oportunidad brindada, por su apoyo, enseñanzas, amistad y consejos.

*Abizai C. Chinchilla Rodríguez*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	N° PÁG.
I. INTRODUCCIÓN.....	22
II. OBJETIVOS.....	24
III. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	25
3.1. Antecedentes.....	25
3.2 Aves rapaces.....	27
3.2.1 Aves rapaces diurnas. Orden Accipitiformes.....	28
3.2.1.1 Familia Accipitridae en El Salvador.....	28
3.3 Gavilán caracolero <i>Rostrhamus sociabilis</i> Vieillot 1817.....	29
3.3.1 Características.....	29
3.3.2 Taxonomía, distribución y estado de conservación.....	30
3.3.3 Hábitos alimentarios.....	32
3.3.4 Uso y selección del parche de forrajeo: rentabilidad del hábitat.....	33
3.3.4.1 Rentabilidad en el consumo de caracoles según los tamaños: modelo de óptima dieta.....	34
3.3.5 Interacciones con <i>Aramus guarauna</i> “carrao” por el recurso alimentario.....	35
3.4. Distribución y características morfológicas del caracol manzana <i>Pomacea flagellata</i> .....	36
3.4.1 Hábitos y comportamiento.....	38
IV. METODOLOGÍA.....	39
4.1 Ubicación y descripción del área de estudio.....	39
4.2 Fase de campo.....	46
4.2.1. Toma de datos sobre comportamiento de forrajeo y estrategias de caza utilizadas por el “gavilán caracolero” <i>Rostrhamus sociabilis</i> .....	46

4.2.2 Determinación de los tamaños de caracoles seleccionados por carrao ( <i>Aramus guarauna</i> ) y gavián caracolero ( <i>Rostrhamus sociabilis</i> ).....	49
4.2.3. Densidad, peso y tamaño de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo.....	54
4.2.4. Vegetación acuática en los sitios de forrajeo. ....	57
4.2.5. Determinación de la rentabilidad del hábitat del sitio de forrajeo y del valor energético de <i>Pomacea flagellata</i> . ....	60
4.2.6. Conteo de individuos de <i>Rostrhamus sociabilis</i> y <i>Aramus guarauna</i> en los sitios de forrajeo. ....	60
4.3. Análisis de resultados... ..	61
4.3.1. Análisis del comportamiento de forrajeo del gavián caracolero <i>Rostrhamus sociabilis</i> .....	62
4.3.2. Análisis de las estrategias de caza .....	63
4.3.3. Evaluación de los tamaños de caracoles depredados por <i>R. sociabilis</i> y <i>A. guarauna</i> .....	64
4.3.4. Determinación de la densidad y tamaños de caracoles disponibles .....	65
4.3.5. Determinación de la rentabilidad de los sitios de forrajeo y del alimento .....	65
V. RESULTADOS .....	67
5.1 Comportamiento de forrajeo .....	67
5.1.1 La Barra .....	67
5.1.2 Rincón del Cuje .....	74
5.1.3 Comportamiento de forrajeo en el sector La Barra y Rincón del Cuje.....	78
5.2 Estrategias de Caza .....	80
5.2.1 Sector de La Barra .....	80
5.2.2 Rincón del Cuje .....	82
5.2.3 Estrategia por sitios de forrajeo .....	83

5.3. Comparación de los caracoles consumidos por <i>Rostrhamus sociabilis</i> y <i>Aramus guaruna</i> .....	84
5.3.1. La Barra .....	86
5.3.2. Rincón del Cuje. ....	88
5.3.3 Caracoles consumidos en Las Barras y Rincón del Cuje.....	91
5.4.Tamaños de caracoles <i>Pomacea flagellata</i> disponibles.....	92
5.4.1. Comparación de caracoles <i>Pomacea flagellata</i> disponibles y consumidos. ....	93
5.4.2. Densidad y peso de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo. ....	96
5.4.3. Comparación de tamaño de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo.....	97
5.5. Vegetación acuática en los sitios de forrajeo .....	98
5.6. Rentabilidad del alimento y de los sitios de forrajeo .....	105
5.6.1. Comparación de la rentabilidad entre los sitios.....	105
5.7. Conteos de <i>Aramus guaruna</i> y <i>Rostrhamus sociabilis</i> en los sitios de forrajeo... ..	106
VI. DISCUSIÓN.....	113
VII. CONCLUSIONES.....	127
VIII. RECOMENDACIONES.....	129
IX. REFERENCIAS .....	130
X. ANEXOS.....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Adultos de <i>R. sociabilis</i> . (a) Individuo macho, con su plumaje característico, patas y base del pico tonalidad naranja. (b) Hembra, tonalidad en el pecho marrón irregular, patas y base del pico amarillentas. Fuente de imágenes: internet. ....	30
<b>Figura 2.</b> Distribución de las subespecies de <i>R. sociabilis</i> . Tomado de Hass et al. 2009. ....	31
<b>Figura 3.</b> <i>Aramus guarauna</i> (Gruiformes: Aramidae), carrao o garza caracolera. Su largo total es de 66 cm aproximadamente; su plumaje de cabeza y cuello es de color grisáceo, patas largas y pico amarillento, largo y curvo. © Abizai Chinchilla 2017. ....	36
<b>Figura 4.</b> <i>Pomacea flagellata</i> “caracol chino” con sus características principales de concha en forma de cono, líneas de crecimiento y con apertura ovalada. Fotografía por © Iliana Barias .....	38
<b>Figura 5.</b> Ubicación del área de estudio en el Complejo de Lago de Güija. Los sitios se representan por estrella de color azul en el Sector de La Barra (Lago de Güija) y Amarilla en Sector de Rincón del Cuje (Laguna de Metapán). Elaborado por: Raquel Alvarado. ....	41
<b>Figura 6.</b> Ubicación de los puntos de observación del sitio de forrajeo en el sector La Barra. Elaboración propia. Fotografía por © Abizai Chinchilla .....	43
<b>Figura 7.</b> Ubicación de los puntos de observación del sitio de forrajeo en el sector Rincón del Cuje. Elaboración propia. Fotografía © Abizai Chinchilla. ....	44
<b>Figura 8.</b> Sitio de forrajeo ubicado en el Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán. Sitio con vegetación emergente, pequeñas pozas con profundidades menores a un metro y troncos secos con potencial a ser utilizada como percha. Fotografías © Iliana Barias .....	45
<b>Figura 9.</b> Sitio de forrajeo ubicado en el Sector Rincón del Cuje, Laguna de Metapán, Metapán. Sitio con alta densidad de vegetación acuática “Jacinto de agua”, y árboles que conforman el bosque que bordea el espejo del agua. Fotografías por © Iliana Barias.....	45
<b>Figura 10.</b> Estrategia de caza (a) desde la percha y (b) en vuelo. Ilustraciones realizadas por © Erick A. Lima y © Kevin A. Álvarez 2017. ....	47
<b>Figura 11.</b> Ciclo de forrajeo de <i>R. sociabilis</i> ; (a.1) búsqueda de alimento desde la percha, (a.2) búsqueda de alimento en vuelo (b) manejo de la presa en vuelo, (c.1, c.2, c.3) manejo de la presa en percha, (d) búsqueda del próximo alimento. Ilustraciones realizadas por © Erick A. Lima y © Kevin A. Álvarez 2017. ....	48
<b>Figura 12.</b> Observaciones del comportamiento de forrajeo de <i>R. sociabilis</i> ; por el método de selección de individuo focal, en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. Fotografía por © Iliana Barias.....	49
<b>Figura 13.</b> Sitios de recolección de caracoles vacíos en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. Elaboración propia. ....	51

<b>Figura 14.</b> Sitios de recolección de caracoles vacíos en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. Elaboración propia.....	52
<b>Figura 15.</b> Recolección de caracoles vacíos consumidos por <i>R. sociabilis</i> en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. Fotografía por © Iliana Barías.....	53
<b>Figura 16.</b> Mediciones realizadas en los caracoles recolectados; LC: largo de la concha. Fotografía por © Iliana Barías .....	53
<b>Figura 17.</b> Muestreo de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo; (a) búsqueda intensiva de caracoles vivos en parcelas de 20x2 m, (b, c y d) medición del largo y peso de caracoles vivos recolectados. Fotografía por © Abizai Chinchilla e © Iliana Barías.....	54
<b>Figura 18.</b> Ubicación de las parcelas para el estudio de caracoles disponibles, en el sitio de forrajeo Sector La Barra. Elaboración propia. ....	55
<b>Figura 19.</b> Ubicación de las parcelas para el estudio de caracoles disponibles en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. Elaboración propia. ....	56
<b>Figura 20.</b> Ubicación de las parcelas para el estudio de la vegetación en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. Elaboración propia.....	58
<b>Figura 21.</b> Ubicación de las parcelas para el estudio de la vegetación en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. Elaboración propia.....	59
<b>Figura 22.</b> Recolección de información en las parcelas de vegetación establecidas en los sitios de forrajeo de <i>R. sociabilis</i> . Fotografía por © Abizai Chinchilla .....	60
<b>Figura 23.</b> Conteo de gavilanes <i>Rostrhamus sociabilis</i> en los dos sitios de muestreo (La Barra y Rincón del Cuje); (a y d) observación y determinación de sexo de individuos, (b) registro por medio de fotografías, (c) anotaciones y registro de números de individuo. Fotografía por © Iliana Barías y © Abizai Chinchilla. ....	61
<b>Figura 24.</b> Búsqueda de alimento utilizando la estrategia de caza en vuelo. Fotografía por © Abizai Chinchilla. ....	68
<b>Figura 25.</b> Búsqueda de alimento utilizando la estrategia de caza desde la percha. Fotografía por © Abizai Chinchilla. ....	69
<b>Figura 26.</b> Juveniles de <i>G. albicaudatus</i> que fueron alejados del espejo de agua por un adulto macho de <i>R. sociabilis</i> . © Abizai Chinchilla.....	69
<b>Figura 27.</b> (a) <i>R. sociabilis</i> alimentándose luego de extraer el caracol del lodo; (b) <i>R. sociabilis</i> manejando la presa en el pico hasta llegar a su percha de alimentación. Fotografías por © Abizai Chinchilla. ....	70
<b>Figura 28.</b> (a) <i>R. sociabilis</i> alimentándose desde su percha; (b) búsqueda del próximo alimento. Fotografías por © Abizai Chinchilla. ....	71

<b>Figura 29.</b> Comparación por madurez del comportamiento de forrajeo de <i>R. sociabilis</i> en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. ....	72
<b>Figura 30.</b> Comparación por sexo del comportamiento de forrajeo de <i>R. sociabilis</i> en el sitio de forrajeo Sector La Barra. ....	73
<b>Figura 31.</b> (a) Manejo de la presa en perchas ubicadas en el borde del espejo de agua y (b) manejo de la presa en troncos abandonados por pescadores y en rocas. Fotografía por © Abizai Chinchilla. ....	75
<b>Figura 32.</b> Manejo de la presa en las garras (a) y en el pico (b) ambos en utilizando estrategia de caza en vuelo. Fotografías por © Abizai Chinchilla .....	76
<b>Figura 33.</b> Comparación por sexo del comportamiento de forrajeo de <i>R. sociabilis</i> en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. ....	77
<b>Figura 34.</b> Inversión de tiempo en la búsqueda del próximo alimento por machos en ambos sitios de forrajeo. ....	78
<b>Figura 35.</b> Inversión de tiempo en la búsqueda de alimento en ambos sitios de forrajeo. ....	79
<b>Figura 36.</b> Comparación de las variables de forrajeo por sitio de forrajeo sector Rincón del Cuje y La Barra. ....	79
<b>Figura 37.</b> Preferencias en la utilización de estrategias de caza por madurez en el sitio de forrajeo Sector La Barra. ....	80
<b>Figura 38.</b> Estrategias de caza utilizadas por sexo en el sitio de forrajeo Sector La Barra. ....	81
<b>Figura 39.</b> Preferencias en la utilización de estrategias de caza por madurez en el sitio de forrajeo sector Rincón del Cuje. ....	82
<b>Figura 40.</b> Estrategias de caza utilizadas por sexo en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. .	83
<b>Figura 41.</b> Comparación de la preferencia de estrategias de caza por sitio de forrajeo sector La Barra y Rincón del Cuje. ....	84
<b>Figura 42.</b> Caracoles vacíos recolectados en los sitios de forrajeo; (a) caracoles depredados por <i>R. sociabilis</i> ; (b) caracoles depredados por <i>Aramus guarauna</i> . Fotografías por © Iliana Barias. ....	85
<b>Figura 43.</b> Caracoles decolorados y dispersos lejos de las perchas de alimentación de <i>R. sociabilis</i> los cuales no fueron recolectados. Fotografía por © Abizai Chinchilla. ....	85
<b>Figura 44.</b> Comparación del largo de caracoles consumidos por <i>R. sociabilis</i> y <i>A. guarauna</i> en el sitio de forrajeo Sector La Barra. ....	86
<b>Figura 45.</b> Comparación de las curvas de densidades del largo de caracoles consumidos por <i>R. sociabilis</i> y <i>A. guarauna</i> en el sitio de forrajeo Sector La Barra .....	87

<b>Figura 46.</b> Búsqueda de caracoles de <i>R. sociabilis</i> en el sitio de forrajeo Sector La Barra. Fotografía por ©Abizai Chinchilla. ....	87
<b>Figura 47.</b> Búsqueda de caracoles por <i>A. guarauna</i> en sitio de forrajeo Sector La Barra. Fotografía por © Abizai Chinchilla. ....	88
<b>Figura 48.</b> Comparación de largo de caracoles consumidos por <i>R. sociabilis</i> y <i>A. guarauna</i> en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. ....	89
<b>Figura 49.</b> Comparación de las curvas de densidades del largo de caracoles consumidos por <i>R. sociabilis</i> y <i>A. guarauna</i> en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. ....	89
<b>Figura 50.</b> Búsqueda de alimento por parte de <i>Aramus guarauna</i> en sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. Fotografías por © Abizai Chinchilla. ....	90
<b>Figura 51.</b> Búsqueda de caracoles en el espejo de agua por parte de <i>R. sociabilis</i> . Fotografía por © Abizai Chinchilla. ....	90
<b>Figura 52.</b> Caracoles consumidos por <i>R. sociabilis</i> en los sitios de forrajeo Sector de La Barra y Rincón del Cuje. ....	91
<b>Figura 53.</b> Comparación de las densidades de caracoles consumidos por <i>R. sociabilis</i> en los sitios de forrajeo Rincón del Cuje y La Barra. ....	91
<b>Figura 54.</b> Largo de caracoles disponibles en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán. ....	92
<b>Figura 55.</b> Largo de caracoles disponibles en el sitio de forrajeo de Rincón del Cuje. ....	93
<b>Figura 56.</b> Largo de caracoles consumidos y disponibles en el sitio de forrajeo el Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán. ....	94
<b>Figura 57.</b> Comparación de las curvas de densidades de las tallas de caracoles consumidas por <i>R. sociabilis</i> y las tallas disponibles de <i>P. flagellata</i> , en el sitio de forrajeo Sector La Barra. ....	94
<b>Figura 58.</b> Largo de caracoles consumidos y disponibles del sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. ....	95
<b>Figura 59.</b> Comparación de las curvas de densidades de las tallas de caracoles consumidas por <i>R. sociabilis</i> y las tallas disponibles de <i>P. flagellata</i> en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. ....	96
<b>Figura 60.</b> Comparación de peso de los caracoles disponibles en los sitios de forrajeo La Barra y el Rincón del Cuje, Metapán. ....	96
<b>Figura 61.</b> Largo de la concha de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo Rincón del Cuje y La Barra, Metapán. ....	97
<b>Figura 62.</b> Comparación de las curvas de densidades de las tallas de caracoles disponibles de <i>P. flagellata</i> en los sitios de forrajeo La Barra y Rincón del Cuje. ....	98

<b>Figura 63.</b> Usos de la vegetación flotante y riparia; (a) <i>Aramus guarauna</i> forrajeando sobre lirio de agua, (b) <i>Rostrhamus sociabilis</i> en busca de alimento desde <i>Mimosa pigra</i> (Riparia) (c) y (d) espacios abiertos entre la vegetación aprovechados para la caza de <i>R. sociabilis</i> ; (e) desove de caracol en <i>E. crassipes</i> . (f) caracoles depredados por <i>A. guarauna</i> sobre la vegetación. Fotografías por © Abizai Chinchilla .....	100
<b>Figura 64.</b> (a) <i>R. sociabilis</i> aprovechando vegetación riparia para alimentarse; (b) dominancia de la cobertura vegetal por <i>E. crassipes</i> . Hacia fuera del espejo de agua se observa la marchitez de individuos de esta especie, debido a la disminución de los niveles de agua. Fotografías por © Abizai Chinchilla .....	101
<b>Figura 65.</b> Abundancia de <i>Rostrhamus sociabilis</i> y <i>Aramus guarauna</i> registrados en el sitio de forrajeo en el Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán. ....	106
<b>Figura 66.</b> Individuos de <i>Rostrhamus sociabilis</i> registrados en el sitio de forrajeo La Barra, Lago de Güija. (a) macho perchado (b) hembra volando sobre el sitio de forrajeo. Fotografías por © Iliana Barias.....	107
<b>Figura 67.</b> Abundancia de <i>Rostrhamus sociabilis</i> registrados en el sitio de forrajeo Sector La Barra .....	108
<b>Figura 68.</b> Abundancias de <i>Rostrhamus sociabilis</i> y <i>Aramus guarauna</i> registrados en el Rincón del Cuje. ....	109
<b>Figura 69.</b> Avistamiento de <i>Aramus guarauna</i> , observados sobre vegetación acuática (a) y sobre el lodo (b) en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje. Fotografías por © Abizai Chinchilla .....	110
<b>Figura 70.</b> Individuos de <i>Rostrhamus sociabilis</i> contabilizados en el sitio de forrajeo del Rincón del Cuje, (a) macho volando sobre el sitio de forrajeo, (b) macho perchado. Fotografías por © Abizai Chinchilla .....	111
<b>Figura 71.</b> Abundancia de <i>Rostrhamus sociabilis</i> registrados en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje. ....	112

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Características principales de las familias del orden Accipitriformes.....	29
<b>Cuadro 2.</b> Composición y cobertura de la vegetación encontrada en Las Barras. ....	102
<b>Cuadro 3.</b> Composición y cobertura de la vegetación encontrada en el Rincón del Cuje. ....	104

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Distribución de porciones dentro del Parque Nacional San Diego y San Felipe Las Barras. Tomado de MARN 2016.....	140
<b>Anexo 2.</b> Hoja de recolecta de datos para la observación de individuo focal.....	141
<b>Anexo 3.</b> Hoja de recolecta de datos para la cobertura y composición de la vegetación acuática..	142
<b>Anexo 4.</b> Hoja de recolecta de datos para morfometría y peso de caracoles Pomacea flagellata disponibles.....	143
<b>Anexo 5.</b> Hoja de recolecta de datos para morfometría de caracoles Pomacea flagellata consumidos. ....	144
<b>Anexo 6.</b> Hoja de recolecta de datos para conteo de gavián caracolero Rostrhamus sociabilis y carrao Aramus guarauna. ....	145
<b>Anexo 7.</b> Resultados de análisis bromatológico. Leyenda: H: humedad; PC: proteína cruda; Cz: Cenizas; E.E: extracto etéreo o grasa; FC: fibra cruda; Cho: carbohidratos. ....	146
<b>Anexo 8.</b> Disminución del nivel del agua en Laguna de Metapán, Rincón del Cuje. Fotografías por © Abizai Chinchilla. ....	147

## RESUMEN

La disponibilidad de alimento es un factor que afecta la distribución y abundancia de todos los animales. Se ve condicionada por la estructura del hábitat, densidad y disponibilidad de presas, y por competencias intraespecíficas e interespecíficas. *Rostrhamus sociabilis* es una rapaz especialista en el consumo de caracoles del género *Pomacea*, y sus hábitos de forrajeo pueden ser modificados de acuerdo con el comportamiento de su presa.

En el presente trabajo, estudiamos los hábitos alimentarios de *R. sociabilis* en el Sector La Barra ubicado en el Lago de Güijja y Sector Rincón del Cuje en La Laguna de Metapán, de enero a mayo de 2017. Evaluamos el comportamiento de forrajeo y éxito de las estrategias de caza utilizadas, la competencia interespecífica con *Aramus guarauna* por el recurso alimentario, la densidad y tamaño de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo, la estructura de la vegetación, la rentabilidad para el forrajeo en ambos humedales y la abundancia de gavilanes caracoleros y carraos en los sitios de caza.

Con relación al comportamiento de forrajeo a nivel global por sitios, encontramos que los tiempos empleados en el manejo de la presa en vuelo, en percha y la búsqueda del próximo alimento fueron similares. Sin embargo, los individuos que forrajeaban en La Barra invirtieron más tiempo en la búsqueda de alimento en comparación a los individuos del Rincón del Cuje ( $W=958.5, P=0.002$ ). Al comparar las estrategias utilizadas por sitio, encontramos que los individuos que forrajeaban en La Barra utilizaron con más frecuencia la caza desde la percha, en cambio los individuos del Rincón del Cuje utilizaron de forma preferente la caza en vuelo ( $X^2=23.058, g.l=1, P<0.05$ ). Pese a ello, no encontramos asociación entre el éxito y la estrategia de caza utilizada ( $X^2=0.10068, g.l = 1, P = 0.751$ ).

Al analizar la selección de presa por *Rostrhamus sociabilis* en el Rincón del Cuje observamos preferencia en el consumo de caracoles de 45mm-50mm de largo; superior a las tallas seleccionadas en La Barra (40mm-45mm) ( $W=459480, P< 0.05$ ).

Las tallas de caracoles consumidos por *R. sociabilis* y *A. guarauna* no registramos en el sector de La Barra ( $t=1.2328, g.l=122.96, P = 0.22$ ), es decir, las especies traslapan su nicho trófico, ambas forrajeaban en los bordes del espejo de agua y los espacios de vegetación acuática discontinua que se formaban en los bordes. Sin embargo, en el sector del Rincón del Cuje encontramos repartición del recurso trófico, los gavilanes cazaban sobre el espejo de agua y los carraos sobre la vegetación acuática compuesta principalmente de *E. crassipes*, las cuales

forman una franja densa en el borde del cuerpo de agua, en este sector las tallas seleccionadas fueron diferentes ( $W= 141390$ ,  $P<0.05$ ), *R. sociabilis* consumió caracoles de mayor tamaño comparado con *A. guarauna*. La vegetación registrada estuvo compuesta principalmente por *Eichornia crassipes* y vegetación riparia menor a 1 m de alto; la cual no obstruía la visión de los gavilanes para la caza, excepto cuando se perchaba en los espacios abiertos sobre la vegetación para cazar, específicamente en el sector de La Barra.

La abundancia de gavilanes en los sitios de forrajeo osciló por día de muestreo, sin embargo, en el sector de La Barra siempre encontramos al menos tres individuos y el número de avistamientos fue más constante que en el Rincón del Cuje, que en ocasiones no observamos individuos. Lo anterior puede estar influenciado por la baja densidad de caracoles ( $0.13$  individuos/ $m^2$ ) y la disminución del espejo de agua; sugerimos que de mantenerse este patrón en el tiempo, los individuos de *R. sociabilis* prefieran forrajear en el sector de La Barra, que en términos de aporte energético es más rentable ( $\bar{x} = 365.92 \pm 473.27$  kcal/h) que el Rincón del Cuje ( $\bar{x} = 58.07 \pm 63.54$  kcal/h) considerando también, que el umbral de densidad necesario para soportar el forrajeo de gavilanes es de  $0.10$   $m^2$ , valor cercano al registrado en el Rincón del Cuje. Por ello recomendamos evaluar a largo plazo la influencia de la disminución de los niveles de agua sobre la densidad y disponibilidad de *Pomacea flagellata* y su efecto en el forrajeo de *R. sociabilis*.

## I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de alimento es un factor que determina la rentabilidad de un parche de forraje, además es un aspecto que afecta la distribución y abundancia de todos los animales. Cada presa disponible proporciona un determinado valor nutritivo, es un recurso limitado en cantidad y por tanto representa un costo energético para el consumidor en su captura y consumo (Gutiérrez 1998). Debido a ello, los depredadores deben realizar actividades que les garantice encontrar, capturar y consumir el alimento que contenga mayor cantidad de energía, mientras reduce el tiempo invertido en la manipulación de este (MacArthur y Pianka 1966), dado que las tasas energéticas obtenida son necesarias para suplir los gastos implicados en la reproducción y supervivencia de los animales.

El presente estudio se analizan los hábitos alimentarios de *Rostrhamus sociabilis*, gavilán especializado en el consumo casi exclusivo de caracol de agua dulce del género *Pomacea* (Beissinger *et al.* 1994; Estela y Naranjo 2005); su pico altamente especializado para la depredación le permite ser preciso con el consumo de su presa, cortando la articulación del músculo columelar dentro de la primera espiral de la concha del caracol (Snyder y Snyder 1969; Beissinger *et al.* 1994). Dicha investigación la realizamos en dos humedales del Complejo Güija, reconocidos como Sector Rincón del Cuje (Laguna de Metapán) y el Sector La Barra (Lago de Güija).

Para identificar los comportamientos asociados a la especialización de *R. sociabilis* al consumo de caracoles *Pomacea flagellata* realizamos observaciones directas por individuo focal, el cual nos permitió identificar y medir el tiempo que invertía el gavilán en la búsqueda, captura, manejo de la presa en vuelo y la ingesta total del molusco; a su vez, logramos determinar el éxito de caza según la estrategia empleada, ya fuese visualización de la presa en vuelo o desde la percha.

Los comportamientos de *R. sociabilis* pueden ser modificados de acuerdo a las características del hábitat, densidad de la presa o presencia de un depredador que busque y aproveche el mismo recurso; por ello, comparamos las tallas depredadas por el gavilán caracolero y por las de *Aramus guarauna* especialista en el consumo de caracoles, y así evidenciar la existencia de traslape en la selección de tallas o repartición de recursos. A su vez, utilizamos cuadrantes de longitud variables para determinamos la densidad y tallas de caracoles vivos

disponibles en los parches de forrajeo, como también la composición y cobertura de la vegetación, con el fin de descartar si este componente afectaba o no el comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis*.

Para determinar la rentabilidad que ofrece cada uno de los humedales, realizamos análisis del aporte energético que le ofrece los caracoles ya sea tallas medianas o grandes en función del tiempo que los individuos invierten para la búsqueda y manejo de la presa. Considerando que un depredador abandona un parche de forrajeo cuando la rentabilidad que ofrece es baja (MacArthur y Pianka 1966). A su vez, realizamos conteos de gavilanes con el fin de registrar como se encuentra la población de *R. sociabilis* para ambos humedales.

El presente estudio constituye la primera investigación acerca de los hábitos alimentarios en aves rapaces diurnas de El Salvador, principalmente en una rapaz especialista como *R. sociabilis*, que servirá como base para futuras investigaciones en las poblaciones del gavilán caracolero en otros humedales, que estén orientados a la planificación y ejecución de programas de conservación en las poblaciones y los humedales en que forrajea el gavilán caracolero.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Reconocer los hábitos alimentarios del gavián caracolero *Rostrhamus sociabilis major* en dos humedales del Complejo Güija, Santa Ana, El Salvador.

### Objetivos específicos

- Identificar el comportamiento de forrajeo y éxito de caza según las estrategias utilizadas por *R. sociabilis* en dos humedales del Complejo Güija.
- Analizar los tamaños de caracoles seleccionados y sitios de forrajeo entre carrao *Aramus guarauna* y *R. sociabilis* en dos humedales del Complejo Güija.
- Determinar la densidad y tamaño de los caracoles disponible en los sitios de forrajeo de *R. sociabilis* en dos humedales del complejo Güija
- Determinar la composición y cobertura de la vegetación acuática en los sitios de forrajeo de *R. sociabilis* en dos humedales del Complejo Güija
- Establecer la rentabilidad de los sitios de forrajeo y alimento de *R. sociabilis*
- Cuantificar el número de gavilanes caracoleros y carraos presentes en los sitios de forrajeo.

### III. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes

El primer estudio detallado de aves en El Salvador fue realizado entre 1912 y 1927 por Dickey y Van Rossem (1938) quienes visitaron diferentes ecosistemas y registraron 446 especies de aves. Describieron su temporada de anidación y hábitos alimentarios, en su lista incluyen 44 especies de aves rapaces. En 1943 Marshall agrega 10 nuevas especies de aves para El Salvador, incluyendo una rapaz nocturna (*Aegolius rigdwayi*), posteriormente Felten y Steinbacher (1955) recolectaron 199 individuos de aves, procedentes de 84 especies, incluyendo ocho especies de aves rapaces, la mayor parte de ellas descritas por Dickey y Van Rossem (1938).

Los estudios basados en hábitos alimentarios y comportamiento de forrajeo se han enfocado en aves acuáticas, en ese sentido Benítez (1981) evaluó el traslape en la selección de alimento, inversión en actividades de forrajeo y cantidad de alimento consumido en tres especies de rálidos (Rallidae). Asimismo, Vega (2009) identificó las especies de peces que forman parte de la dieta del “cormorán neotropical” *Phalacrocorax brasilianus* y el impacto que este ejerce en la pesca local.

Los estudios en aves de presa se han orientado principalmente a la distribución, composición y abundancia de sus comunidades (Pérez 2002, West 2008, Molina 2013). Pérez (2007) estudió en la costa salvadoreña, el efecto de la fragmentación de paisajes, sobre las aves rapaces diurnas, obtuvo valores de su composición y abundancia y aportó nuevo conocimiento a la distribución de rapaces en estos hábitats.

A nivel regional *Rostrhamus sociabilis* ha sido objeto de diferentes estudios que engloba aspectos sobre sus hábitos alimentarios. Beissinger (1983) describió el comportamiento del gavilán caracolero con base al fotoperiodo, determinó que los gavilanes invierten el 62% del fotoperiodo perchados, 19% en actividades de forrajeo, 13% realizan actividades como acicalamiento y el 6% del día lo invierten en el vuelo. Con respecto a la selección de tamaños de caracoles, indica que los seleccionados por *R. sociabilis* difiere con las tallas disponibles en el parche de forrajeo, dado que consume tallas pequeñas y medias.

Bourne (1985b) estudió los factores que se relacionan con la selección del parche de forrajeo, indicando que la rentabilidad del sitio de forrajeo es uno de los atributos que determinar el

tiempo invertido en el uso del sitio. A su vez que las concentraciones de individuos serán en el hábitat con mayor densidad de presa.

Sykes (1987b) en su estudio de hábitos alimentarios menciona que el 97% del comportamiento de forrajeo lo realiza en parches de pantanos donde la vegetación flotante es escasa, dado que en la caza visual de los caracoles la vegetación compuesta por el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) obstruía su visualización. En relación a la diferencia del éxito de caza entre sexo indica que las hembras presentan un 70% de éxito utilizando la estrategia de caza en vuelo y los machos únicamente el 40% de éxito. La estrategia de visualización de la presa desde la percha no fue diferente entre ambos sexos. Además, menciona que los caracoles son cazados a 16 cm de profundidad y tienen una tasa de captura de 1.7-3.4 caracoles/hora.

Bourne (1993) relacionó la profundidad del agua con el tamaño de caracoles consumidos por *R. sociabilis* y *Aramus guarauna*, encontró que la distribución de las tallas o las clases de edad de los caracoles segregan microhábitat de diferentes profundidades. *A. guarauna* consume caracoles de tamaños pequeños ( $\bar{X}=39.32\pm 9.0$ ), y *R. sociabilis* consume tamaños grandes ( $\bar{X}=51.15\pm 7.06$ ).

Collet (1977) fue uno de los primeros investigadores que enfocó su estudio en los hábitos alimentarios de *R. sociabilis* en la Región Neotropical. En su trabajo realizó comparaciones entre las tallas depredadas por *A. guarauna* y *R. sociabilis* en Costa Rica, determinando que los caracoles de mayor tamaño son aprovechados por los caracoleros, a diferencia del carrao que depreda individuos más pequeños.

Estela y Naranjo (2005) evaluaron una posible competencia por el recurso alimentario entre el carrao y el gavilán caracolero en el Suroccidente de Colombia; determinaron que ambas especies difieren en las tallas según el hábitat donde forrajean, mencionan que *A. guarauna* consume las presas de mayor tamaño y *R. sociabilis* tallas pequeña, considerando el gasto energético que implica el trasladar la presa hasta su percha.

Tanaka *et al.* (2006) mencionan que el carrao suele consumir caracoles de mayor tamaño en los sitios de baja densidad de competidores en comparación a los de mayor densidad,

mientras que el caracolero prefiere los de menor tamaño considerando de igual manera el gasto invertido en la manipulación de la presa en vuelo.

Bergmann *et al.* (2013) relacionó los factores climáticos y la heterogeneidad del hábitat con la estrategia de caza que utiliza *R. sociabilis* sobre los caracoles del género *Pomacea* spp. La estrategia más empleada fue la de visualización de la presa desde su percha; también indica la diferencia en el tiempo de manipulación de la presa, donde el tiempo invertido en la extracción del molusco de la concha ( $\bar{x}$ = 92.4 s) es el doble que el tiempo entre la búsqueda y captura de la presa ( $\bar{x}$ = 55 s). La selección de parche de forrajeo ésta relacionado con la vegetación baja de los pantanos, dado que existe más eficiencia en estos lugares (76% intentos con éxito) durante la caza, que en lo de vegetación densa.

A nivel nacional Pineda y Herrera (2014) estudiaron la conducta reproductiva y el hábitat de anidación de *R. sociabilis*, incluyendo solamente las tallas de los caracoles consumidos durante ese período.

### **3.2 Aves rapaces**

Las aves rapaces son un grupo especializado en el consumo de carne, principalmente de animales vivos; entre sus características se encuentran: picos ganchudos con bordes afilados, los cuales pueden variar en forma y estructura según la especie; patas con garras curvas, fuertes y afiladas, que pueden llegar a matar a pequeños mamíferos; oído diseñado para lograr detectar eficazmente a su presa; y visión binocular, tres veces más aguda que la de los humanos (Méndez *et al.* 2006, BISL 2008).

El término “rapaz” proviene del latín (*raptare*: tomar y llevarse) en referencia a que estas aves cuando capturan su presa se dirigen a sus lugares de percha para ingerirlas (Rivas y Figueroa 2009). Cada rapaz está adaptada a vivir en ciertos hábitats y alimentarse de diferentes presas, además juegan un papel importante en el balance de los ecosistemas, regulando las poblacionales de sus presas (Méndez *et al.* 2006).

Junto con mamíferos, las aves rapaces se encuentran en la cima de las pirámides tróficas, son consideradas como “depredador tope”, quienes presentan características particulares que se interrelacionan entre sí, y los hacen más sensibles a las perturbaciones ambientales. Entre las que se encuentran: tamaños corporales relativamente grandes, tamaños poblacionales

pequeños, tasas reproductivas bajas, demanda elevada de energía y requerimiento de territorios extensos (Rivas y Figueroa 2009)

Las rapaces, controlan las poblaciones de pequeños roedores que destruyen los cultivos, y que en ocasiones son portadores de patógenos (ejemplo leptospirosis). Se estima que un falcónido puede controlar por año 4000 ratas, y algunas rapaces nocturnas hasta 2000 por año (Pereyra 1936, Rivas y Figueroa 2009)

Según las horas de mayor actividad, las aves de presa se clasifican en: diurnas y nocturnas. Entre las diurnas se encuentran los gavilanes, milanos, halcones, águilas y caracaras, que pertenecen al orden Accipitriformes y Falconiformes; los búhos y lechuzas constituyen el grupo de aves rapaces nocturnas agrupadas en el orden Strigiformes (Méndez *et al.* 2006).

### **3.2.1 Aves rapaces diurnas. Orden Accipitriformes**

El orden Accipitriformes agrupa a las aves rapaces diurnas que pertenecen a las familias: Cathartidae, Accipitridae y Pandionidae (<http://checklist.aou.org/taxa/>) (cuadro 1).

#### **3.2.1.1 Familia Accipitridae en El Salvador.**

A nivel nacional la familia Accipitridae está compuesta por 30 especies entre residentes y migratorias (Ibarra 2013) seis de ellas se encuentran amenazadas o en peligro de extinción a nivel local (MARN 2015b).

Las aves rapaces diurnas en general son consideradas como un grupo indicador, debido a su requerimiento de hábitat, en ese sentido Pérez (2007) estudió el efecto de la fragmentación de paisajes en la composición y abundancia de las aves rapaces diurnas, en su estudio registró 18 especies de Accipitridos, y las clasificó según su distribución como: generalistas, especialistas de bosques, generalistas de zonas abiertas y especialistas de humedales.

**Cuadro 1.** Características principales de las familias del orden Accipitriformes.

<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>Características</i>
<i>Accipitriformes</i>	Cathartidae	A esta familia pertenecen los buitres del nuevo mundo, su alimentación es principalmente de carroña, realizan planeos durante tiempos prolongados, poseen buena vista y un olfato bien desarrollado (Márquez <i>et al.</i> 2005, Rivas y Figueroa 2009)
	Accipitridae	Representada por gavilanes, águilas, milanos y buitres del viejo mundo. Los accipítridos poseen alas y colas largas y redondeadas, están adaptadas al planeo, y se distribuyen en todo el mundo a excepción de la Antártida (Márquez <i>et al.</i> 2005, Rivas y Figueroa 2009)
	Pandionidae	Compuesta solamente por una especie, a esta familia pertenece el águila pescadora ( <i>Pandion haliaetus</i> ), se distribuye casi en todo el mundo, y se alimenta de peces de agua dulce y marinos (Méndez <i>et al.</i> 2006, Rivas y Figueroa 2009).

### **3.3 Gavilán caracolero *Rostrhamus sociabilis* Vieillot 1817.**

#### **3.3.1 Características**

*R. sociabilis* es de tamaño medio, puede alcanzar 43-48 cm de longitud y presenta un claro dimorfismo sexual (Figura 1), los machos adultos presentan tonalidad grisácea uniforme por todo el cuerpo, a excepción de una banda blanca que cruza la base de su cola (característica de ambos sexos), la base del pico y patas son de tonalidad naranja brillante. Las hembras adultas tienen tonalidad marrón y su pico no posee tonalidad naranja. Los individuos adultos en ambos sexos poseen ojos rojos, lo que los diferencian de los individuos juveniles, que poseen ojos marrones y su plumaje es más intenso en relación con el de las hembras. Su pico es proporcionalmente más ganchudo, largo y delgado que todas las demás aves de presa, debido a que con él extraen íntegro al molusco. El desarrollo de este pico es el resultado de millones de años de una adaptación evolutiva a la depredación casi exclusivamente de caracoles (Peterson 1980, Méndez *et al.* 2006, Dunne *et al.* 2012, Del Olmo 2014, Rueda y Wiebe 2014).

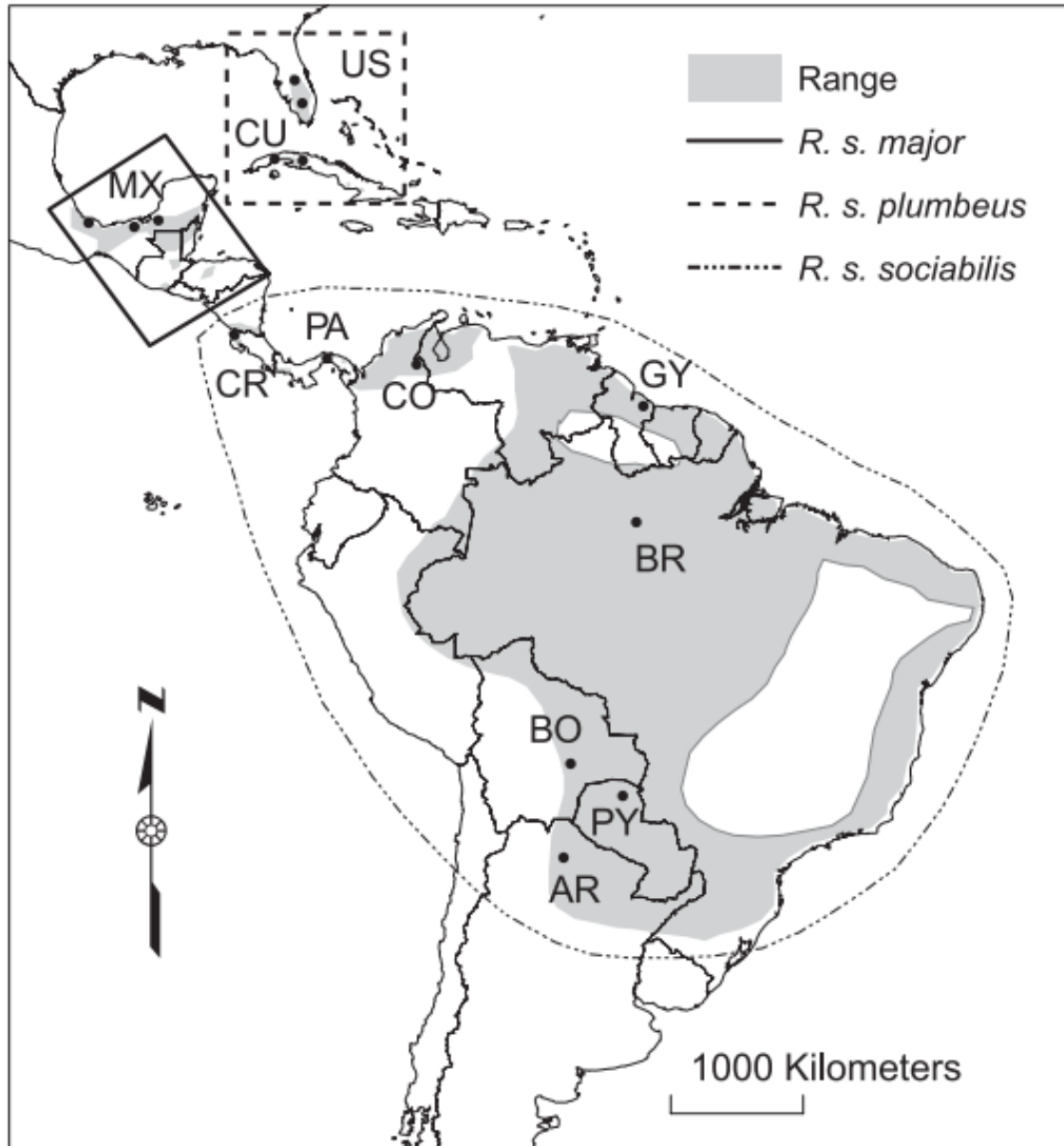


**Figura 1.** Adultos de *R. sociabilis*. (a) Individuo macho, con su plumaje característico, patas y base del pico tonalidad naranja. (b) Hembra, tonalidad en el pecho marrón irregular, patas y base del pico amarillas. Fuente de imágenes: internet.

### 3.3.2 Taxonomía, distribución y estado de conservación.

El gavián caracolero es una rapaz diurna que pertenece al orden Accipitriformes, familia Accipitridae (Márquez *et al.* 2005, Rueda y Wiebe 2014), fue descrito por primera vez en 1817 por Vieillot, cerca del Río de la Plata y el Distrito de Corrientes de Argentina. Su ámbito de distribución comprende desde el Sur de Florida, Cuba, por todo Centro América, hasta el centro norte de Argentina y sur de Brasil (Méndez *et al.* 2006, Dunne *et al.* 2012, Reichert *et al.* 2015).

Se distinguen tres subespecies de *R. sociabilis*, que difieren en su tamaño y distribución (Figura 2); *R. sociabilis plumbeus*: se distribuye en la península de Florida y Cuba, esta población de caracoleros, ha sido ampliamente estudiada (Beissinger y Snyder 1987, Rodgers Jr. 2007, Olberts 2013); *R. s. sociabilis*, su distribución comprende desde Costa Rica, Nicaragua, Panamá y Suramérica; y *R. s. major* se encuentra en México, Honduras, Guatemala y Belice, su plumaje es similar a las subespecies *R.s. sociabilis* y *R.s. plumbeus*, y se distingue de ellas por el notable tamaño del pico (Nelson y Goldman 1933, Hass *et al.* 2009).



**Figura 2.** Distribución de las subespecies de *R. sociabilis*. Tomado de Hass et al. 2009.

De acuerdo a la distribución presentada por Hass *et al.* (2009), la subespecie de gavián caracolero presente en El Salvador es *R. s. major*. Ha sido registrada en Laguna el Jocotal, Barra de Santiago, Lago de Güija, Olomega, y Embalse del Cerrón Grande (Herrera *et al.* 2006, Pineda y Herrera 2011a).

La distribución de *R. sociabilis* está asociada con la disponibilidad de caracoles del género *Pomacea*, por ello realiza movimientos poblacionales según sea la disponibilidad de

alimento. Esta rapaz se asocia a humedales, pantanos con vegetación emergente y largos períodos de anegamiento (Sykes 1979, Méndez *et al.* 2006, Rueda y Wiebe 2014).

En El Salvador ha sido catalogada como especialista de habitats abiertos y acuáticos, principalmente de tierras bajas (Komar y Domínguez 2001); en el Lago de Güija, Pineda y Herrera (2014) mencionan que probablemente las poblaciones han aumentado con la introducción de caracoles (*Pomacea flagellata*).

Con respecto al estado de conservación, las poblaciones de caracoleros en Florida son considerados en peligro, debido a la interrupción en los niveles de agua en los Everglades, Florida, que causa disminución en poblaciones de su presa (*Pomacea*), de igual manera la presión antrópica y el aumento de la frontera agrícola (Olbert 2013, Rueda y Wiebe 2014, Kaufman 2015).

A nivel nacional no se encuentra amenazada o en peligro de extinción (MARN 2015b) y de acuerdo con la UICN es una especie de menor preocupación; en El Salvador se desconocen los factores relacionados al éxito reproductivo, así como los factores que inciden en la distribución y abundancia de su presa y la rentabilidad de sus sitios de forrajeo.

### **3.3.3 Hábitos alimentarios**

Morfológicamente el gavilán caracolero quizá sea uno de las rapaces más especializadas en el mundo, su pico en forma de gancho, fino y curvo le permite cortar el musculo conector y extraer totalmente la carne del caracol (Méndez *et al.* 2006, Rueda y Wiebe 2014, Chapman y Bolen 2015). La caza la realizan cuando su presa flota en el agua (Estela y Naranjo 2005), posterior a la captura vuela hasta su percha de alimentación para extraer el cuerpo blando de la concha con su pico ganchudo, que está especializado para sujetar el borde del opérculo, el cual rasga para eliminarlo (Beissinger 1983, Sykes 1987a). Cuando la disponibilidad de caracoles es escasa debido a periodos de sequía o bajas temperaturas, se alimenta de tortugas y cangrejos de agua dulce (Beissinger 1990, Veiga *et al.* 2009).

Se distinguen dos tipos de caza: (1) observar desde su percha a las presas, o (2) volar sobre el espejo de agua a 3-5 m y cazar la presa a través de búsqueda visual, generalmente frente al viento (Beissinger 1983).

La actividad de forrajeo disminuye a lo largo del día, presentando mayor actividad por la mañana, generalmente prefiere la caza de presas medianas (*Pomacea spp*) para tener mayor beneficio energético en menor tiempo, y evitar fracasos de caza en caracoles más grandes, por el gasto energético que se requiere. Asimismo, la estrategia de caza que más utilizan es observar a sus presas desde sus perchas. *R. sociabilis* puede llegar a compartir hábitat con especies de dieta similar y presentar traslape en sus nichos de forrajeo (Beissinger 1983, Estela y Naranjo 2005).

### **3.3.4 Uso y selección del parche de forrajeo: rentabilidad del hábitat.**

La selección del parche de forrajeo está influenciado por la densidad y disponibilidad de presa, asimismo por los costos energéticos implicados en su búsqueda y captura (Bennetts *et al.* 2006, Darby *et al.* 2012). Las características propias del hábitat y del ambiente influyen sobre la densidad de presas, la cual determina la rentabilidad de un parche de forrajeo para *R. sociabilis*. (Darby *et al.* 2012).

*R. sociabilis* forrajea principalmente en humedales someros, con vegetación emergentes de bajo perfil; es decir, plantas menores a un metro sobre el nivel de la superficie del espejo de agua (Bourne 1985b, Sykes 1987a), dado que cuando la vegetación alcanza el tamaño suficiente para obstruir la visibilidad de la superficie del agua, los gavilanes optan por abandonar los sitios de caza (Bessinger 1983). Estas características del hábitat, modificado por la estructura y densidad de la vegetación acuática, afectan el uso del parche de forrajeo del gavilán (Bennetts *et al.* 2006).

La estructura que presenta el hábitat es uno de los factores que predice el manejo del parche de forrajeo por los caracoleros; considerando que la abundancia de caracoles no indica disponibilidad para su depredador. Por ello los individuos de *R. sociabilis* realizan la búsqueda de presas en hábitats de vegetación dispersa, por lo que al encontrarse con vegetación densa cambia su dirección hacia sitios menos densos (Bennetts *et al.* 2006), conducta que coincide con la teoría de óptimo forrajeo, que sostiene que un depredador abandona un parche de forrajeo cuando la rentabilidad que le ofrece es baja (MacArthur y Pianka 1966)

#### **3.3.4.1 Rentabilidad en el consumo de caracoles según los tamaños: modelo de óptima dieta.**

La rentabilidad o el valor de presa se definen como el rendimiento neto de los alimentos (e) por la unidad del tiempo de manipulación (t). La cual por medio del modelo de dieta óptima se puede predecir como un depredador puede elegir entre una gran variedad presas de diferentes rentabilidades (Charnov 1976, Krebs 1980). Este modelo predice que cuando un depredador encuentra una presa rentable en una tasa alta, las presas menos rentables serán omitidas de la dieta. Al llegar a medir la rentabilidad de todos los tipos de presas y sus tasas de encuentro se puede realizar una predicción cuantitativa (Krebs 1980)

La rentabilidad se puede considerar como una medida que se utiliza para cuantificar el beneficio que recibe un individuo del comportamiento de forrajeo empleado, la cual su costo asociado con el forrajeo incluye el tiempo y la energía que se invierte en la búsqueda de una presa. El tiempo es considerado en función a la tasa de encuentro que a su vez esta depende de la densidad de la presa y la probabilidad de su detección, durante la manipulación que el depredador realiza estará en función del tamaño y forma de la presa (Charnov 1976, Krebs 1980, Cattau 2008).

En un análisis experimental realizado por Beissinger *et al.* (1994) se determinó la rentabilidad que ofrecían dos presas consumidas por *R. sociabilis* y a su vez evaluaron los factores que contribuyen a que esta especie mantenga su dieta extremadamente especializada en el caracol de agua dulce del género *Pomacea*. En el estudio determinaron los tiempos de manipulación para las diferentes tallas de caracoles y cangrejos, registrando que la inversión en el tiempo de manipulación de cangrejos fue mayor en comparación al invertido en el manejo de caracoles. Beissinger *et al.* (1994) indicaron que los caracoles fueron más rentables que todos los cangrejos, omitiendo los de mayor tamaño (dado que invirtió más tiempo de manipulación en dichos tamaños). Concluyeron que, aunque la energía que ofrece el tejido comestible es mayor en los cangrejos (25.37 kJ/g) que en los caracoles (16.91 kJ/g), los individuos de *R. sociabilis* mantienen su dieta especializada, aunque en algunas ocasiones incorporen otro tipo de presa.

### 3.3.5 Interacciones con *Aramus guarauna* “carrao” por el recurso alimentario.

Las poblaciones del gavián caracolero y las del carrao se destacan entre las aves acuáticas del Neotrópico por la especialización en su dieta, la cual consiste casi exclusivamente de caracoles de agua dulce del género *Pomacea* (Estela y Naranjo 2005). La posible competencia entre ambas especies ha sido evaluada a partir de comparaciones de los tamaños de caracoles consumidos (Collett 1977, Bourne 1993, Estela y Naranjo 2005, Tanaka *et al.* 2006).

El comportamiento de depredación por tamaño selectivo puede generar efectos sobre la dinámica que presenta el depredador con su presa y en la organización dentro de las redes tróficas, esto se puede predecir a partir de los modelos de óptimo forrajeo, donde indica que los depredadores deben maximizar la ganancia neta de energía en relación con los costos energéticos invertidos en la búsqueda y la manipulación de sus presas (MacArthur y Pianka 1966, Tanaka *et al.* 2006).

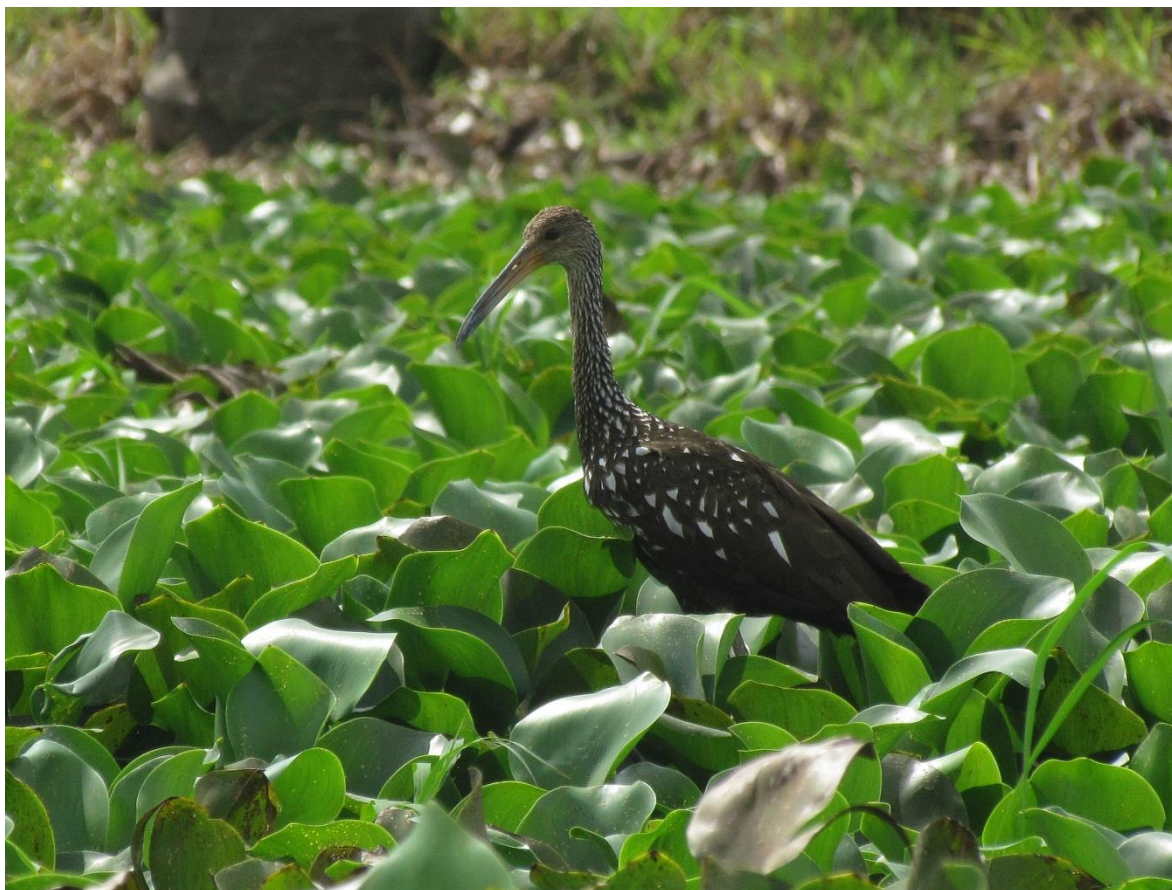
Las especies que consumen el mismo recurso pueden diferir en sus respuestas a los riesgos de interacciones interespecífica, de modo que en presencia de depredadores competidores podrían seleccionar una presa más pequeña y así reducir los tiempos de manipulación o elegir presas más grandes para reducir el número veces que invierte en el forrajeo, minimizando el riesgo a la interacción con sus competidores (Tanaka *et al.* 2006).

Estos patrones de selectividad en los tamaños de caracoles se pueden observar en *A. guarauna* y *R. sociabilis*, quienes han sido objeto de diferentes investigaciones que han indicado la selectividad sobre los caracoles, sin establecer la tendencia a nivel global de que especie selecciona las tallas más grandes (Collet 1977, Bourne 1993, Estela y Naranjo 2005)

Las diferencias en el consumo de tallas pueden estar influenciado por la estructura del hábitat y la densidad de los caracoles. En los sitios de baja densidad de presas *A. guarauna* consume las de mayor tamaño comparadas con las tallas de los sitios de alta densidad; en cambio *R. sociabilis* prefiere los caracoles de menor tamaño, posiblemente debido a los altos costos energéticos implicados en la manipulación de presas de mayor tamaño (Tanaka *et al.* 2006).

Las conchas vacías depredadas por *A. guarauna* se encuentran principalmente en el borde del espejo de agua; mientras que las consumidas por *R. sociabilis* son apiladas debajo de

árboles. La forma que las especies extraen el cuerpo blando de su presa permite identificar los caracoles depredados; *A. guarauna* (Figura 3) deja un orificio en la concha, mientras que *R. sociabilis* con su pico abre el opérculo para extraer por completo el molusco (Collett 1977, Estela y Naranjo 2005, Tanaka et al. 2006).



**Figura 3.** *Aramus guarauna* (Gruiformes: Aramidae), carrao o garza caracolera. Su largo total es de 66 cm aproximadamente; su plumaje de cabeza y cuello es de color grisáceo, patas largas y pico amarillento, largo y curvo. © Abizai Chinchilla 2017.

### **3.4. Distribución y características morfológicas del caracol manzana *Pomacea flagellata*.**

#### **– Distribución**

Los caracoles de agua dulce del género *Pomacea* pertenecen a la familia Ampullaridae, orden Architaeniglosa, clase Gasteropoda, del Phylum Mollusca. Estos organismos se encuentran en los primeros eslabones de la cadena trófica. Su distribución geográfica comprende desde

ambientes tropicales y subtropicales. En América se encuentra desde Georgia y Florida, y desde el este de México hasta Argentina (Ozaeta 2002).

*Pomacea flagellata* es una especie que habita en sitios que presentan abundante vegetación acuática, aguas de poca profundidad y escasa corriente. La distribución natural se encuentra en la vertiente del golfo de México, desde el norte de Veracruz hasta la Península de Yucatán; debido a la actividad antropogénica esta especie ha sido introducida en la vertiente del Pacífico (Naranjo-García y Olivera-Carrasco 2014).

En El Salvador comúnmente se conoce como “caracol chino”, y fue introducido al país en la década de los cincuenta, por petición del Gobierno de El Salvador a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para mejorar la pesquería en aguas continentales e iniciar el desarrollo de la acuicultura en el país. Por recomendación del experto que fue enviado por la petición se introdujeron en el año de 1957 especies acuáticas de mayor potencial reproductivo y crecimiento rápido, entre ellas se encontraba la especie de *P. flagellata* (Jiménez 2006, Jiménez y Santamaría 2008).

Uno de los efectos que genera la introducción de *P. flagellata* en la vertiente del Pacífico se refleja en la ampliación de la distribución del gavián caracolero *Rostrhamus sociabilis*, que se alimenta casi exclusivamente de esta especie (Naranjo-García y Olivera-Carrasco 2014).

#### – Descripción morfológica

La concha de *P. flagellata* puede ser de textura lisa o áspera, en la superficie presenta líneas de crecimiento y la terminación de la concha puede ser en forma de cono, con crecimientos redondeados con abertura ovalada (Benavides *et al.* 2012). El caracol chino posee una concha con al menos cinco vueltas, la cual crece durante toda la vida llegando a medir unos 40-70mm de diámetro. Dicha concha se forma de varias capas, la superficial es una capa fina proteica con varios pigmentos los cuales son los que dan color al caracol, debajo de esta fina capa se encuentra la de carbonato de cálcico, de color blanco, componente que proporciona dureza a la concha. Cada una de las uniones espirales forma ángulos de 90° aspecto que es muy distinguible en este grupo de caracoles (Figura 4) (Benavides *et al.* 2012).



**Figura 4.** *Pomacea flagellata* “caracol chino” con sus características principales de concha en forma de cono, líneas de crecimiento y con apertura ovalada. Fotografía por © Iliana Barías

### **3.4.1 Hábitos y comportamiento**

El caracol manzana *P. flagellata* es un organismo de comportamiento anfíbio, durante el día permanece en el fondo o sobre la vegetación acuática y en la noche se desplaza a las riberas de los cuerpos de agua donde habita (Naranjo-García y Olivera-Carrasco 2014)

Los gasterópodos son considerados facultativos y oportunista, se alimentan de pequeñas partículas que raspan del sustrato con la estructura denominada rádula multidentada que estos poseen. Algunas especies como *P. flagellata* se alimentan de algas y vegetales terrestres (Ozaeta 2002).

Estos caracoles de agua dulce son ovíparos y alcanzan la madurez sexual a los siete meses de edad con una longitud de 5-8 cm. La copula y el desove la realiza durante la noche o en las primeras horas del día (Vásquez-Silva *et al.* 2011). Este organismo presenta fototactismo negativo, es decir, que se dirige a las partes más oscuras del agua durante el día.

La temperatura es uno de los factores físicos que influyen en el comportamiento reproductivo del caracol, dado que el mayor número de ovoposición en el medio natural ha sido registrado en los meses con altas temperaturas (Valdivieso *et al.* 2000).

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 Ubicación y descripción del área de estudio.

El complejo Lago de Güija se ubica al occidente del país, en el departamento de Santa Ana, municipio de Metapán, con coordenadas geográficas: 14°17' N; 89°29'O. Su ámbito altitudinal oscila entre 400-786 m.s.n.m. y la extensión del complejo es de 47,200 ha. Está incluido dentro del Área de Conservación Trifinio, además es considerada como un área clave para la biodiversidad, y área de importancia para las aves, fue declarado como el quinto sitio RAMSAR en El Salvador. Asimismo, dentro la parte terrestre en San Diego y La Barra pertenecen a la ecorregión de bosque seco de Centro América (Henríquez 2009, Komar y Ibarra-Portillo 2009, MARN 2011a).

El lago principal tiene un área de 42 km<sup>2</sup>, el 76,66% corresponde a El Salvador, el resto a Guatemala. La profundidad máxima es de 20 m. En él se incluyen Laguna de Metapán, Laguna San Diego, Laguna Clara, Lago de Guija, Laguneta, Teconalá, Cuizisapa, y las porciones del bosque seco tropical de San Diego y bosque aluvial La Barra (Herrera y Rivera 2001, Herrera 2005). Con relación a las características climáticas, la época seca se extiende de 6 a 8 meses; las precipitaciones durante la época lluviosa acumulan entre 1100 mm y 1200 mm, con una humedad relativa del 70% y temperaturas promedio entre 25°C y 30°C (MARN 2016)

La presente investigación fue delimitada al sector norte del Lago de Güija (14°17.584'N; 89°31.983'O) reconocida en el documento como “La Barra”, y en la Laguna de Metapán se delimitó al sector del Rincón del Cuje (14°18.548'N; 89°29.288'O) (Figura 5)

La Laguna de Metapán (1) se ubica al noreste del Lago de Güija, en un valle formado por corrientes de lava y bordeado por pequeños volcanes; pertenece a la zona climática de Sabana tropical caliente, y los valores promedio anuales de precipitación son de 1,400 mm (OSPESCA *et al.* 2005, MARN 2011b, 2015a). En este humedal desembocan los ríos San José y Chimalapa con aportes orgánicos y químicos (MARN 2016). El área de la Laguna en época seca es de 3.6 km<sup>2</sup> aproximadamente y profundidad de 1.5 m, conformada por dos espejos de agua, uno junto al Bosque la Barra y en el otro espejo se observa una isla al centro. En época lluviosa el espejo de agua alcanza un área de 4 km<sup>2</sup> (OSPESCA *et al.* 2005, MARN 2011b, 2015, Román *et al.* 2012).

El Lago de Güija (2) se formó naturalmente a raíz de las erupciones del volcán San Diego, Vega de la Caña y Masatepeque, los que obstruyeron el curso natural de los ríos Angue y Ostúa, que junto al río Cusmapa desembocan en este humedal (Herrera y Rivera 2001, MARN 2016). El lago es drenado al río Guajoyo por medio del río El Desagüe, descarga que es regulada por la Central Hidroeléctrica Guajoyo (MARN 2016).

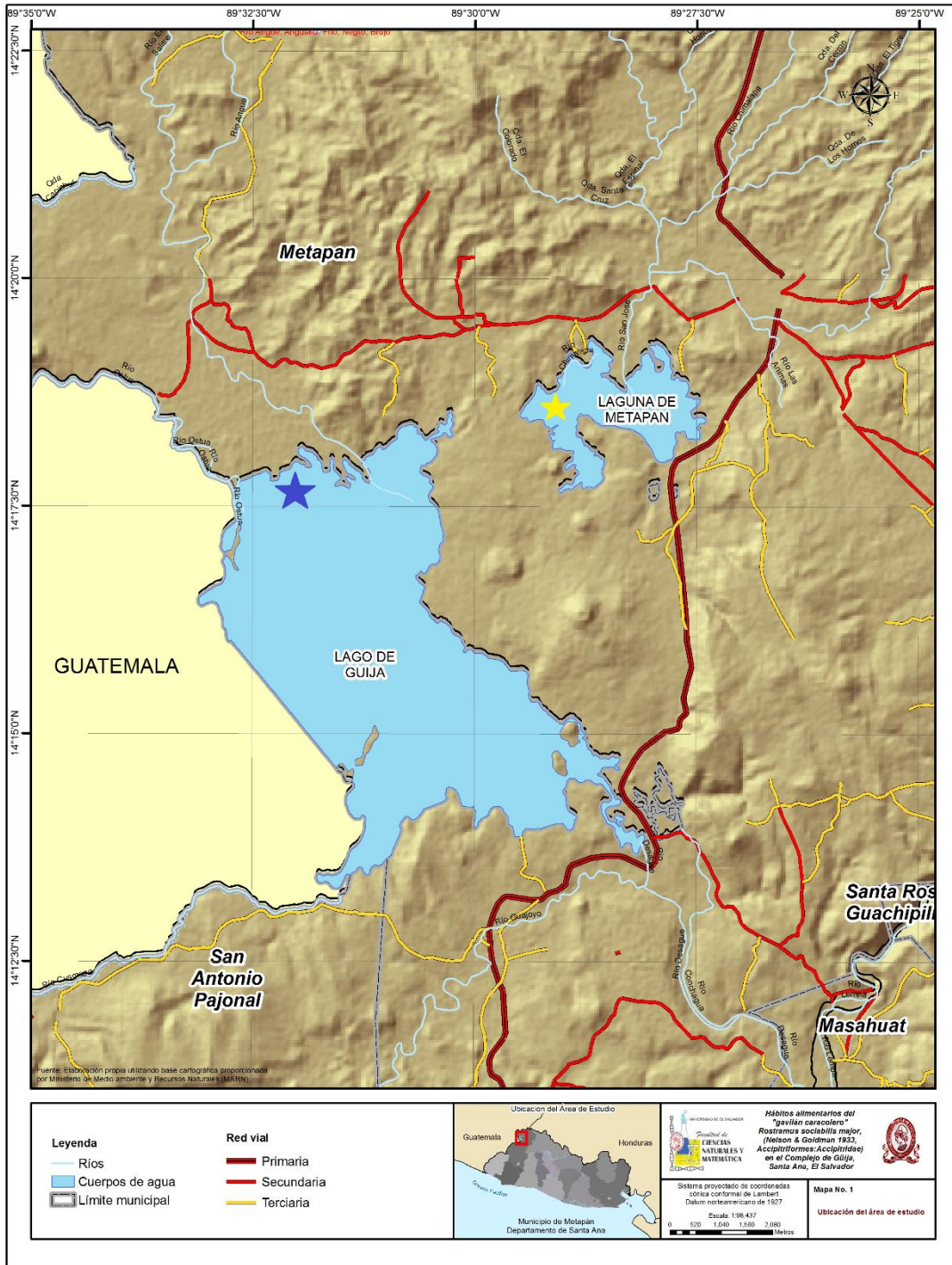
#### - **Flora**

Entre la vegetación presente en el Complejo de Güija se encuentran: “conacaste blanco” *Albizia niopoides*, “lirio de agua” *Eichornia crassipes*, “conacaste negro” *Enterolobium cyclocarpum*, “ceiba” *Ceiba pentandra*, “palo santo” *Bursera simaruba*, “tecomasuche” *Cochlospermum vitifolium*, “flor de mayo” *Plumeria rubra*, “lechuga de agua” *Pistia strationides* y “quebracho” *Lysiloma divarictum* (Herrera 2005); de importancia el registro de la especie vulnerable a nivel mundial *Aegiphila panamensis* (Henríquez 2009).

#### - **Fauna**

Entre la fauna presente en el Complejo de Güija destacan “mojarra negra” *Cichlasoma guija* e “Istagua” *C. trimaculatum* en peligro y amenazada de extinción respectivamente (Herrera y Rivera 2001). Los vertebrados terrestres se encuentran representados por las siguientes clases.

- Amphibia: “tepelcúa” *Dermophis mexicanus*, “rana arborícola” *Smilisca baudinii*, “rana leopardo” *Lithobates forreri* y “sapo borracho” *Rhinophrynus dorsalis* (Henríquez y Ortez 2008)
- Reptilia: “tortuga” *Kinosternon scorpioides*, “iguana verde” *Iguana iguana*, “masacuata” *Boa constrictor*, *Leptophis mexicanus* y “coral” *Micrurus nigrocinctus* (Henríquez y Ortez 2008)
- Aves: “garza” *Ardea herodias*, “garza garrapatera” *Bubulcus ibis*, *Fulica americana*, “gavilán caracolero” *Rostrhamus sociabilis*, y “búho cornudo” *Bubo virginianus* (Komar y Rodríguez 1995, Molina 2013).
- Mammalia: “oso hormiguero” *Tamandua mexicana*, “venado cola blanca” *Odocoileus virginianus*, “tepezcuintle” *Agouti paca* y “gato sonto” *Herpailurus yaguaroundi* (Herrera y Rivera 2001).



**Figura 5.** Ubicación del área de estudio en el Complejo de Lago de Güija. Los sitios se representan por estrella de color azul en el Sector de La Barra (Lago de Güija) y Amarilla en Sector de Rincón del Cuje (Laguna de Metapán). Elaborado por: Raquel Alvarado.

#### **4.1.2 Selección del sitio de forrajeo e identificación de perchas.**

Identificamos como sitio de forrajeo, aquellas zonas donde observamos mayor actividad y comportamiento de caza de los individuos de *R. sociabilis*. Sitios caracterizados por presentar vegetación emergente de bajo perfil; es decir, plantas menores a un metro sobre el nivel de la superficie del espejo de agua (Bourne 1985b y Sykes 1987b). Las perchas de alimentación las determinamos por la frecuencia de uso de los gavilanes durante la actividad de caza en los sitios de forrajeo identificado y por el hallazgo de depósitos de caracoles depredados por los individuos. En cada uno de los sitios de estudio establecimos como parche de forrajeo una extensión de 500 m de longitud al borde de cada humedal (Figura 6 y 7). En ambos sitios georreferenciamos los puntos de observación con GPS Garmin eTrex Legend.

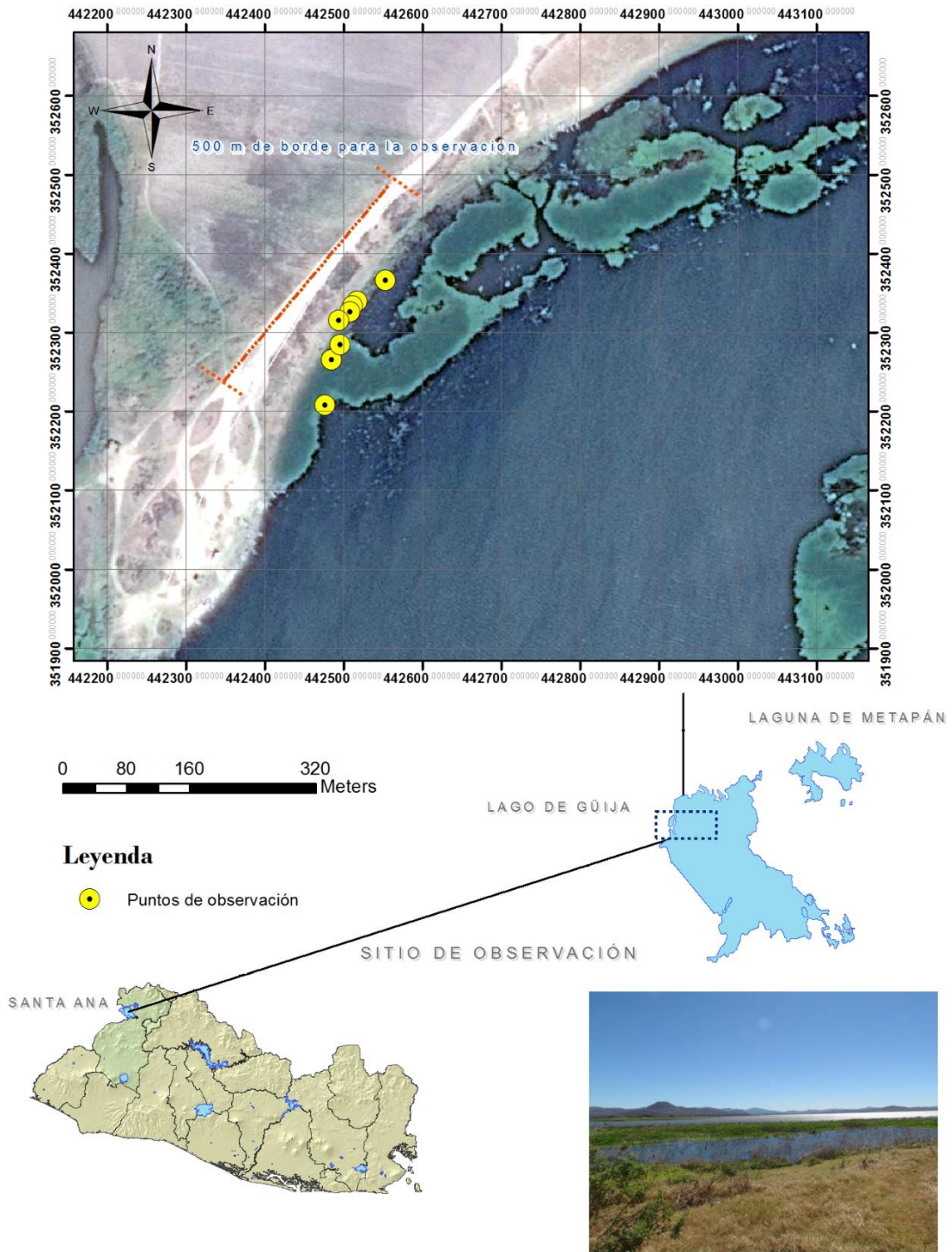
##### **4.1.2.1 Características de los sitios de forrajeo**

###### **- Sector La Barra**

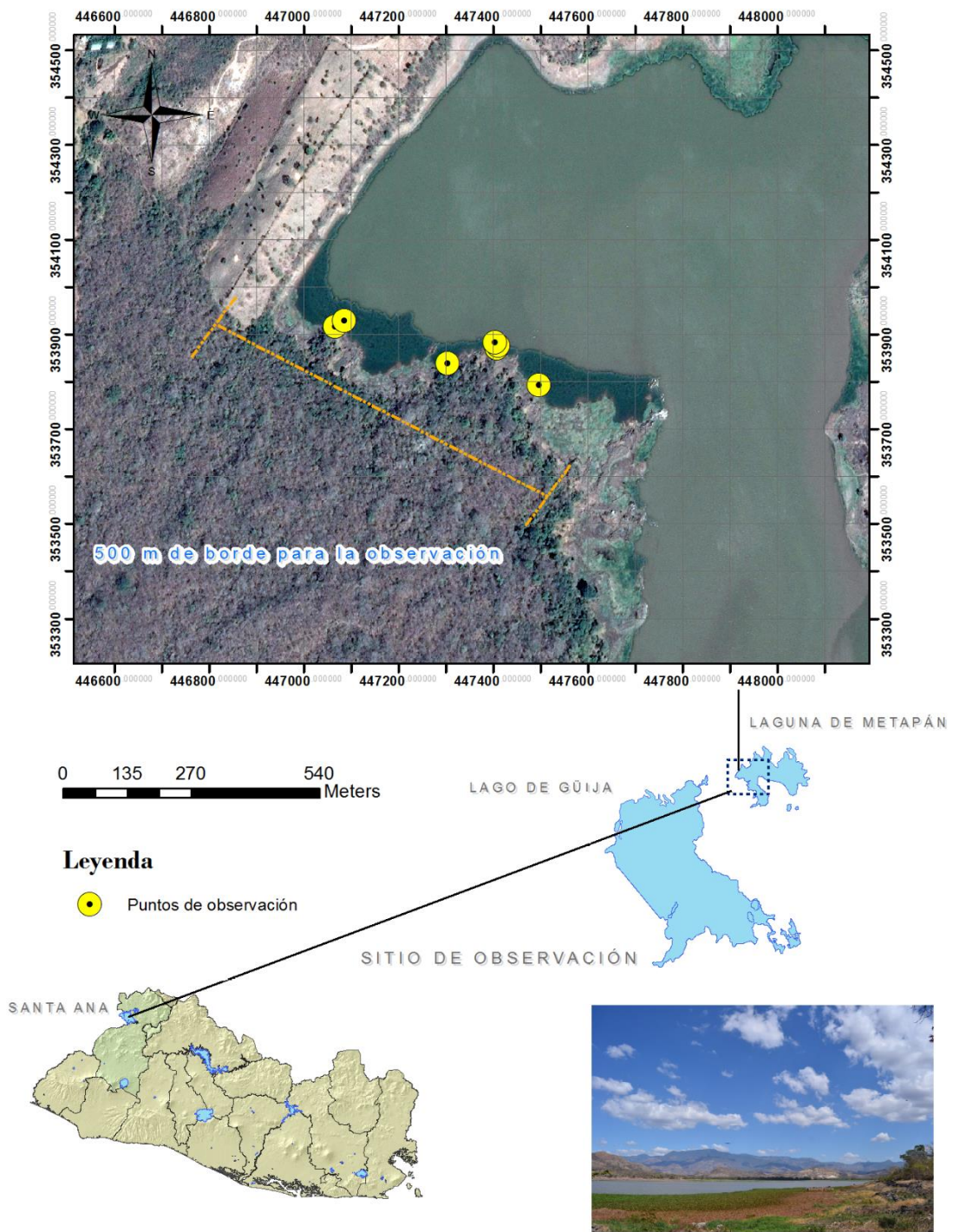
El sitio fue establecido en la región noroeste del Lago de Güija, próximo a la desembocadura de los ríos Angue y Ostúa. El área presentaba las características de vegetación de bajo perfil, con dominancia de *Eichornia crassipes* y presencia de vegetación riparia, entre ellas *Mimosa pigra*. Asimismo, en la zona se encontraban pequeñas pozas con profundidades menores a un metro, presencia de troncos secos (Figura 8) y cultivos agrícolas en los alrededores del área de muestreo.

###### **- Sector Rincón del Cuje**

El sitio fue establecido al Noroeste de la Laguna de Metapán, en el sector conocido como Rincón del Cuje. Las características predominantes del sitio son la presencia de vegetación acuática, en mayor porción de *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua”, poca presencia de troncos secos en la ribera del espejo del agua, sin embargo identificamos árboles de 3 a 13 m de altura, entre ellos “conacaste blanco” *Albizai niopoides* y “pimentio” *Phyllanthus elsiae*, “ficus”, que era utilizados como perchas de alimentación; estos forman parte del bosque seco caducifolio de San Diego La Barra (Figura 9).



**Figura 6.** Ubicación de los puntos de observación del sitio de forrajeo en el sector La Barra. Elaboración propia.  
Fotografía por © Abizai Chinchilla



**Figura 7.** Ubicación de los puntos de observación del sitio de forrajeo en el sector Rincón del Cuje. Elaboración propia. Fotografía © Abizai Chinchilla.



**Figura 8.** Sitio de forrajeo ubicado en el Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán. Sitio con vegetación emergente, pequeñas pozas con profundidades menores a un metro y troncos secos con potencial a ser utilizada como percha. Fotografías © Iliana Barías



**Figura 9.** Sitio de forrajeo ubicado en el Sector Rincón del Cuje, Laguna de Metapán, Metapán. Sitio con alta densidad de vegetación acuática “Jacinto de agua”, y árboles que conforman el bosque que bordea el espejo del agua. Fotografías por © Iliana Barías.

## 4.2 Fase de campo.

Los viajes fueron realizados en períodos de dos y tres días de muestreo durante los meses de enero a mayo de 2017. Los horarios de muestreo los establecimos de 7:00 am a 1:00 pm totalizando 180 horas de muestreo. Para el cumplimiento de los objetivos utilizamos los métodos descritos a continuación:

### 4.2.1. Toma de datos sobre comportamiento de forrajeo y estrategias de caza utilizadas por el “gavilán caracolero” *Rostrhamus sociabilis*.

#### - Comportamiento de forrajeo

Para determinar el comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis* utilizamos la metodología de selección de individuos focales (Lehner 1998); en este método se selecciona un individuo que será el foco de la observación durante un período de tiempo definido.

Seleccionamos individuos que iniciaban su comportamiento de forrajeo a través de planeos cortos y en círculos con vista hacia el espejo de agua y constantes movimientos de su cabeza, o en individuos que desde la percha se mostraban activos observando hacia sitios específicos en el agua o con movimientos de cuello hacia los lados, actividades identificadas como estrategia de caza

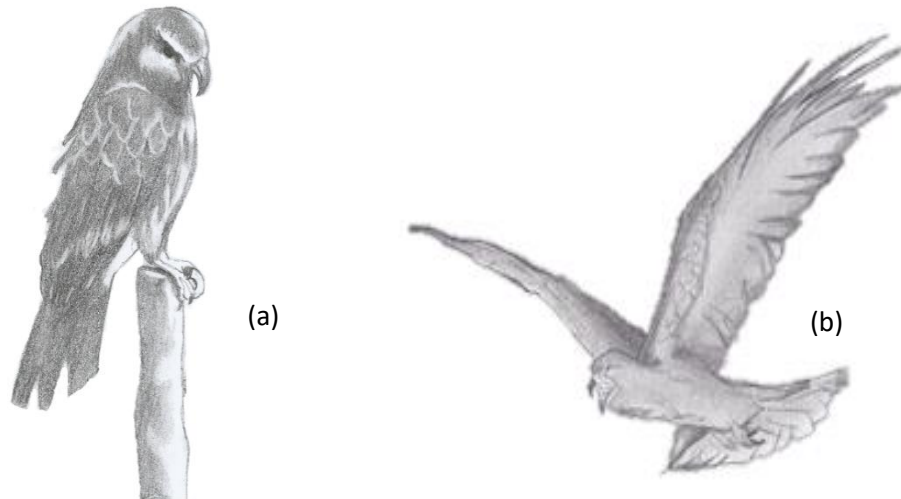
#### - Estrategias de caza

Las estrategias de caza de los gavilanes fueron clasificadas de acuerdo con las descritas por Beissinger (1983):

1. **Caza desde la percha:** cuando el gavilán perchado busca a su presa y al detectarla realiza vuelos cortos para la captura (Figura 10a).
2. **Caza en vuelo:** en esta estrategia el gavilán vuela sobre el espejo de agua a 3-10 m de altura haciendo búsqueda visual de la presa (Figura 10b).

Cuantificamos el número de ocasiones en que los gavilanes utilizaron cada estrategia durante la búsqueda de alimento; asimismo determinamos sí los intentos de caza al utilizar cada estrategia resultaba en éxito o fracaso de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Éxito de la caza:** cuando el gavilán lograba la captura, manejo e ingesta de su presa.
- **Fracaso de la caza:** en este criterio se ubicaban los intentos en que *R. sociabilis* sumergía sus patas con objetivo para la caza y no lograba la captura, o cuando en el manejo en vuelo no lograba sostener al caracol y se le caía.



**Figura 10.** Estrategia de caza (a) desde la percha y (b) en vuelo. Ilustraciones realizadas por © Erick A. Lima y © Kevin A. Álvarez 2017.

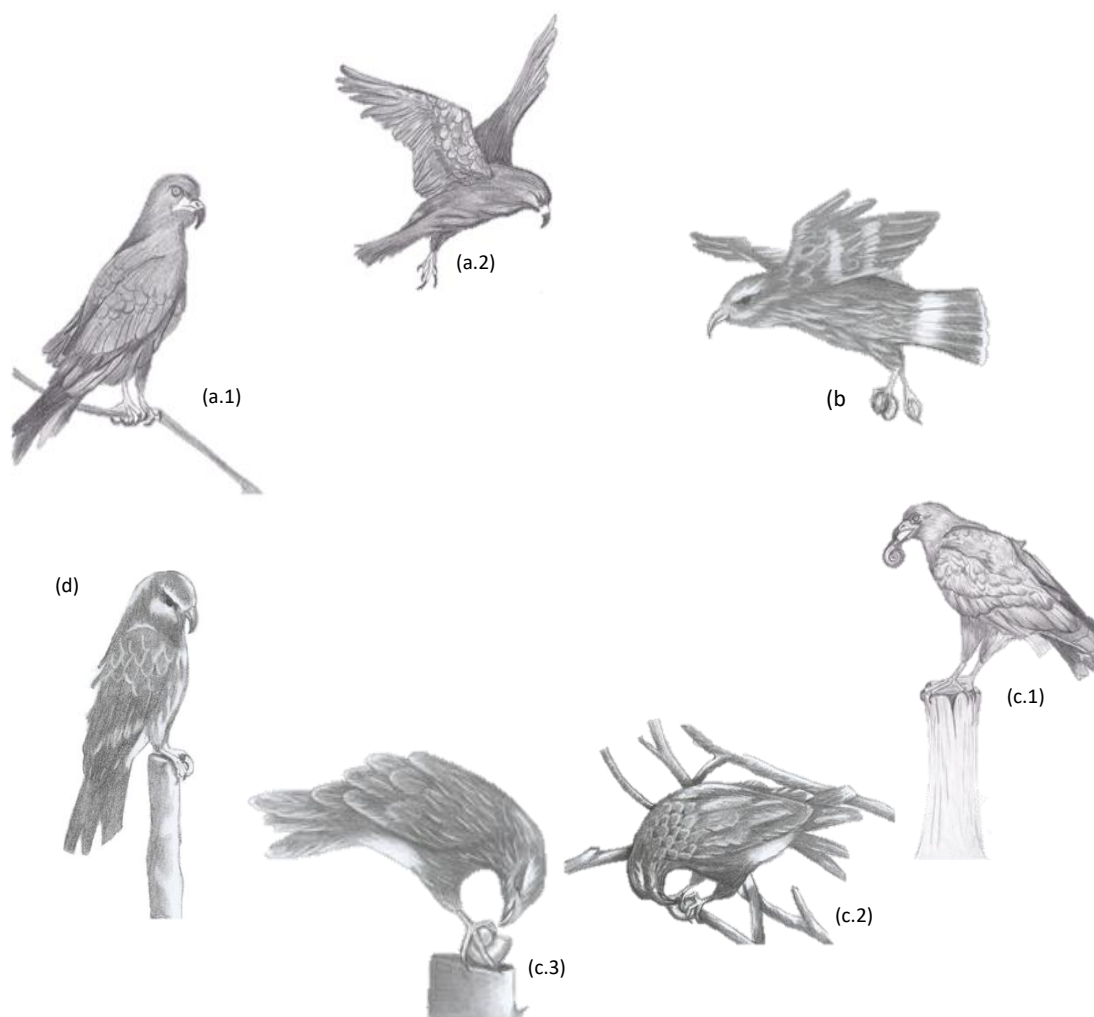
El comportamiento de forrajeo lo dividimos en cuatro categorías (Beissinger 1983, Bergmann *et al.* 2013; Anexo 2):

1. **Búsqueda de alimento:** Al observar cualquiera de las dos estrategias de caza.
2. **Manejo de la presa en vuelo:** desde la captura del caracol hasta llegar a su percha
3. **Manejo de la presa en percha:** Cuando el gavilán se encuentra en la percha y se dispone a ingerir el caracol.
4. **Búsqueda del próximo alimento:** tiempo de espera para la búsqueda de la próxima presa luego del consumo previo de un caracol.

El ciclo de forrajeo del gavilán fue considerado desde la búsqueda de alimento hasta el tiempo de espera para iniciar la nueva búsqueda (Figura 11).

Observamos el comportamiento de los individuos desde la búsqueda de alimento hasta que finalizaba el consumo de su presa, en promedio durante 20 minutos. Los intervalos de selección del próximo individuo focal, luego de completar un ciclo de forrajeo fueron de 10 minutos para detectar a los nuevos individuos focales desde la búsqueda de alimento; las

nuevas observaciones generalmente se realizaron en individuos diferentes, a excepción que la cantidad de individuos en actividades de forrajeo fuese solamente uno.



**Figura 11.** Ciclo de forrajeo de *R. sociabilis*; (a.1) búsqueda de alimento desde la percha, (a.2) búsqueda de alimento en vuelo (b) manejo de la presa en vuelo, (c.1, c.2, c.3) manejo de la presa en percha, (d) búsqueda del próximo alimento. Ilustraciones realizadas por © Erick A. Lima y © Kevin A. Álvarez 2017.

Las observaciones fueron realizadas con binoculares (8x40mm) y telescopio (Celestron LandScout 12-36x60) a distancia no menor de 15 m, para evitar que la especie modifique su comportamiento por perturbación (Figura 12). Si el individuo seleccionado no inicia actividades de forrajeo durante 10 minutos, seleccionábamos un nuevo individuo focal (Bergmann *et al.* 2013). Cuando el desplazamiento de los individuos era lejos de la vista del observador se detenía el tiempo y se buscaba un nuevo individuo para la observación.

A cada individuo focal le determinamos su madurez sexual (juvenil o adulto) y sexo (solamente para los adultos); en ellos se cuantificó el tiempo en segundo para cada categoría del ciclo de forrajeo y se le determinó el éxito o fracaso según la estrategia utilizada; asimismo realizamos registros fotográficos (Nikon Coolpix B700 y Nikon D3200) y de video del comportamiento del forrajeo de los gavilanes.

Los tiempos (segundos) utilizados en categoría fueron determinados con la aplicación gratuita “Multi Cronó y Temporizador 2.7.3” (instalada en celular Samsung S5), en dicha aplicación fue posible determinar los tiempos independientemente para cada categoría del ciclo de forrajeo. Los períodos de observación fueron de 7:00 am a 12:30 pm, totalizando 11 muestreos en cada sitio de forrajeo de enero a mayo, acumulando 121 horas de observación, 60.5 horas para cada sitio de muestreo.



**Figura 12.** Observaciones del comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis*; por el método de selección de individuo focal, en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. Fotografía por © Iliana Barias

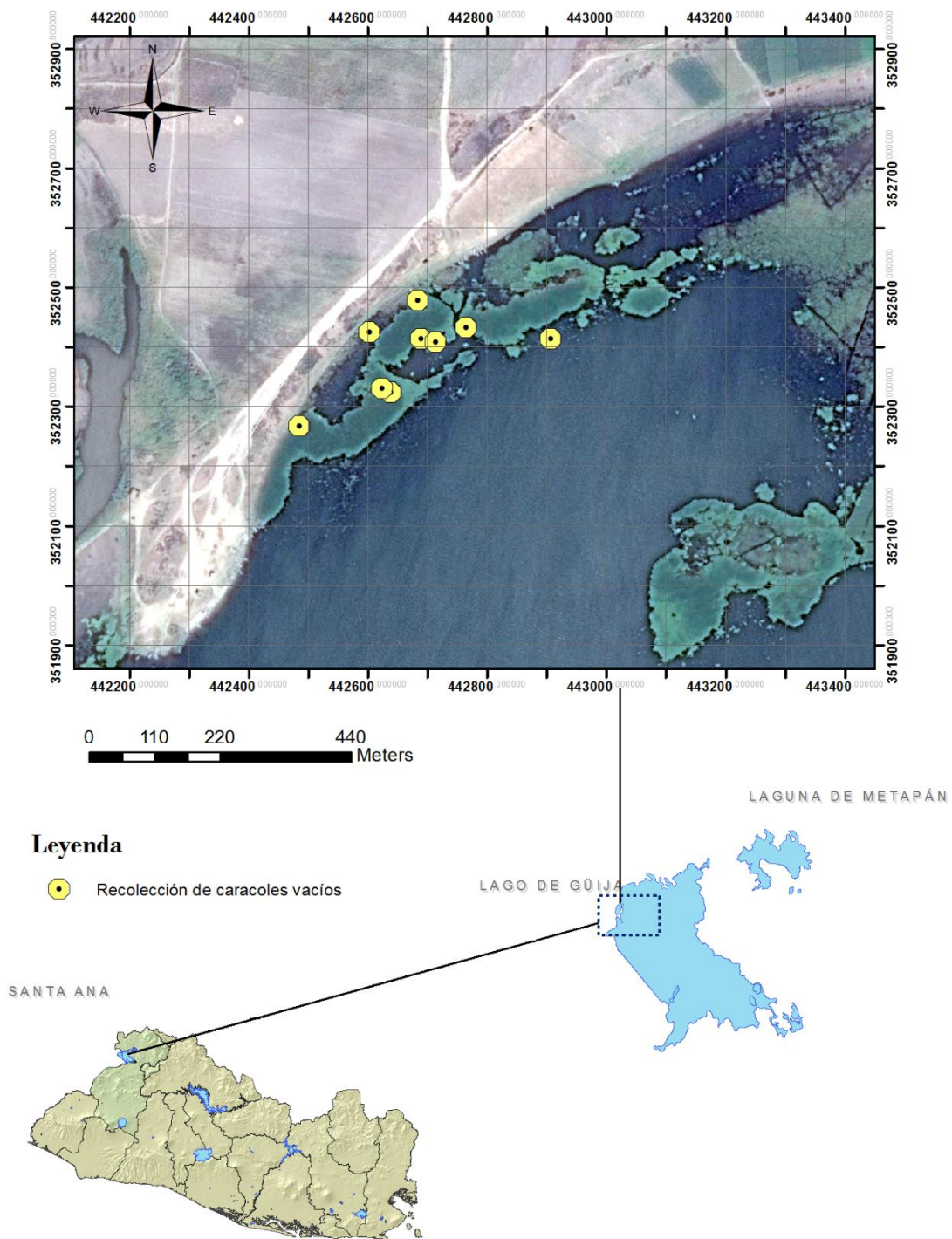
#### **4.2.2 Determinación de los tamaños de caracoles seleccionados por carrao (*Aramus guarauna*) y gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*)**

Para analizar la selección de tamaños de caracoles entre *A. guarauna* y *R. sociabilis*, recolectamos caracoles depredados por ambas especies en las perchas de alimentación y sitios frecuentes de alimentación para *R. sociabilis* y *A. guarauna* respectivamente (Figura

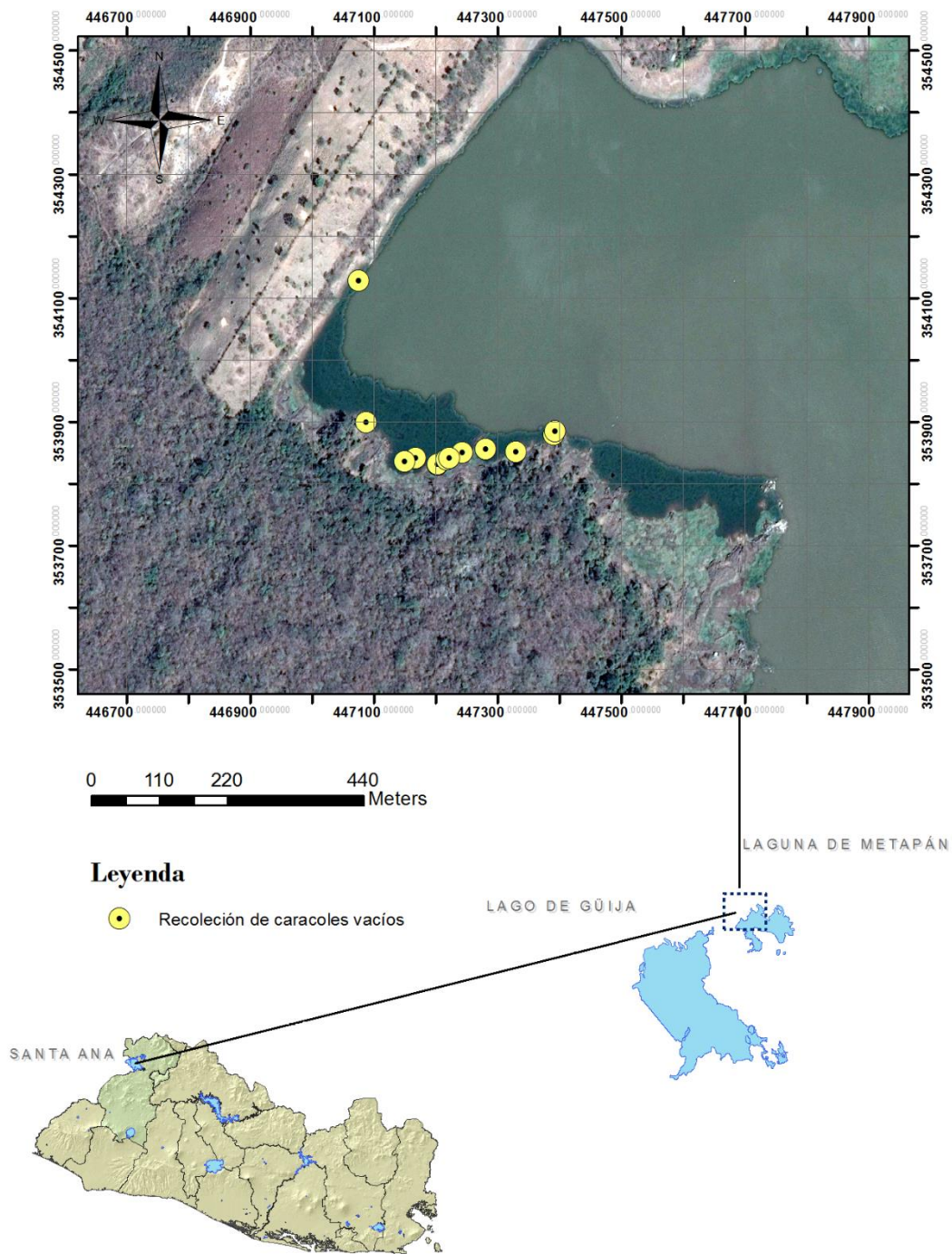
13 y 14). Los sitios de recolecta de caracoles fueron georreferenciados utilizando GPS Garmin eTrex Legend. La recolección de caracoles vacíos se realizó de forma manual (Figura 15), con distancias máximas de 5 m alrededor de las perchas de alimentación o realizando recorridos de 20 m en los bordes del humedal, en los cuales se había observado la actividad de ambas especies, en este caso, el punto de georreferencia fue marcado en la parte central del recorrido.

Las conchas recolectadas fueron separadas por especie, según las características del consumo. Las depredadas por *R. sociabilis* no presentaban ruptura de la concha, debido a que extrae completo las partes blandas del molusco, luego de separar el opérculo, sin dañar la concha; en cambio las consumidas por *A. guaruna* presentaban orificios en partes variables del caracol, producto del picotazo realizado para extraer la carne (Collett 1977, Estela y Naranjo 2005, Tanaka *et al.* 2006). Los caracoles recolectados fueron colocados en bolsas plásticas o ziploc, a las cuales se les colocó viñeta con el nombre de la especie que la depredó, fecha, sitio y coordenadas de la recolecta.

A las conchas vacías recolectadas se les determinó el largo (mm) con ayuda de un vernier digital (Figura 16). Los análisis fueron realizados para comparar el largo de los caracoles consumidos en ambos humedales y los depredados por *R. sociabilis* y *A. guaruna*. En total realizamos siete recolectas de caracoles vacíos en La Barra en los meses de enero, febrero y abril; y cuatro recolectas en el Rincón del Cuje en los meses de enero, marzo y abril.



**Figura 13.** Sitios de recolección de caracoles vacíos en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. Elaboración propia.



**Figura 14.** Sitios de recolección de caracoles vacíos en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. Elaboración propia.



**Figura 15.** Recolección de caracoles vacíos consumidos por *R. sociabilis* en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. Fotografía por © Iliana Barías.



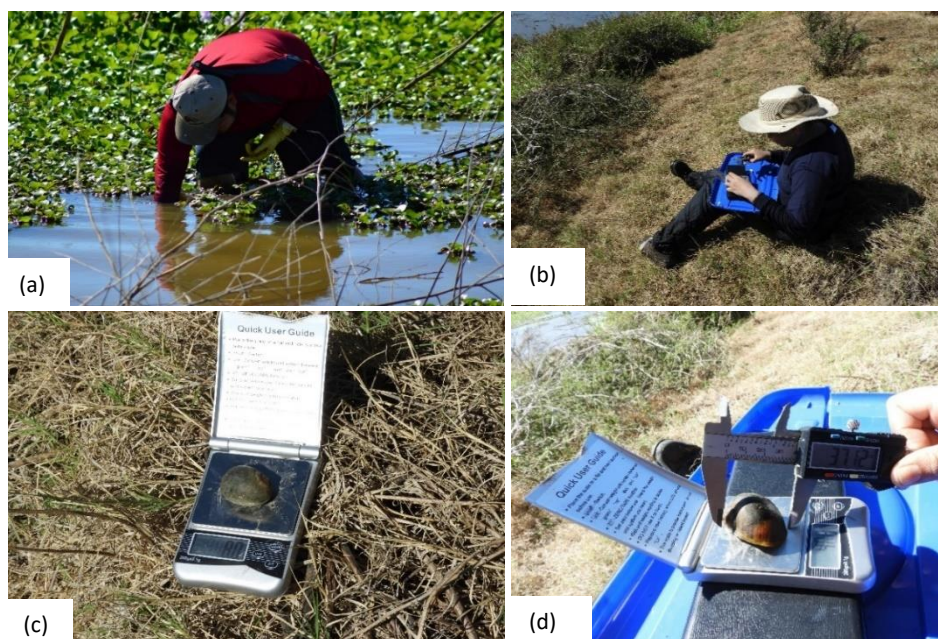
**Figura 16.** Mediciones realizadas en los caracoles recolectados; LC: largo de la concha. Fotografía por © Iliana Barías

#### 4.2.3. Densidad, peso y tamaño de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo.

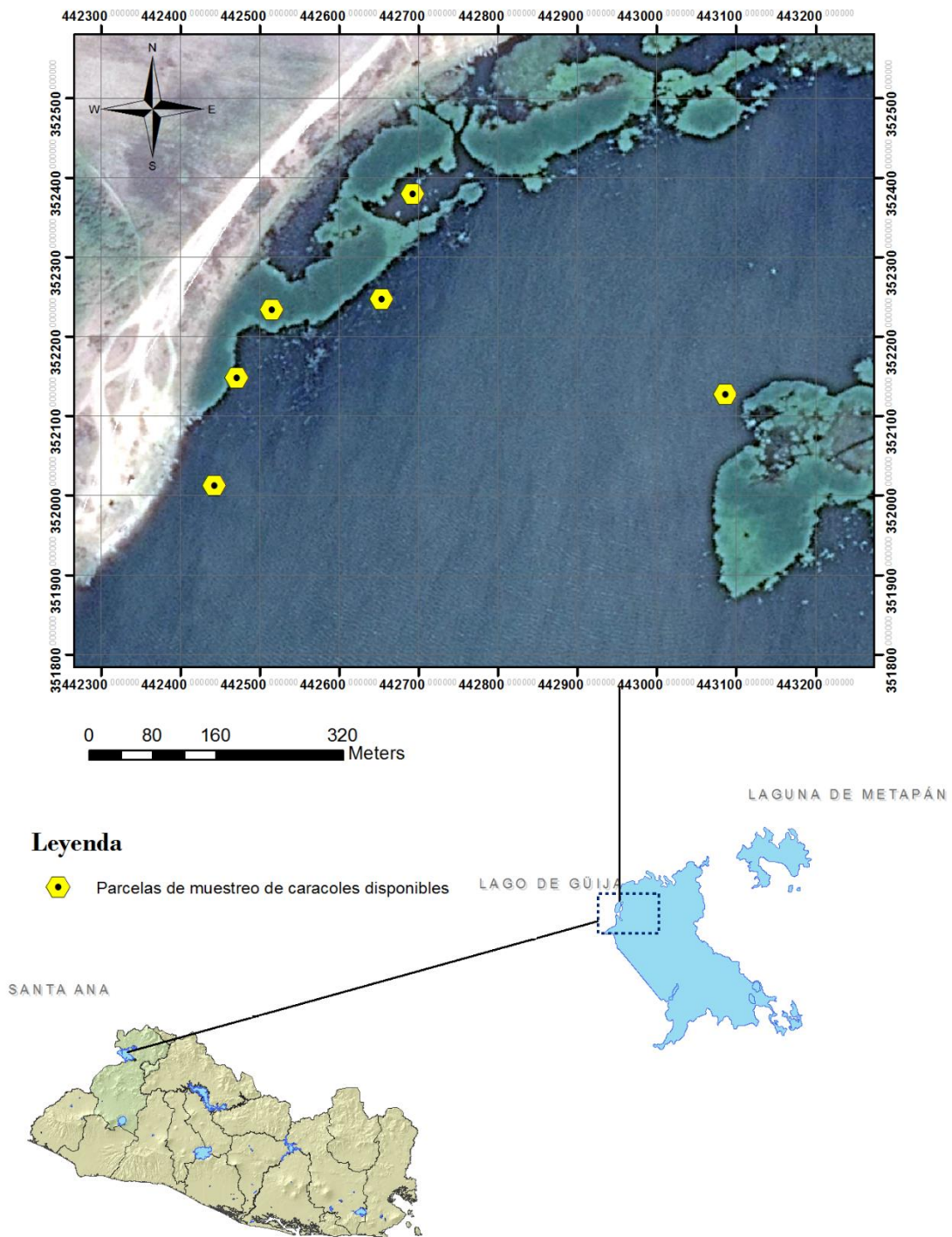
Para determinar la densidad y tamaño de caracoles disponibles en ambos sitios de forrajeo, realizamos tres muestreos de caracoles disponibles en los meses de enero, marzo y abril.

Para ello establecimos parcelas de 40 m<sup>2</sup> (n=6 por sitio) distribuidas al azar en los puntos donde observamos mayor actividad de *R. sociabilis*. Las dimensiones de las parcelas fueron de 2 m de ancho desde el límite hacia dentro del espejo de agua y 20 m de largo, con profundidad variable que osciló entre 50 a 125 cm aproximadamente, considerando que *R. sociabilis* cazan a su presa aproximadamente desde 16 cm de profundidad (Sykes 1987b). En total, muestreamos 240 m<sup>2</sup> en cada sitio de forrajeo (Figura 18 y 19).

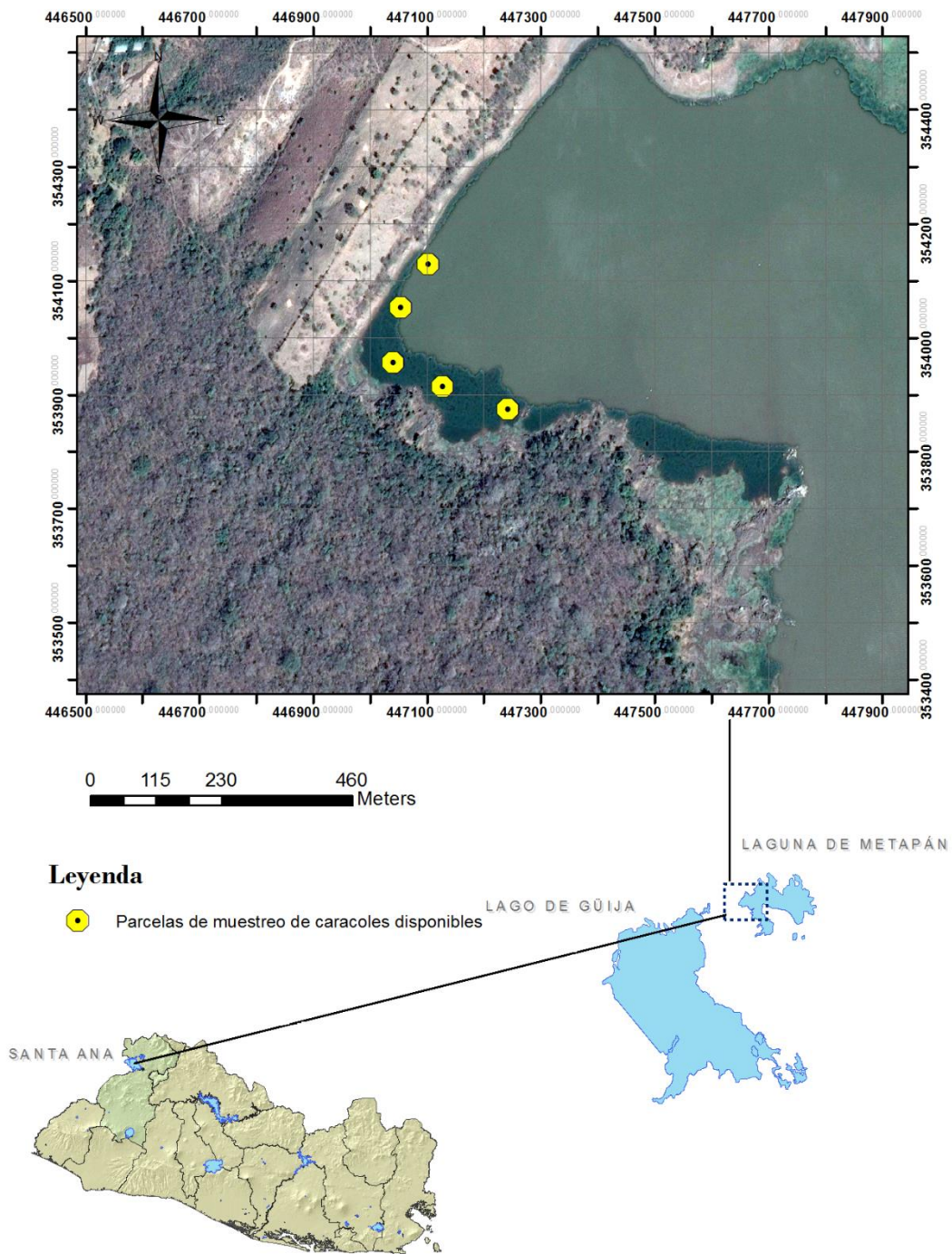
Realizamos búsqueda intensiva bajo la vegetación acuática (Figura 17a), en el fondo del lago, y sobre la columna de agua; al detectar caracoles, los recolectamos de forma manual (Beissinger 1983), y los colocamos una red de nylon para trasladarlos hacia fuera del espejo de agua donde medimos largo (mm) utilizando vernier digital (Figura 17d). Posterior a ello los caracoles fueron depositados en un recipiente de plásticos para ser regresados al humedal.



**Figura 17.** Muestreo de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo; (a) búsqueda intensiva de caracoles vivos en parcelas de 20x2 m, (b, c y d) medición del largo y peso de caracoles vivos recolectados. Fotografía por © Abizai Chinchilla e © Iliana Barías



**Figura 18.** Ubicación de las parcelas para el estudio de caracoles disponibles, en el sitio de forrajeo Sector La Barra. Elaboración propia.



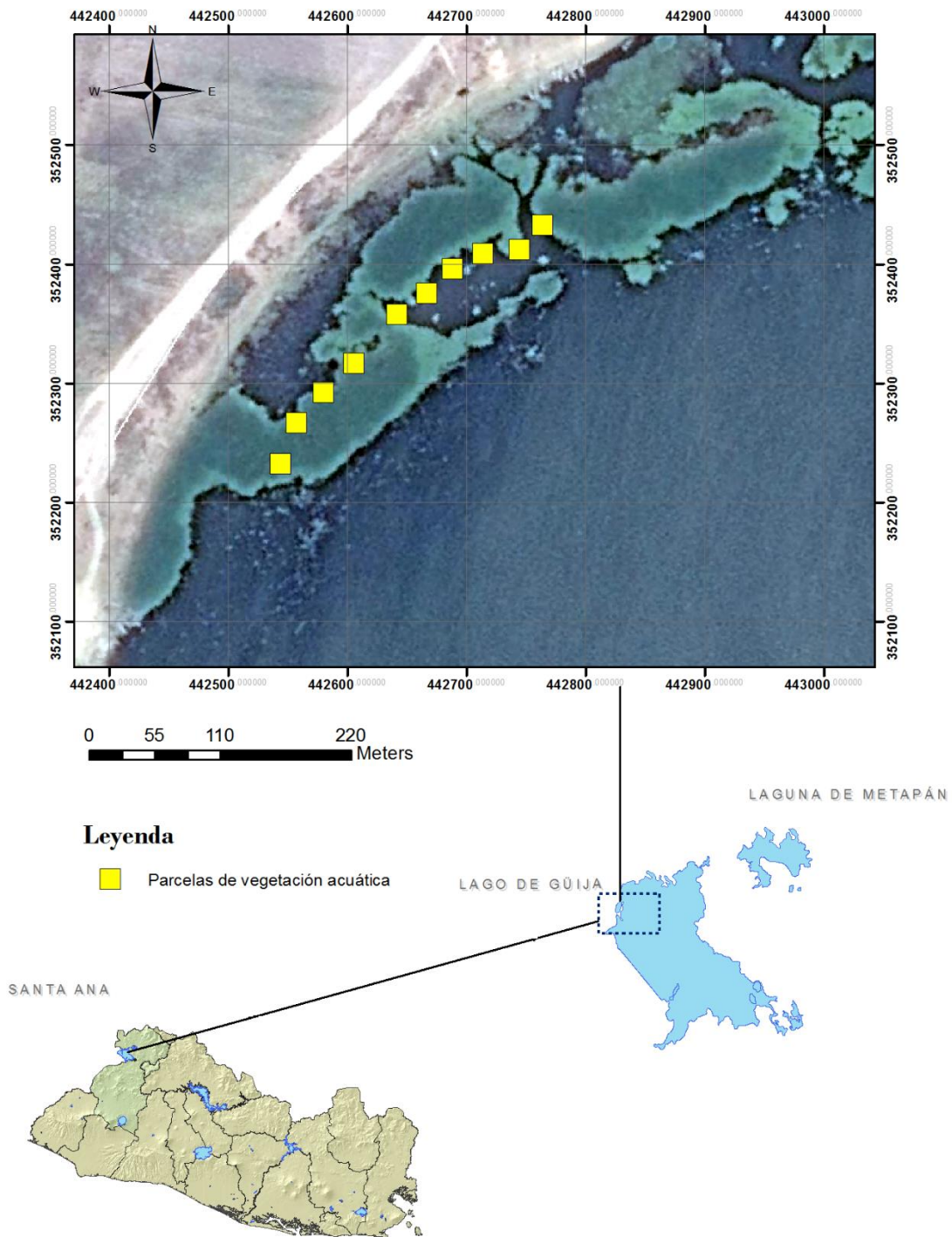
**Figura 19.** Ubicación de las parcelas para el estudio de caracoles disponibles en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje. Elaboración propia.

#### 4.2.4. Vegetación acuática en los sitios de forrajeo.

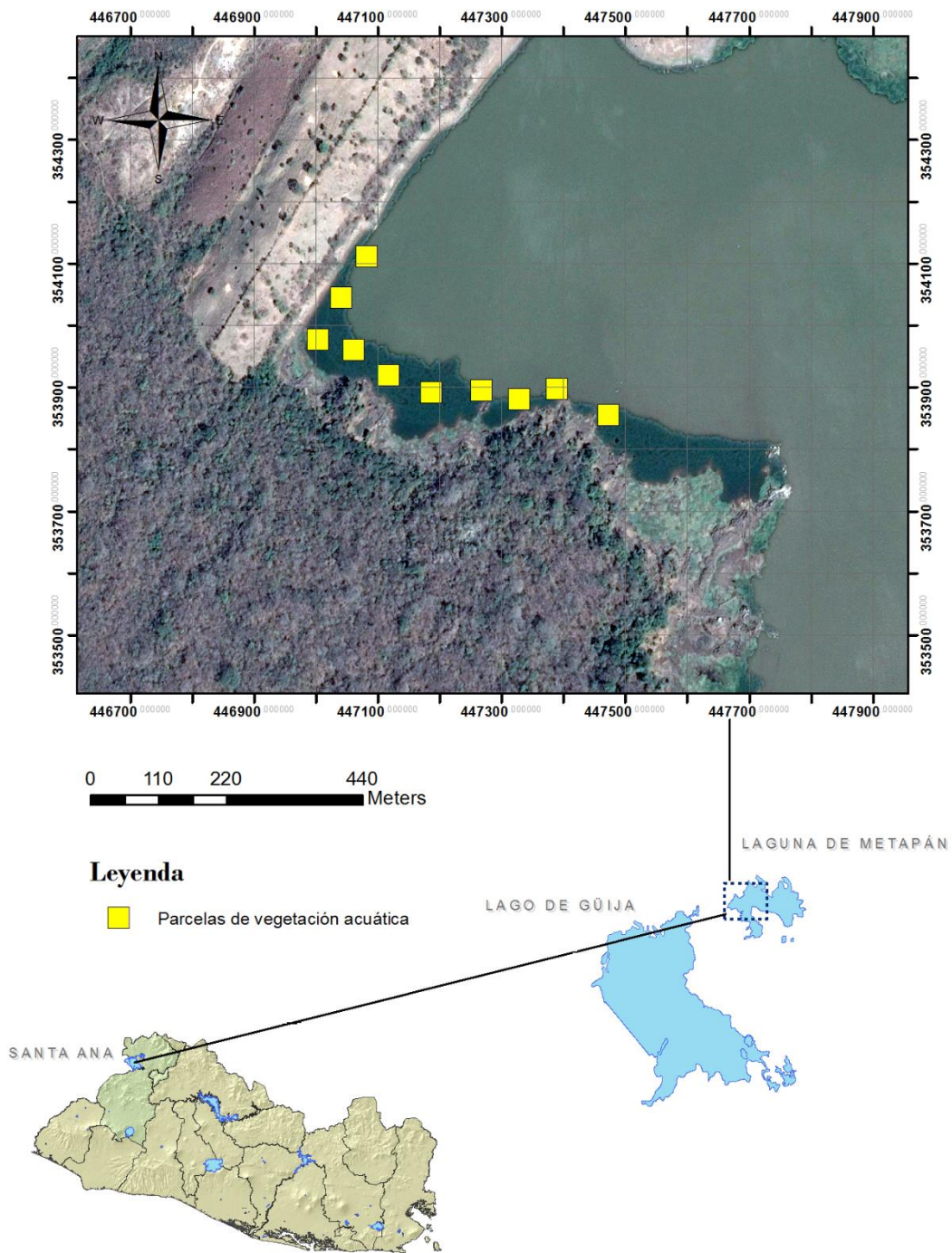
Para determinar la composición de la vegetación acuática en ambos sitios de forrajeo, establecimos 10 parcelas de 20m<sup>2</sup> con medidas variables de 2mx10m o 5mx4m según fuera la cobertura de la vegetación en el espejo de agua; las parcelas estuvieron separadas entre sí por 50 m y ubicadas en el trayecto 500 m de longitud que bordean el sitio de forrajeo de *R. sociabilis* (Figura 20 y 21).

Delimitamos cada parcela con cinta métrica, con el largo de la parcela ubicado hacía adentro del espejo de agua (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013). Las parcelas fueron georrefenciadas en su punto medio con GPS Garmin eTrex Legend y en ellas registramos los siguientes datos (Anexo 3):

- **Especie y abundancia en términos de cobertura.** Las especies que no logramos identificar *in situ* (Figura 22), les asignamos un código y posteriormente fueron colectadas en una prensa botánica y trasladadas al herbario de la Escuela de Biología, donde fueron identificadas por la MSc. Nohemy Ventura. La abundancia para cada especie fue determinada según la proporción de estas en la parcela con respecto al porcentaje de cobertura de agua en la parcela. De igual forma, a las especies Riparias se les determinó la altura sobre el espejo de agua con una cinta métrica, debido a que estas son potenciales para ser utilizadas por *R. sociabilis* como percha para alimentarse o pueden obstaculizar la visión del gavilán para realzar la caza.



**Figura 20.** Ubicación de las parcelas para el estudio de la vegetación en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija. Elaboración propia.



**Figura 21.** Ubicación de las parcelas para el estudio de la vegetación en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. Elaboración propia



**Figura 22.** Recolección de información en las parcelas de vegetación establecidas en los sitios de forrajeo de *R. sociabilis*. Fotografía por © Abizai Chinchilla

#### **4.2.5. Determinación de la rentabilidad del hábitat del sitio de forrajeo y del valor energético de *Pomacea flagellata*.**

Para determinar el valor energético que *Pomacea flagellata* proporciona a los individuos de *R. sociabilis*, establecimos ámbitos de tallas depredadas por *R. sociabilis*, y para posteriormente recolectarlas, las clasificamos como medianas (20 – 40 mm) y grandes (40 – 60 mm) según su largo; los caracoles vivos se colocaron en frascos con agua del humedal para ser trasladada en una hielera al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, donde se realizó el análisis bromatológico para conocer específicamente la composición química es decir, el porcentaje de carbohidratos, lípidos y proteínas de la carne de los caracoles.

#### **4.2.6. Conteo de individuos de *Rostrhamus sociabilis* y *Aramus guarauna* en los sitios de forrajeo.**

Para contabilizar los gavilanes y carraos en los sitios de forrajeo, utilizamos la metodología de conteo por trayecto, el cual permite cubrir más área y minimiza las probabilidades de realizar doble conteo, esta metodología es recomendada para la realización de estudios donde son pocas especies como objetivo y de individuos móviles (Bibby *et al.* 1998). El trayecto establecido para ambos sitios fue de 500 m, dado que era aproximadamente el área donde los

gavilanes presentaron conductas de forrajeo. Las observaciones se realizaron en horarios de 7:00 am a 9:30 am y de 11:00 am a 1:30 pm, se utilizaron binoculares (8x40mm) y telescopio (Celestron LandScout 12-36x60); así mismo, registramos a los individuos por medio de fotografías (Figura 23). Se registraron todos los individuos por observación directa en vuelo e individuos perchados. Para la identificación utilizamos las guías Hawks in flight (Dunne *et al.* 2012) y The Sibley guide to Birds Seconds edition (Sibley 2014). Las observaciones y conteos de los individuos de *A. guarauna* fueron simultáneos a los de *R. sociabilis*, contabilizamos los individuos que se encontraban en los sitios de forrajeo sobre la vegetación acuática o cerca del espejo de agua, también fueron identificado por medio de vocalizaciones.



**Figura 23.** Conteo de gavilanes *Rostrhamus sociabilis* en los dos sitios de muestreo (La Barra y Rincón del Cuje); (a y d) observación y determinación de sexo de individuos, (b) registro por medio de fotografías, (c) anotaciones y registro de números de individuo. Fotografía por © Iliana Barías y © Abizai Chinchilla.

### 4.3. Análisis de resultados

Para representar la dispersión y variabilidad de los datos realizamos gráficas de caja y bigote, barras, histogramas y curvas de densidad elaboradas en el programa estadístico R versión 3.3.1. De igual forma los valores de tendencia central, posición, dispersión y pruebas inferenciales de nuestras variables fueron determinadas en R.

A las variables que les determinamos el promedio, se presentan en el texto junto a su desviación estándar de la siguiente forma:  $\bar{X} \pm DE$ . Asimismo, La normalidad de las variables

se comprobó con la prueba de **Shapiro Wilk**, la cual consiste en la determinación del estadístico W asumiendo que la muestra aleatoria proviene de una distribución normal. Y está dada por:

$$W_c = \frac{\left( \sum_{i=1}^n a_i x_{(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\left( \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) \right)^2}{(n-1)S_{n-1}^2}.$$

Tomado de Morales 2010

Dónde: n= tamaño de la muestra;  $a_i$  es el i-ésimo elemento del vector;  $x_i$  son los valores de la i-ésima estadística del orden;  $\bar{x}$  es la media aritmética;  $S^2$  es la varianza y  $k= n/2$ .

El nivel de significancia definido para las pruebas de estadística inferencial y de normalidad fue  $\alpha=0.05$ . Las variables que no se ajustaban a la distribución normal no fueron transformadas y se les aplicó análisis no paramétricos.

#### **4.3.1. Análisis del comportamiento de forrajeo del gavián caracolero *Rostrhamus sociabilis***

A los valores obtenidos para las categorías del comportamiento de forrajeo se les determinó el promedio y la desviación estándar. El tiempo obtenido para cada categoría de comportamiento en juveniles y adultos en ambos sitios las representamos en graficas de cajas y bigotes.

Las comparaciones de los tiempos registrados para cada categoría del comportamiento de forrajeo global (incluyendo los juveniles) y por sexo (sin tomar en cuenta los juveniles) entre sitios fueron analizados con la prueba no paramétrica de **Wilcoxon de rangos sumados** también conocida como prueba U de Mann-Whitney (Fuchs y Barrantes 2015), la cual es utilizada para muestras independientes de variables no normales en las que la prueba T de Student para muestras independientes no puede ser utilizada. La prueba de Wilcoxon de rangos sumados determina el estadístico W utilizando los valores de  $R_1$  y  $R_2$  equivalentes a los de la prueba de Mann Withney (Zar 2010):

Fórmula para U de Mann-Whitney (Zar 2010):

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

$$U' = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

Donde:

n= tamaño de la muestra 1 y 2

R= suma de rangos de la muestra 1 y 2

La suma de rangos de Wilcoxon utiliza los siguientes parámetros (Zar 2010):

$$U = R_2 - n_2 \frac{(n_2 + 1)}{2}$$

$$U' = R_1 - n_1 \frac{(n_1 + 1)}{2}$$

#### 4.3.2. Análisis de las estrategias de caza

El éxito y el fracaso de acuerdo a la estrategia de caza (en vuelo o desde la percha) utilizada, tanto en juveniles como en adultos por sitio y entre los sitios fueron evaluados con la **prueba de chi cuadrado ( $\chi^2$ ) de independencia** y graficadas a través de barras. En esta prueba se comparan las frecuencias de una variable nominal con diferentes valores de una segunda variable nominal. A diferencia del chi cuadrado de bondad de ajuste, en esta prueba no se espera una variable nominal con expectativas teóricas. El fundamento aritmético de la prueba es la misma, la diferencia es la forma en las que se obtienen los valores esperados. En el chi cuadrado de independencia, solo las frecuencias observadas son utilizadas para calcular las esperadas (McDonald 2008).

El valor del  $\chi^2$  se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$\chi^2_{(\alpha, gl.)} = \sum \frac{(o-e)^2}{e}$$

$o$  = frecuencias observadas en el inventario  
 $e$  = frecuencia esperada de una celda, suponiendo que no hubiese asociación  
 $e = \frac{c_i * f_i}{N}$   
 $c_i$  = total de la columna donde está la celda  
 $f_i$  = total de la fila donde está la celda  
 $N$  = n° total de casos  
 gl. (grados de libertad) = (n° columnas-1)\*(n° filas-1)

Tomado de Castro 2004

#### 4.3.3. Evaluación de los tamaños de caracoles depredados por *R. sociabilis* y *A. guarauna*.

Comparamos la selección de tallas depredadas por *R. sociabilis* y *A. guarauna* y los caracoles consumidos por *R. sociabilis* por sitio de muestreo; a la variable “largo de la concha” le determinamos el promedio y la desviación estándar, de igual forma los valores obtenidos para esa variable los representamos a través de histograma y curvas de densidad. En las curvas de densidades la frecuencia relativa se ubica en el eje “y” y sobre el eje “x” se ubican las tallas de caracoles consumidos. Toda el área bajo la curva equivale a 1.0 (Fusch y Barrantes 2015).

Para determinar si existe diferencia entre la selección de tallas entre ambas especies y entre los sitios de estudio, aplicamos la prueba de Wilcoxon de rangos sumados y la prueba paramétrica **T de Student para muestras independientes**. La prueba T de Student se basa en la comparación de medias (Castro 2004). Los valores se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$t_{cal} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sc \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

$$Sc = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$n_1$  y  $n_2$  = tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente

$\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  = medias de las muestras 1 y 2 respectivamente.

$S^2$  y  $S^2$  = varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente.

#### 4.3.4. Determinación de la densidad y tamaños de caracoles disponibles

A los valores de largo de caracoles disponibles se les determinó la media y la desviación estándar para ambos sitios. La densidad de los caracoles disponibles en cada sitio de muestreo se obtuvo con la siguiente formula:

$$Densidad = \frac{\text{Número de caracoles vivos}}{\text{Área muestreada}}$$

El largo de los caracoles disponibles se representa en histogramas para cada sitio y se compara con los caracoles depredados a través de la prueba de T de Student y Wilcoxon de Rangos sumados.

#### 4.3.5. Determinación de la rentabilidad de los sitios de forrajeo y del alimento

Para estimar la rentabilidad del hábitat utilizada para el forrajeo por los individuos de *R. sociabilis*, empleamos el modelo de rentabilidad, que fue usado y modificado por Bourne (1985b). Este modelo se determina por la siguiente ecuación:

$$\Delta_i(t) = (f_i - n_i(t)) \cdot e_i$$

$\Delta_i(t)$ : es la rentabilidad del hábitat

$f_i$ : es la frecuencia o abundancia de los caracoles por cada metro cuadrado muestreado.

$n_i(t)$ : es el número de caracoles que ingesta un caracolero por el tiempo.

$e_i$ : denota el valor energético en cada ingesta de caracol dividido por el tiempo de manipulación.

### - Valor energético.

Para calcular el valor energético que los caracoles de cada ámbito de talla les proporcionan a los individuos de *R. sociabilis*, utilizamos los valores de factores de conversión propuesto por Atwater (Pérez-Grana 2013). Para la determinación de los valores se realiza el producto del número de caracoles consumidos por los individuos observados en un período de tiempo por el peso promedio de carne obtenida de los caracoles recolectados. Este primer resultado se multiplica por los gramos obtenidos de cada componente de análisis bromatológico (Anexo 7) de los caracoles (proteínas, lípidos y carbohidratos) multiplicado por el factor de conversión establecido; el cálculo finaliza con la sumatoria de los tres componentes, para poder obtener la cantidad de calorías consumidas por *R. sociabilis*.

$$e_i = \sum ((n)(\bar{x}peso))(\% \text{ carbohidratos})(4 \text{ Kcal/g}) + ((n)(\bar{x}pes))(\% \text{ proteínas})(4 \text{ Kcal/g}) \\ + ((n)(\bar{x}pes))(\% \text{ lípidos})(9 \text{ Kcal/g})$$

$e_i$ : Valor energético;  $n$ : número de caracoles consumidos durante un período de tiempo

### - Rentabilidad del alimento

La rentabilidad del alimento según la talla seleccionada se expresa como la energía que obtiene un individuo de una presa por unidad de tiempo invertida en su búsqueda y manejo para su consumo; esto nos permite cuantificar el beneficio que obtiene un depredador. La estimación de la rentabilidad la calculamos con la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{c_j * (0.9)}{(ts_{ij} + th_{ij})}$$

$P_i$ : rentabilidad del alimento expresado en kcal/min.

$c_i$ : es el contenido calórico por tallas de los caracoles.

0.9: es el coeficiente de digestión aproximado para los caracolos (Beissinger 1984).

$ts_{ij}$ : es el tiempo promedio de búsqueda del alimento.

$th_{ij}$ : es el tiempo promedio del manejo de las presas en vuelo y percha.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Comportamiento de forrajeo

#### 5.1.1 La Barra

Los individuos de *Rostrhamus sociabilis* observados en el sitio de forrajeo provenían del sector del bosque de La Barra o del sector de Los Pajalitos. Las actividades de forrajeo iniciaban con la búsqueda activa de alimento utilizando las estrategias de caza en vuelo y desde la percha; en la primera de ellas los gavilanes realizaban recorridos sobre el espejo de agua (Figura 24), con vuelos en círculos, al detectar la presa se lanzaban con las garras dirigidas hacia la presa, la cual cazaba con una de sus patas. En la estrategia desde la percha, los individuos realizaban movimientos activos de su cabeza observando alrededor de su percha, al detectar a su presa, realizaba vuelos cortos para proceder a la caza (Figura 25).

Durante la búsqueda de alimento no observamos duelos territoriales con otras especies acuáticas como pichiches (*Dendrocygna autumnalis* y *D. bicolor*) pato chancho (*Phalacrocorax brasilianum*) o patos migratorios (*Spatula clypeata* y *S. discors* principalmente) de igual forma con otras rapaces presentes en el sitio de forrajeo (*Pandion haliaetus*, *Circus hudsonius*, *Elanus leucurus*, y *Caracara cheriway*), sin embargo, si observamos interacción con dos juveniles de gavilán cola blanca (*Geranoaetus albicaudatus*; Figura 26) a quienes un macho de *R. sociabilis* alejó del espejo de agua.

Con respecto a las relaciones entre individuos de *R. sociabilis*, observamos comportamiento territorial entre machos, quienes alejaban de las perchas de alimentación a individuos con caza exitosa y en una ocasión lograron despojarlo de su caracol. La captura del caracol la realizaban principalmente en el espejo de agua; en una ocasión se observó la extracción de caracoles que se encontraban en el lodo (Fig. 27a). La captura de la presa la realizaban con sus patas y generalmente se colocaban el caracol en el pico (Fig. 27b) cuando la caza era en vuelo y cuando era desde la percha lo mantenían sobre una pata.

Luego de la captura de su alimento, los caracoleros se dirigían a sus perchas de alimentación constituidas por troncos, o ramas gruesas abandonadas por los pescadores, asimismo se le observó alimentándose sobre las franjas de *Eichornia crassipes* y en arbustos de *Heimia salicifolia*. En ocasiones, los individuos capturaban a su presa y luego se dirigían hacia el sector del bosque de La Barra, actividad poco usual observada en al menos cinco individuos,

principalmente en los meses de marzo y abril. Al manipular su presa en la percha, los individuos que habían sido parte de peleas intraespecíficas vocalizaban constantemente. Durante esta actividad, un juvenil se vio increpado por un macho adulto de *Quiscalus mexicanus*, quien lo alejó del sitio donde se estaba alimentando, obligando al gavilán a cambiar de percha. Similar comportamiento fue observado en un macho adulto, quien fue alejado del sitio de forrajeo por una bandada de *Q. mexicanus*.

La extracción de la carne la realizaban sosteniendo el caracol sobre una de sus patas (Figura 28a) y colocando hacía arriba la apertura del caracol, luego con su pico despojaban el opérculo y extraían la carne en reiteradas ocasiones sin destruir la concha, al finalizar, soltaban el caracol y esperaban la búsqueda de la siguiente presa (Figura 28b) con tiempos variados; en ocasiones la búsqueda era inmediata.



**Figura 24.** Búsqueda de alimento utilizando la estrategia de caza en vuelo. Fotografía por © Abizai Chinchilla.



**Figura 25.** Búsqueda de alimento utilizando la estrategia de caza desde la percha. Fotografía por © Abizai Chinchilla.



**Figura 26.** Juveniles de *G. albicaudatus* que fueron alejados del espejo de agua por un adulto macho de *R. sociabilis*. © Abizai Chinchilla



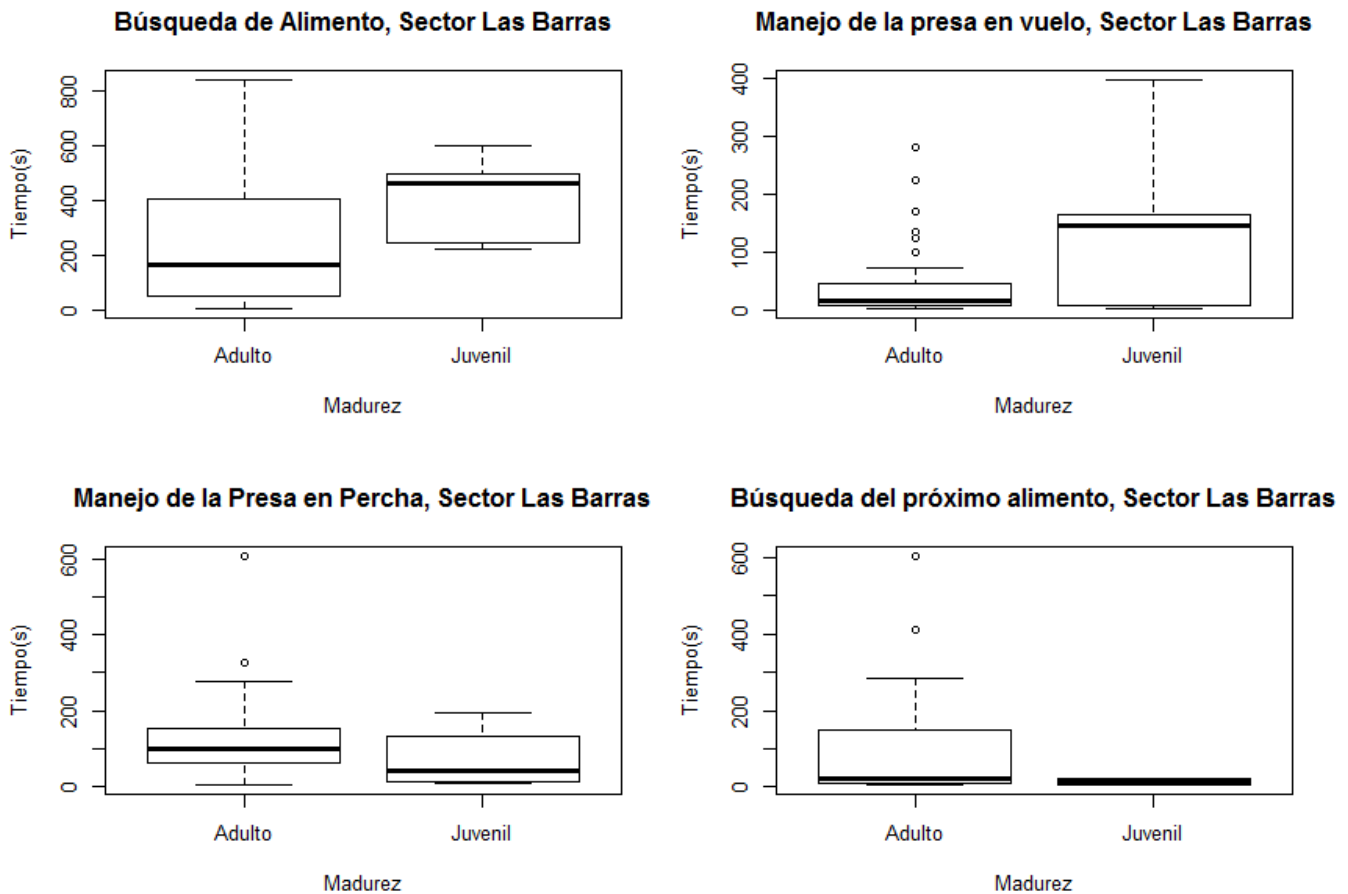
**Figura 27.** (a) *R. sociabilis* alimentándose luego de extraer el caracol del lodo; (b) *R. sociabilis* manejando la presa en el pico hasta llegar a su percha de alimentación. Fotografías por © Abizai Chinchilla.



**Figura 28.** (a) *R. sociabilis* alimentándose desde su percha; (b) búsqueda del próximo alimento. Fotografías por © Abizai Chinchilla.

- **Comparación de comportamiento de forrajeo por madurez sexual**

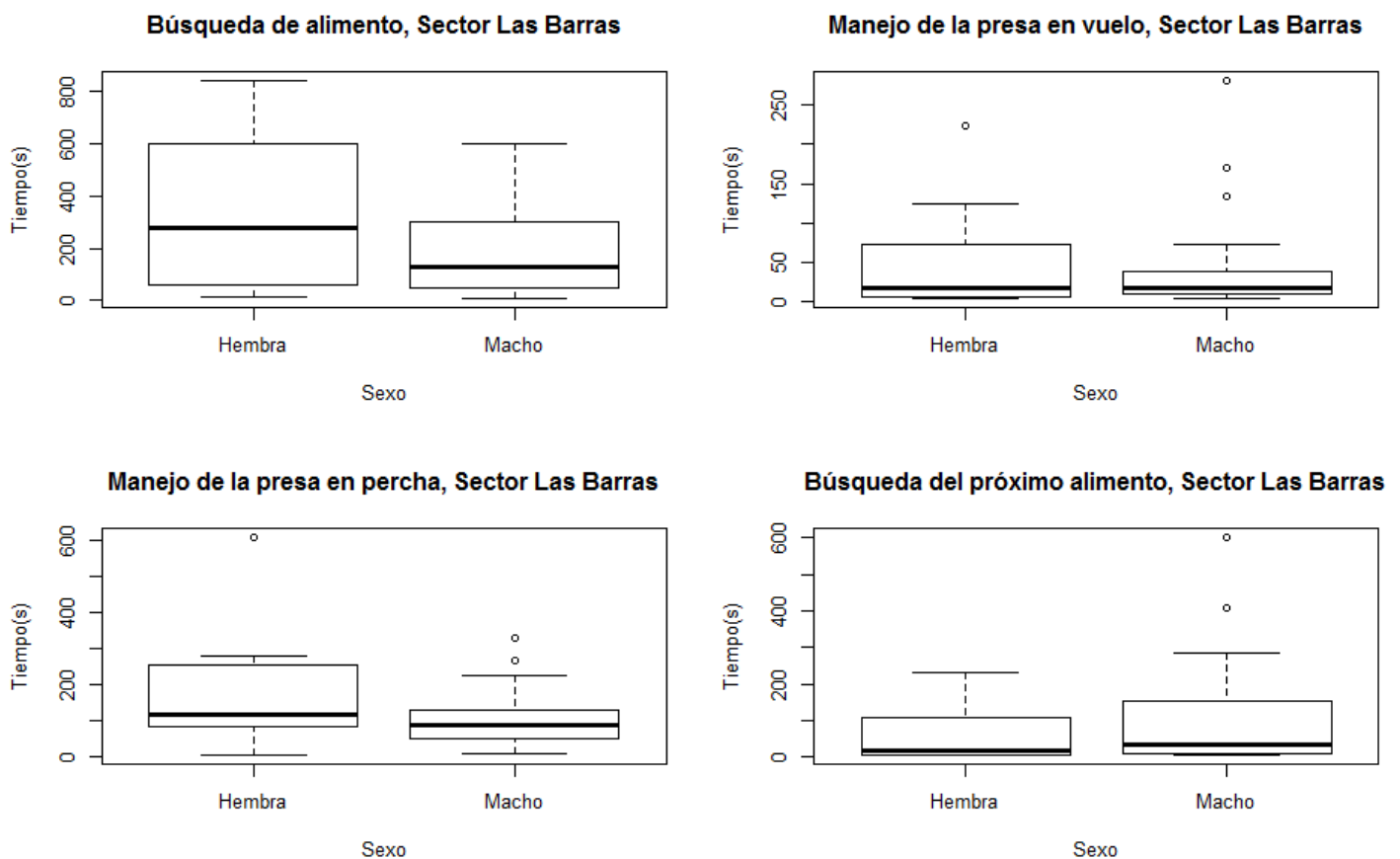
Registramos 66 ciclos de forrajeo en el sector de La Barra, de los cuales 40 fueron en machos, 17 en hembras y 9 en juveniles. Al agrupar a los individuos adultos y juveniles, encontramos mayor inversión en la búsqueda de alimento por parte de los juveniles ( $\bar{X}=396.70\pm154.10$  s; adultos,  $\bar{X}=251.90\pm237.55$  s). Con respecto al manejo de la presa en vuelo, los juveniles ocuparon mayor tiempo en el traslado de la presa hasta la percha de alimentación ( $\bar{X}=144.4\pm160.69$  s; adultos  $\bar{X}=42.77\pm61.29$  s). La variable de manejo de la presa en percha para ambas categorías presentó similitud en cuanto a la dispersión de datos  $\bar{X}=125.84\pm114.3$  s para los adultos y  $\bar{X}=70.83\pm86.21$  s en los juveniles, y la búsqueda del próximo alimento, en la categoría de juveniles presentó únicamente dos valores (20 s y 5 s) (Figura 29).



**Figura 29.** Comparación por madurez del comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis* en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija.

- **Comparación del comportamiento de forrajeo por sexo**

Identificamos 40 ciclos de forrajeo en individuos machos y 17 en hembras. Con respecto a la búsqueda de alimento, las hembras invertían mayor tiempo en esta actividad ( $\bar{X}=279.6\pm 296.24$  s) en comparación a los machos ( $\bar{X}=203.4\pm 189.92$  s). Los tiempos de manejo de la presa en vuelo fueron similares; en el manejo de la presa en la percha, las hembras obtuvieron tiempo más amplio para su manejo, sin embargo, tardaron menos tiempo en buscar la próxima presa: hembra  $\bar{X}=65.01\pm 85.32$  s, macho  $\bar{X}=110.8\pm 158.70$  s (Figura 30).



**Figura 30.** Comparación por sexo del comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis* en el sitio de forrajeo Sector La Barra.

### 5.1.2 Rincón del Cuje

En el sector del Rincón del Cuje, observamos ambas estrategias de caza por los gavilanes caracoleros. Los gavilanes se acercaban al sitio de forrajeo provenientes de la parte interna del bosque de San Diego La Barra, ubicado al sur de este sector. Los gavilanes que se acercaban al espejo iniciaban la búsqueda de alimento en vuelo o desde una percha, que usualmente eran estacas abandonadas por los pescadores; también se les observó utilizando las rocas como percha de alimentación y la vegetación acuática (*Eichornia crassipes* y *Heimia salicifolia*) (Figura 31). En ocasiones, los gavilanes se trasladaban con el caracol en el pico hacía el interior del bosque (Figura 32). Cuando realizaba recorridos alrededor del espejo de agua y no observaba su presa, el gavilán desistía de la búsqueda y regresaba al interior del bosque.

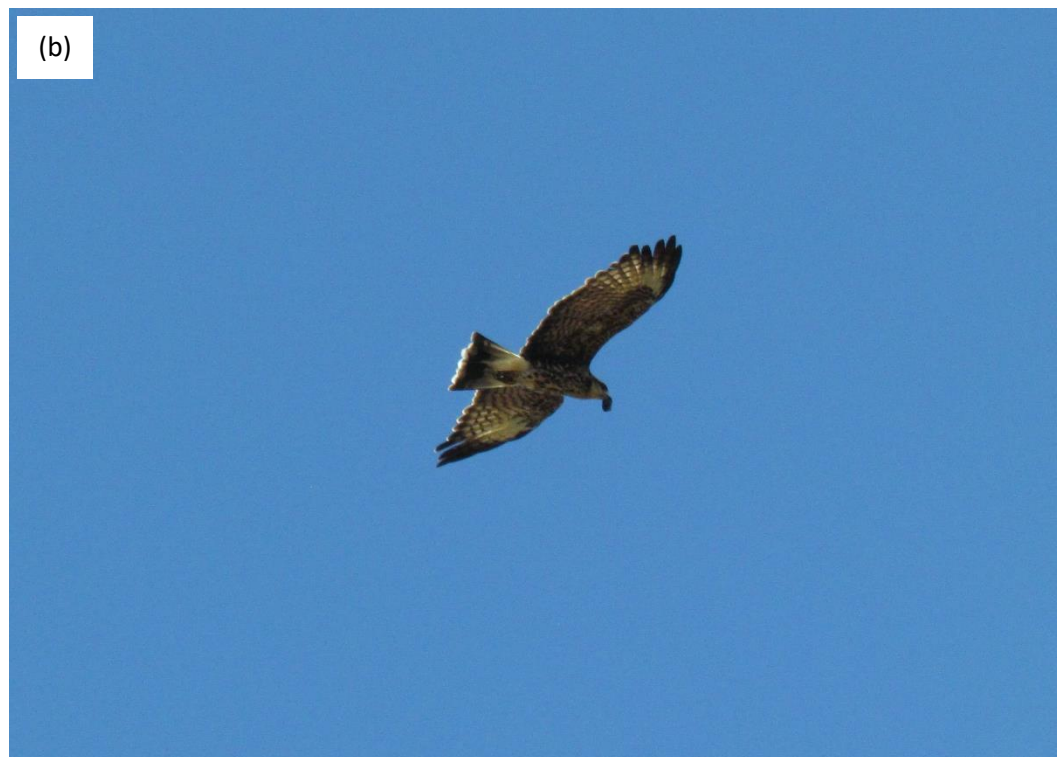
En este sector los gavilanes compartían percha con zopilotes cabeza negra (*Coragyps atratus*) en los bordes de la laguna, donde generalmente se alimentaba el gavilán cuando su estrategia de caza era en vuelo. No registramos peleas entre las aves acuáticas como *Phalacrocorax brasilianum*, *Spatula discors*, *S. clypeata*, pelicanos blancos (*Pelicanus erythrorhynchus*) y cigüeñas (*Mycteria americana*). A diferencia del sector de La Barra, se registraron peleas territoriales entre *R. sociabilis* y *Buteogallus antracinus* y *C. cheriway*, estas especies fueron alejadas luego de una persecución e intentos de ataque, acompañados de vocalizaciones constantes. No hubo peleas entre los caracoleros y otras rapaces observadas en el sitio como *Herpethotes cachinans*, *Falco peregrinus* y *Buteo albonotatus*.

Solamente durante una ocasión observamos el desplazamiento de una hembra adulta de *R. sociabilis* de una percha de alimentación debido a ataques recibidos por un macho de *Quiscalus mexicanus*. Similares comportamientos intraespecíficos se registraron en este sector, cuando grupos de dos o tres caracoleros atacaban a un individuo con caracol, buscando alimento, o alimentándose en una percha, ocasionando su movilización.

Registramos desplazamientos de machos hacia hembras que buscaban alimento, y entre machos cuando se encontraban alimentando en sus perchas. La caza de caracoles siempre la realizaron sobre el espejo de agua. En este sector, debido al descenso de los niveles de agua se formaron pequeñas islas de lodo, pese a ello, los gavilanes no realizaron caza en el lodo como en el sector de La Barra.



**Figura 31.** (a) Manejo de la presa en perchas ubicadas en el borde del espejo de agua y (b) manejo de la presa en troncos abandonados por pescadores y en rocas. Fotografía por © Abizai Chinchilla.

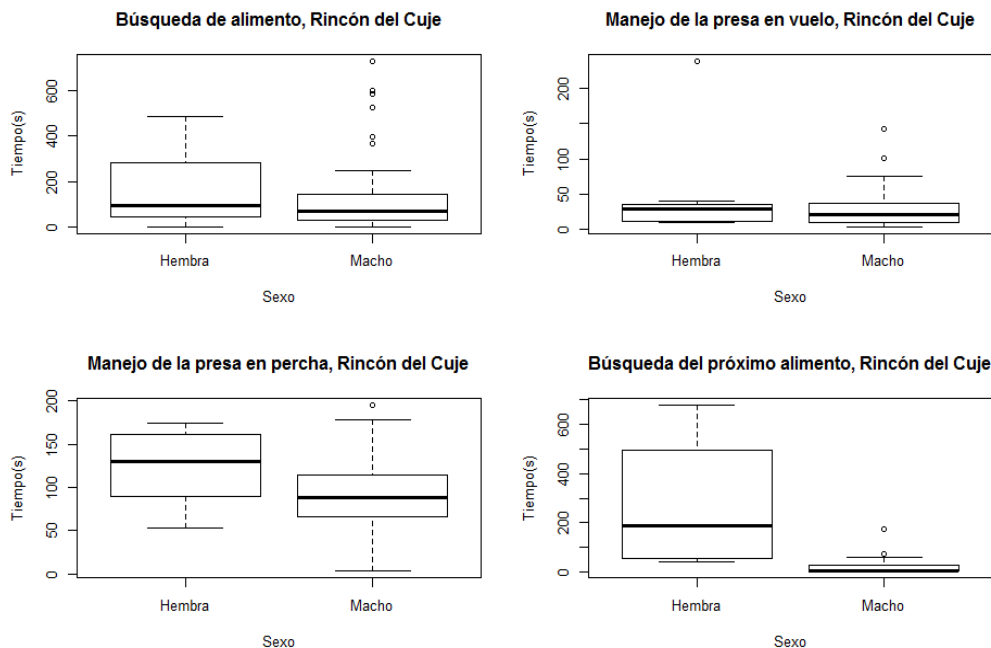


**Figura 32.** Manejo de la presa en las garras (a) y en el pico (b) ambos en utilizando estrategia de caza en vuelo.  
Fotografías por © Abizai Chinchilla

### - Comparación de comportamiento de forrajeo por sexo

Las categorías por madurez (adulto/juvenil) en este sector no fueron evaluadas debido a que solamente se presentó un individuo juvenil. Al comparar el comportamiento por sexo se totalizan 11 hembras y 45 machos. En la búsqueda de alimento se observa mayor dispersión en el tiempo por parte de los machos, obteniendo máximos de 727 s y promedio de  $137.39 \pm 182.13$  s. En contraste el tiempo máximo de búsqueda de alimento por las hembras fue de 483 s, promediando  $166.49 \pm 157.37$  s.

El manejo de la presa en vuelo fue similar en ambos sexos; los valores de las hembras se ven influenciadas por un individuo que presentó 239 s (valor máximo) en el manejo. En promedio los machos ( $\bar{x}=32.15 \pm 30.93$  s) manejaron menos tiempo la presa en vuelo comparado con las hembras ( $\bar{x}=45.01 \pm 69.16$  s). La manipulación de la presa en la percha de alimentación fue más amplia en tiempo por parte de los machos, obteniendo valores entre 3 s a 195 s, en cambio la amplitud en las hembras fue de 53 s a 175 s. El mayor tiempo para la manipulación de la presa en percha fue por parte de las hembras, promediando  $123.33 \pm 47.27$  s de manejo; los machos promediaron  $90.38 \pm 43.39$  s. En cuanto a la búsqueda del próximo alimento los machos esperaban menos tiempo para buscar otra presa, en cambio las hembras presentaron tiempos hasta de 676.9 s (Figura 33).

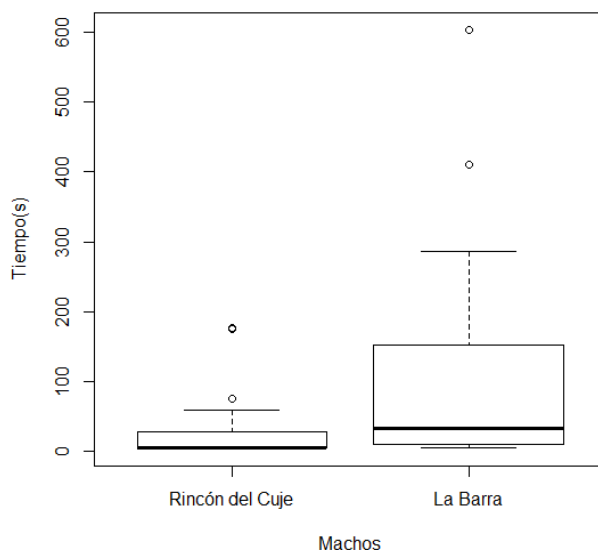


**Figura 33.** Comparación por sexo del comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis* en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje.

### 5.1.3 Comportamiento de forrajeo en el sector La Barra y Rincón del Cuje.

#### - Comparación del comportamiento por sexo

Al evaluar por género las categorías de forrajeo entre cada sitio, no encontramos diferencias entre el manejo de la presa en percha, en vuelo y búsqueda de cada alimento entre sexo. Sin embargo, al analizar la búsqueda del próximo alimento por parte de los machos, se encontraron diferencias para ese comportamiento entre los sitios ( $W=97$ ,  $P=0.0029$ ; Figura 34) siendo mayor la inversión en la búsqueda del próximo alimento por los machos que forrajean en el sector de Las Barras.



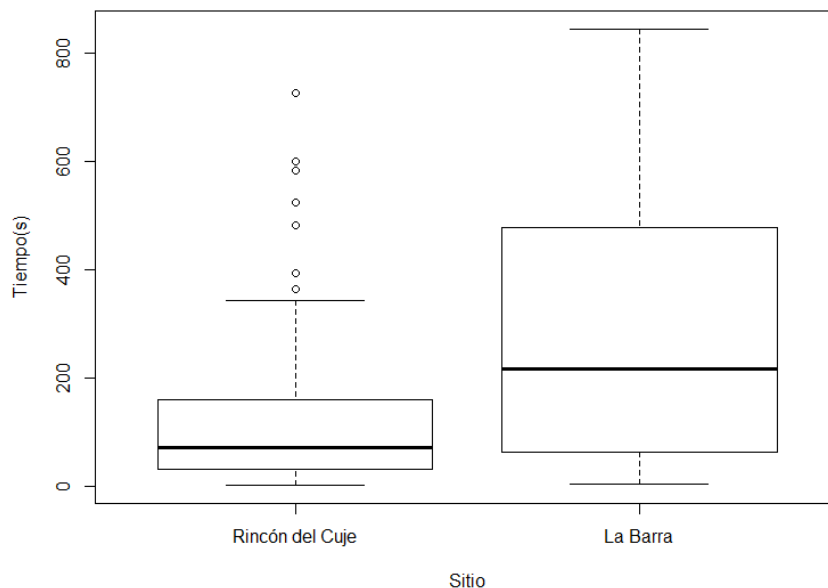
**Figura 34.** Inversión de tiempo en la búsqueda del próximo alimento por machos en ambos sitios de forrajeo.

#### - Comparación del comportamiento global

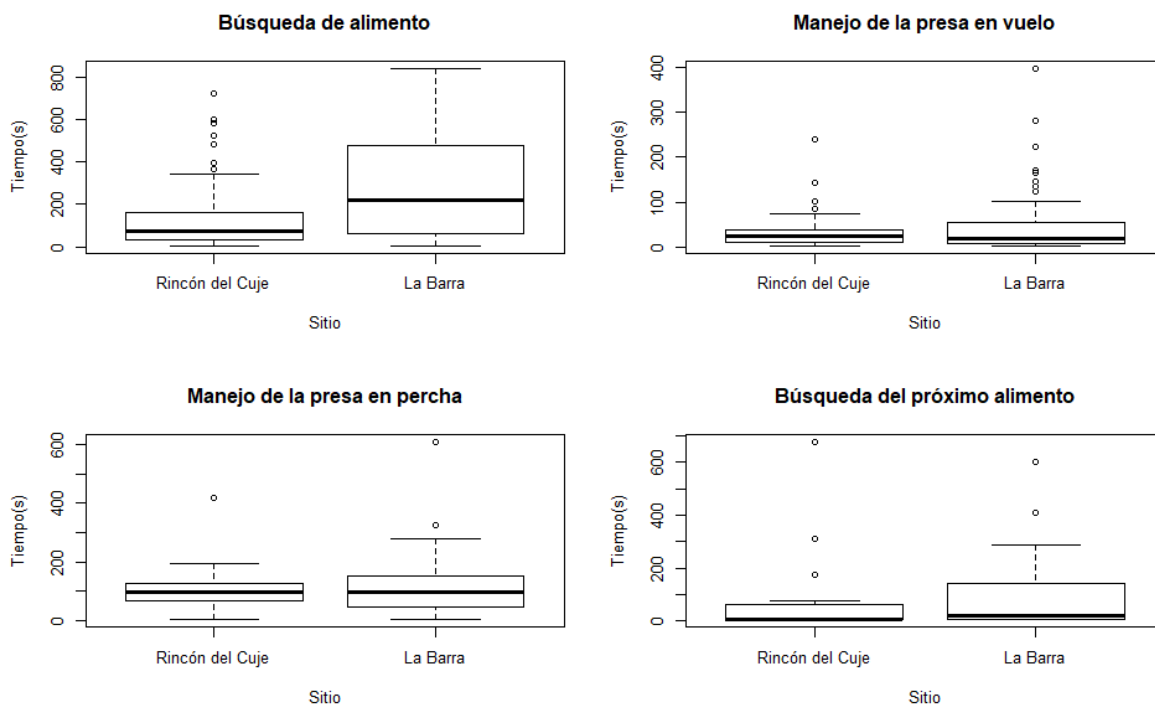
Contabilizamos 57 ciclos de forrajeo en el Rincón del Cuje y 66 en el sector de Las Barras. Al analizar cada variable de forrajeo por sitio, encontramos que los individuos que forrajean en La Barra invierten mayor tiempo en la búsqueda de alimento que los individuos en el Rincón del Cuje ( $W=958.5$ ,  $P=0.002$ ; Figura 35). Con respecto al manejo de la presa en vuelo, los individuos de La Barra invirtieron mayor tiempo en el traslado de la presa hacia su percha de alimentación, de igual forma se nota el comportamiento diferenciado por cada individuo (atípicos).

El tiempo promedio de manejo de la presa en vuelo en el sector de Las Barras fue de  $53.57 \pm 81.21$  s y en el Rincón del Cuje fue de  $36.84 \pm 42.75$  s. Con relación a las variables de manejo de la presa en percha (MPP) y búsqueda del próximo alimento (BPA), en ambas, el

tiempo promedio invertido fue mayor por los individuos que forrajearon en el sector de La Barra (MPP: Rincón del cuje:  $\bar{X}=106.86\pm 72.47$  s, La Barra:  $\bar{X}=120.6\pm 112.29$  s; BPA: Rincón del cuje:  $\bar{X}=71.55\pm 149.15$  s, La Barra:  $\bar{X}=90.18\pm 135.35$  s; Figura 36).



**Figura 35.** Inversión de tiempo en la búsqueda de alimento en ambos sitios de forrajeo.



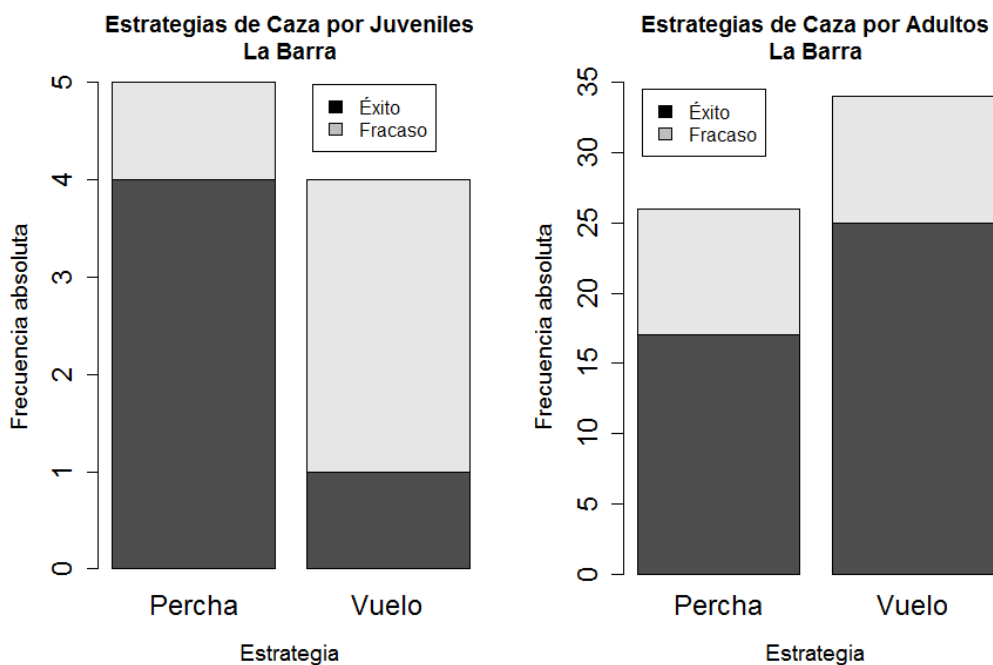
**Figura 36.** Comparación de las variables de forrajeo por sitio de forrajeo sector Rincón del Cuje y La Barra.

## 5.2 Estrategias de Caza

### 5.2.1 Sector de La Barra

#### - Comparación por madurez

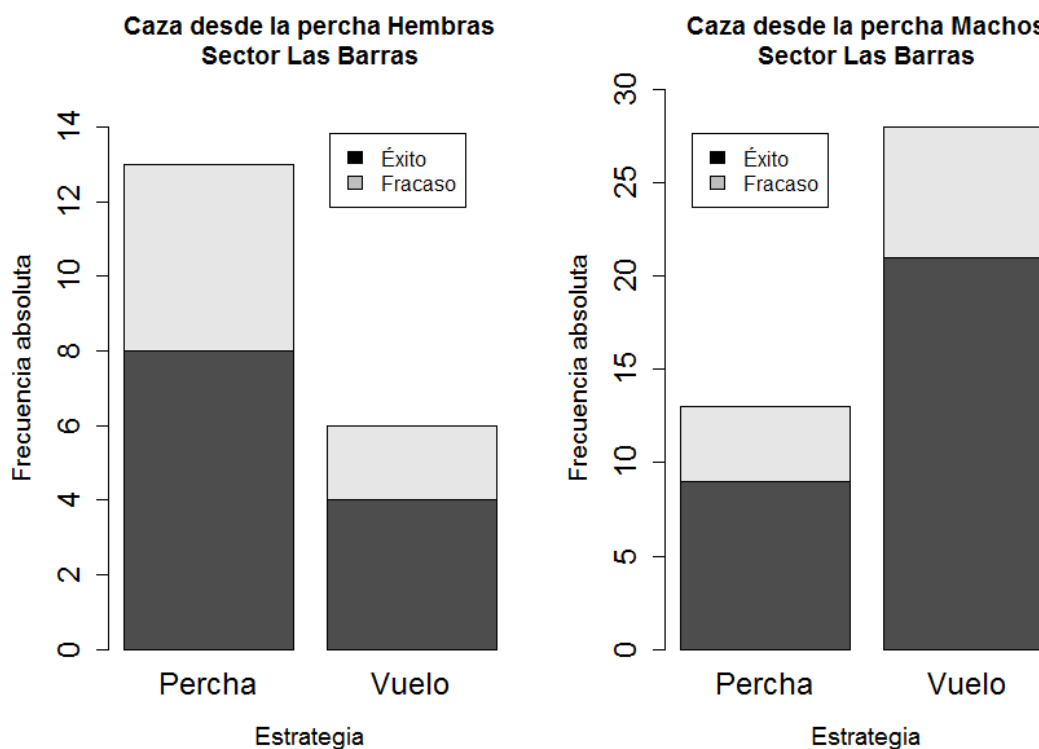
Contabilizamos 69 intentos de caza, de los cuales 47 fueron exitosos y el resto fracasos. Al evaluar las estrategias de cazas utilizadas, los adultos utilizaron en mayor proporción la caza en vuelo (Caza en vuelo=34; Caza en percha=26), estrategia con la cual obtuvieron el mayor éxito de caza (Vuelo=74%, Percha=65%) a diferencia de los juveniles que utilizaron en similar proporción ambas estrategias (Caza en percha=5, Caza en vuelo=4), pese a ello las cazas desde la percha (85%) más exitosa con respecto a la caza en vuelo (25%) (Figura 37).



**Figura 37.** Preferencias en la utilización de estrategias de caza por madurez en el sitio de forrajeo Sector La Barra.

## - Comparación por Sexo

Al analizar las categorías por sexo, registramos 19 intentos de caza por parte de las hembras y 41 intentos por los machos. Encontramos asociación con respecto al uso de estrategias de caza ( $X^2= 5.7101$ , g.l. = 1,  $P = 0.017$ ) de las cuales los machos preferían utilizar la caza en vuelo (68%) con respecto a la caza desde la percha (32%). En cambio, las hembras utilizaron de forma preferente la caza desde la percha (68%) en comparación con la caza en vuelo (32%). Al evaluar el éxito por estrategia utilizada, encontramos mayor éxito de caza en ambos sexos al realizar la caza en vuelo (Hembra: 67%; Machos: 75%), y los fracasos fueron más frecuente al utilizar la caza desde la percha, sin embargo, el éxito y el fracaso por estrategia utilizada no se encuentran asociadas ( $X^2= 0.15837$ , g.l. = 1,  $P = 0.69$ ; Figura 38).

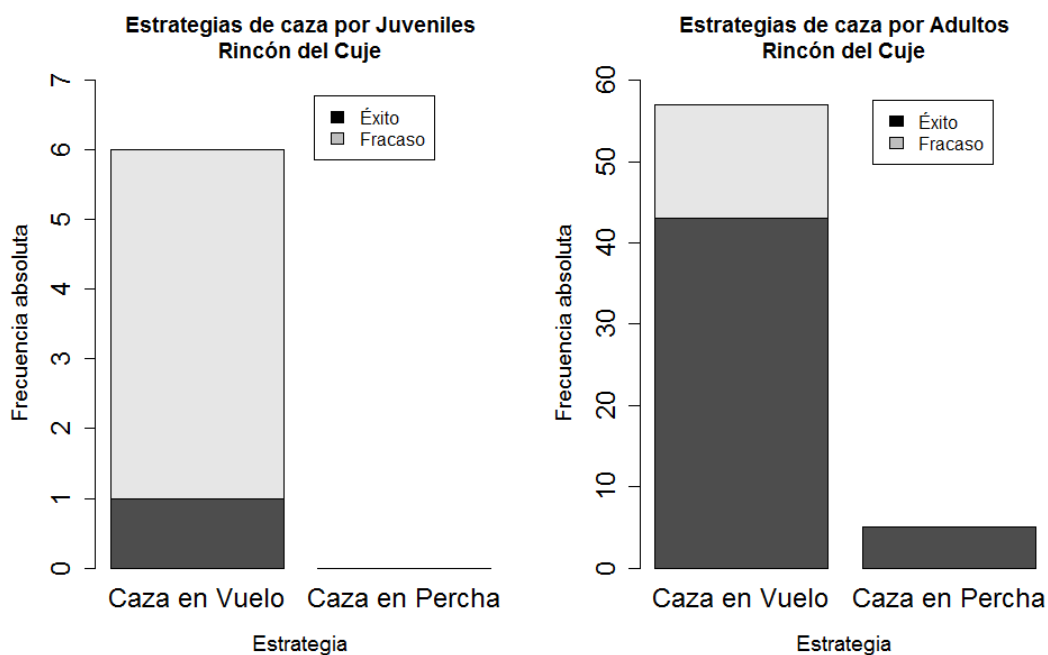


**Figura 38.** Estrategias de caza utilizadas por sexo en el sitio de forrajeo Sector La Barra

### 5.2.2 Rincón del Cuje

#### - Comparación por madurez.

En el Rincón del Cuje contabilizamos 68 intentos de caza, de los cuales 62 fueron realizados por adultos y siete por un individuo juvenil. Quien únicamente utilizó la estrategia de caza en vuelo, obteniendo éxito en 1 de 6 intentos realizados. Los individuos adultos utilizaron las dos estrategias, prefiriendo cazar en vuelo (Caza en vuelo=57, Caza en Percha=5). Con relación al éxito por estrategia utilizada, los adultos lograron caza exitosa el 100% de las ocasiones que utilizaron la estrategia desde la percha (n=5), en cambio al utilizar la caza en vuelo, el 75% de las ocasiones fue exitosa y el resto fue fracaso (Figura 39).

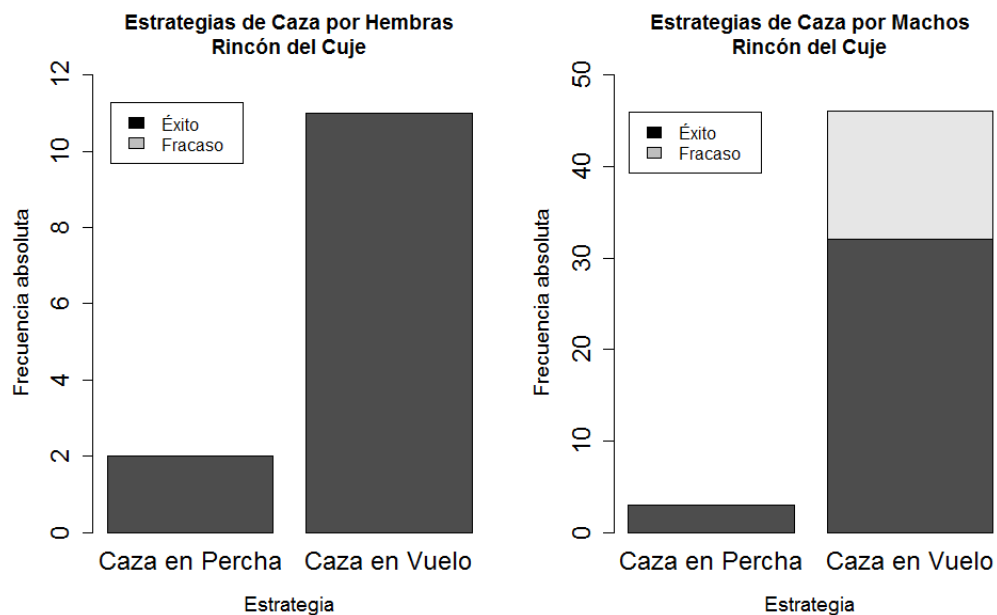


**Figura 39.** Preferencias en la utilización de estrategias de caza por madurez en el sitio de forrajeo sector Rincón del Cuje.

#### - Comparación por sexo

Registramos 62 intentos de forrajeo para los individuos adultos, de ellos 13 fueron realizados por hembras y 49 por machos. En ambos sexos se prefirió la utilización de la estrategia de caza en vuelo (hembras=85%; machos=94%). En relación al éxito de caza por estrategia utilizada, las hembras tuvieron éxito en todos sus intentos independientemente de la estrategia empleada. En cambio, los machos el éxito al utilizar la estrategia desde la percha fue del 100% (n=3) y el éxito de caza en la estrategia en vuelo fue en el 70% de sus intentos.

La utilización de la estrategia por sexo y el éxito por estrategia utilizada no se encuentran asociadas ( $X^2= 0.26775$ , g.l = 1,  $P = 0.6048$ ;  $X^2=0.8628$ , g.l = 1,  $P = 0.353$ , respectivamente) (Figura 40)

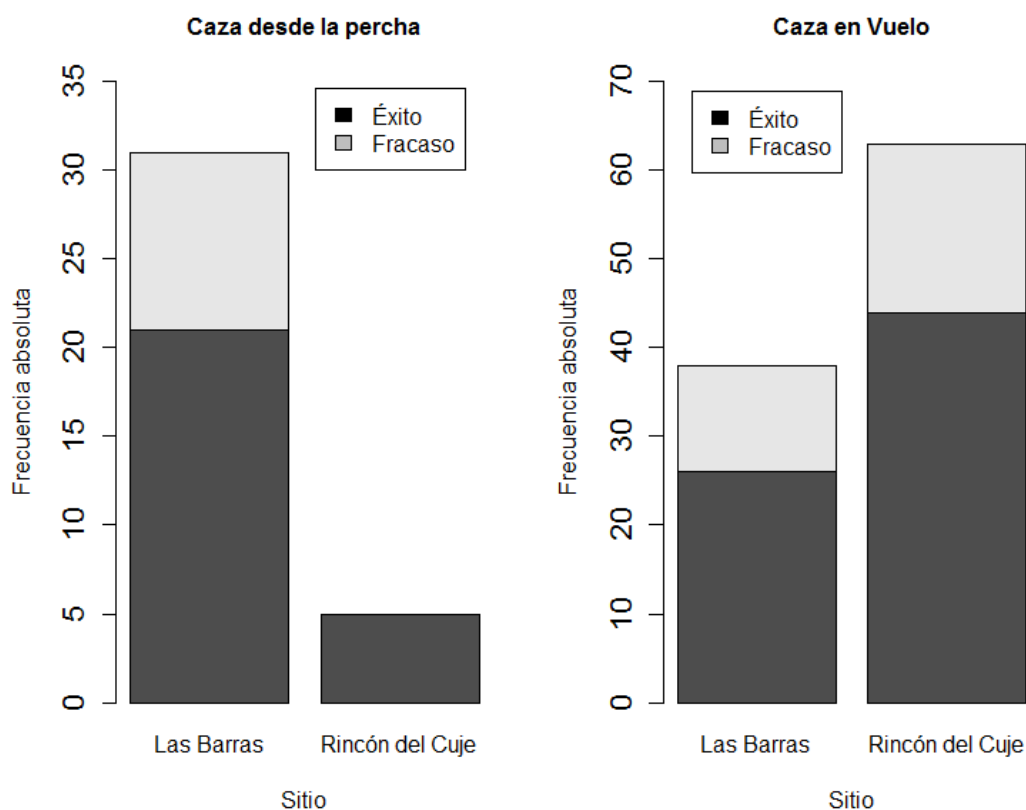


**Figura 40.** Estrategias de caza utilizadas por sexo en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje.

### 5.2.3 Estrategia por sitios de forrajeo

Observamos un total de 137 intentos de forrajeo incluyendo ambos sitios, del total, 68 intentos fueron registrados para el Rincón del Cuje y 69 para el sector de La Barra. Encontramos asociación entre el uso de estrategia de forrajeo al comparar los sitios ( $X^2= 23.058$ , g.l = 1,  $P<0.05$ ). La caza desde la percha fue mayor utilizada por los individuos que forrajeaban en La Barra ( $n=31$ , Rincón del Cuje= $5$ ), de igual forma la caza en vuelo fue mayor utilizada por los individuos en el Rincón del Cuje ( $n=63$ , La Barra= $38$ ). Para el sector de La Barra el uso de las estrategias de caza fue similar (Vuelo= $45\%$ , Percha= $55\%$ ), sin embargo, en el Rincón del Cuje el uso preferencial de la estrategia de caza en vuelo ( $93\%$ ) con respecto a la caza desde la percha ( $7\%$ ) fue más notable. Con respecto al éxito por estrategia de caza utilizada, al evaluar los dos sitios no se encontró asociación en cuanto al éxito o fracaso por estrategia utilizada en los sitios ( $X^2=0.10068$ , g.l = 1,  $P = 0.751$ ). El éxito de caza por estrategia utilizada siempre fue mayor en ambos sitios con respecto a los fracasos.

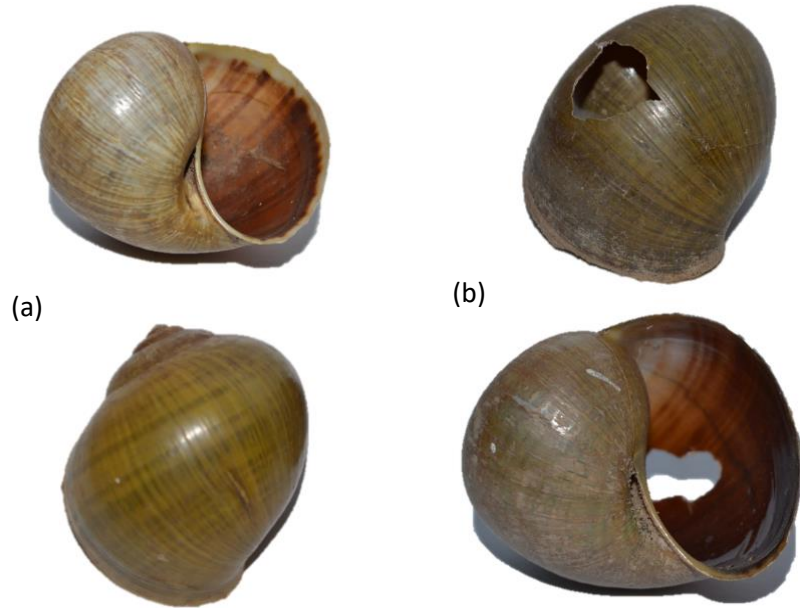
La proporción de éxitos en ambos sitios fue similar para cada estrategia utilizada (éxitos Rincón del Cuje= 72%, éxitos La Barra=68%) (Figura 41).



**Figura 41.** Comparación de la preferencia de estrategias de caza por sitio de forrajeo sector La Barra y Rincón del Cuje

### 5.3. Comparación de los caracoles consumidos por *Rostrhamus sociabilis* y *Aramus guaruna*.

Los caracoles recolectados de ambas especies en los sitios de forrajeo en estudio fueron separado de acuerdo a las características de consumo. Los depredados por *A. guaruna* presentaban un orificio producto del picotazo realizado para extraer la carne; en cambio los consumidos por *R. sociabilis* no presentaban este rasgo, debido a que extrae por completo la carne del molusco sin dañar la concha (Figura 42). Asimismo, las conchas que encontramos decoloradas, dispersas y lejos de los sitios de forrajeo no fueron recolectadas (Figura 43).



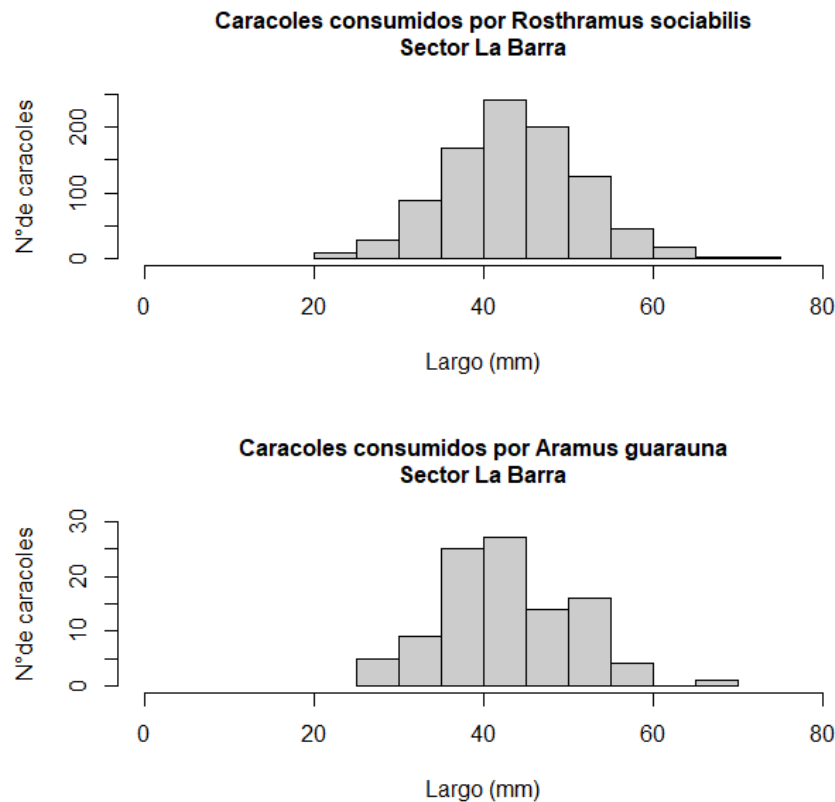
**Figura 42.** Caracoles vacíos recolectados en los sitios de forrajeo; (a) caracoles depredados por *R. sociabilis*; (b) caracoles depredados por *Aramus guarauna*. Fotografías por © Iliana Barías.



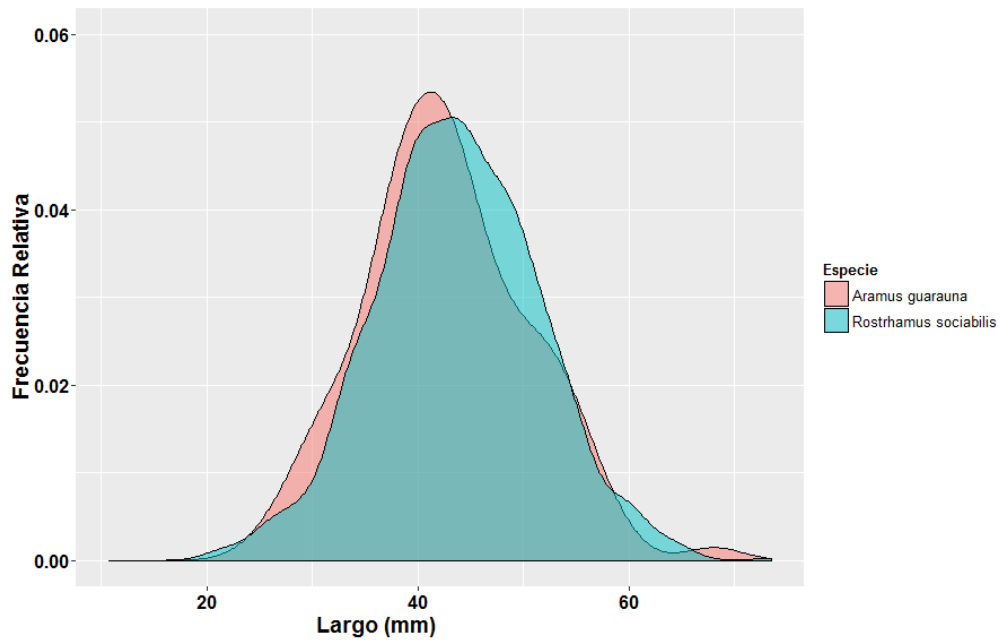
**Figura 43.** Caracoles decolorados y dispersos lejos de las perchas de alimentación de *R. sociabilis* los cuales no fueron recolectados. Fotografía por © Abizai Chinchilla

### 5.3.1. La Barra

Encontramos 105 caracoles consumidos por *A. guarauna* y 925 consumidos por *R. sociabilis*. Al evaluar las tallas de caracoles consumidos por ambas especies, no se encontraron diferencias en su selección, obteniendo una media de  $43.73 \pm 7.77$  mm para los seleccionados por *R. sociabilis* y  $42.72 \pm 7.75$  mm para los consumidos por *A. guarauna* ( $t = 1.2328$ ,  $g.l = 122.96$ ,  $P = 0.22$ ; Figura 44 y 45). Observamos individuos del gavián caracolero forrajeando en los sitios de alimentación del carrao, es decir sobre los bordes del espejo de agua, y en los espacios libres de *Eichornia crassipes*. En el caso de *R. sociabilis* la caza la realizaba al observar desde una percha o después de planear durante unos minutos hasta detectar su presa, en cambio *A. guarauna* realizaba búsqueda activa dentro de la laguna gracias a la ayuda del tamaño de su pico y patas, a pesar de explotar los mismos sitios de forrajeo no se presentaron peleas territoriales entre ellos (Figura 46 y 47)



**Figura 44.** Comparación del largo de caracoles consumidos por *R. sociabilis* y *A. guarauna* en el sitio de forrajeo Sector La Barra.



**Figura 45.** Comparación de las curvas de densidades del largo de caracoles consumidos por *R. sociabilis* y *A. guarauna* en el sitio de forrajeo Sector La Barra



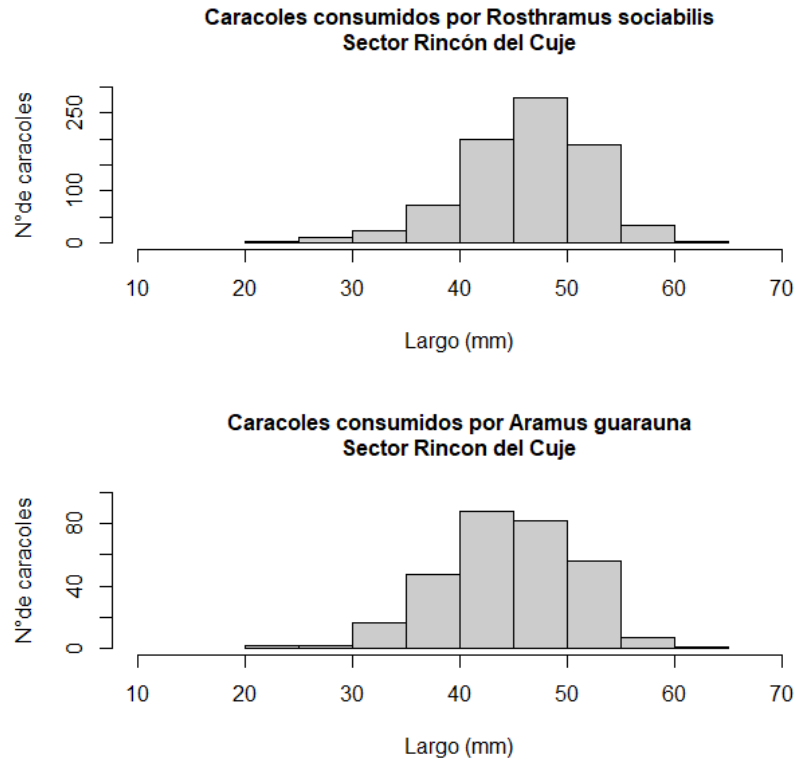
**Figura 46.** Búsqueda de caracoles de *R. sociabilis* en el sitio de forrajeo Sector La Barra. Fotografía por ©Abizai Chinchilla.



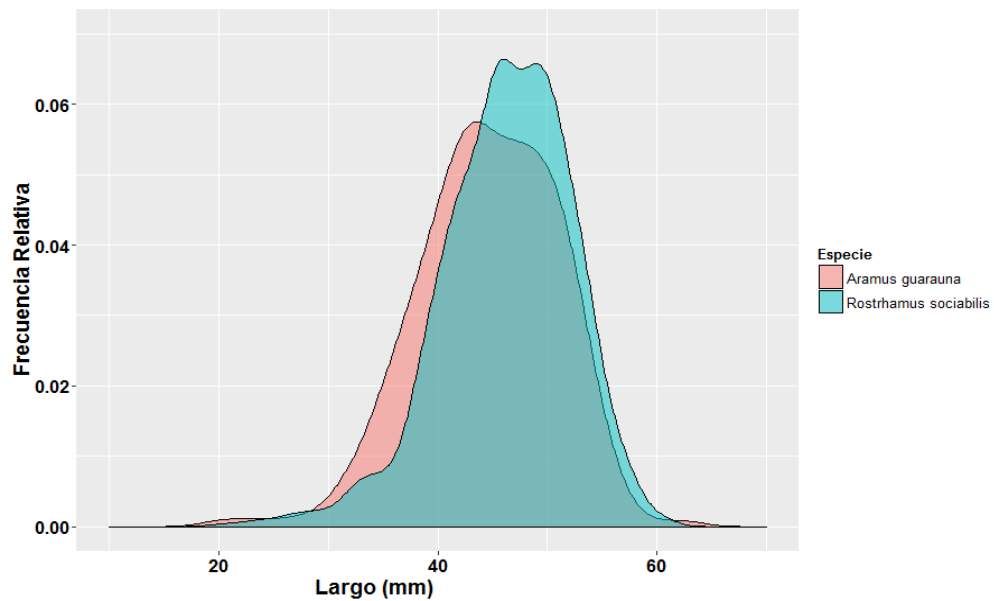
**Figura 47.** Búsqueda de caracoles por *A. guarauna* en sitio de forrajeo Sector La Barra. Fotografía por © Abizai Chinchilla.

### **5.3.2. Rincón del Cuje.**

Recolectamos 321 caracoles consumidos por *A. guarauna* y 810 por *R. sociabilis*. Al analizar los tamaños de caracoles consumidos encontramos que *R. sociabilis* prefiere las tallas más grandes ( $\bar{x}=46.24 \text{ mm} \pm 5.92 \text{ mm}$ ) en comparación con *A. guarauna* ( $\bar{x}=44.54 \text{ mm} \pm 6.31 \text{ mm}$ ) ( $W = 141390$ ,  $P < 0.05$ ; Figura 48 y 49), específicamente, concentra preferencia entre las tallas de 45 mm -60 mm de largo. En cuanto al sitio de forrajeo, no se encontró traslape entre las especies, siempre se encontró forrajeando al carrao en los bordes de la laguna, lodo y sobre la vegetación acuática, en cambio el gavián caracolero, independientemente de la estrategia utilizada siempre forrajeaba sobre el espejo de agua (Figura 50 y 51).



**Figura 48.** Comparación de largo de caracoles consumidos por *R. sociabilis* y *A. guarauna* en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán.



**Figura 49.** Comparación de las curvas de densidades del largo de caracoles consumidos por *R. sociabilis* y *A. guarauna* en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán.



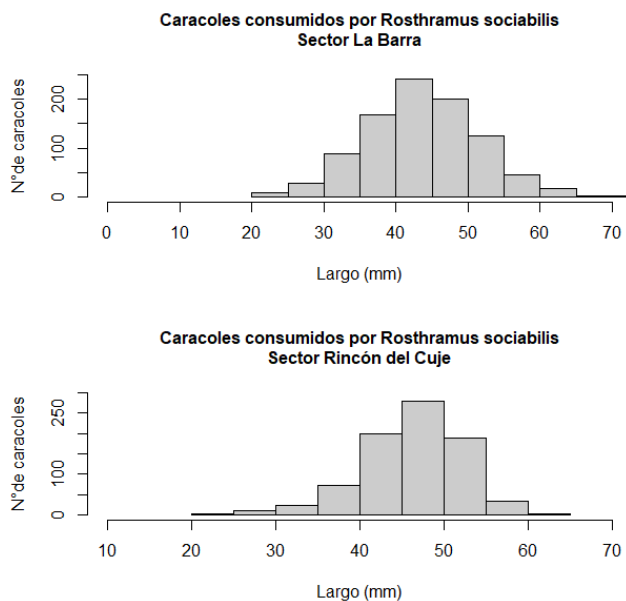
**Figura 50.** Búsqueda de alimento por parte de *Aramus guarauna* en sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán. Fotografías por © Abizai Chinchilla.



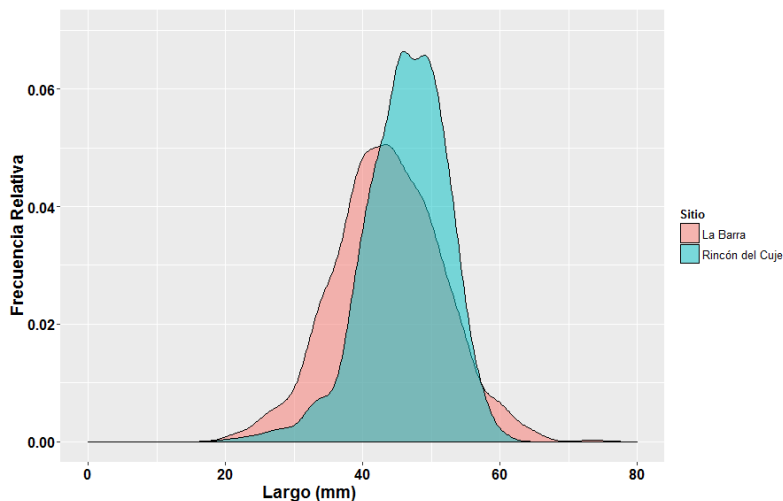
**Figura 51.** Búsqueda de caracoles en el espejo de agua por parte de *R. sociabilis*. Fotografía por © Abizai Chinchilla.

### 5.3.3 Caracoles consumidos en Las Barras y Rincón del Cuje.

Recolectamos 925 caracoles consumidos por *R. sociabilis* en el Sector de La Barra y 810 para el Rincón del Cuje. Los caracoles consumidos en el Rincón del Cuje son de tallas mayores con respecto a los consumidos en La Barra ( $W = 459480$ ,  $P < 0.05$ ). La selección de caracoles en el Rincón del Cuje agrupó la mayor cantidad en las tallas de 45mm-50mm, en cambio los caracoles consumidos en la barra agruparon la mayor cantidad en las tallas de 40mm-45mm (Figura 52 y 53).



**Figura 52.** Caracoles consumidos por *R. sociabilis* en los sitios de forrajeo Sector de La Barra y Rincón del Cuje.

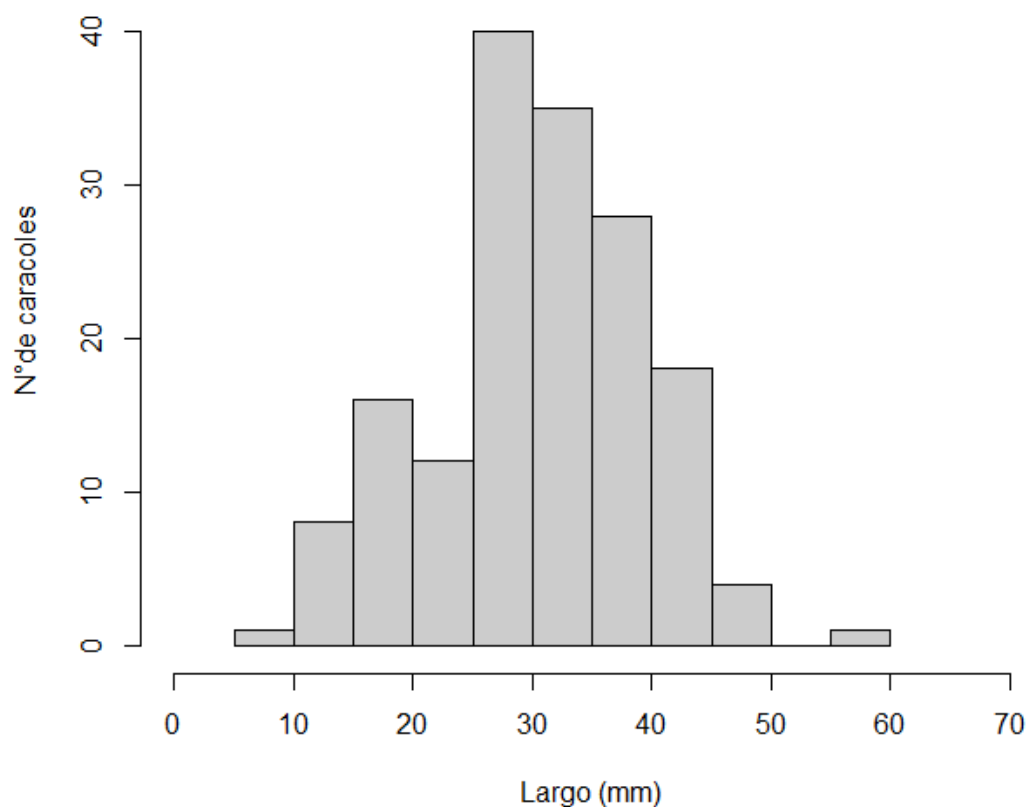


**Figura 53.** Comparación de las densidades de caracoles consumidos por *R. sociabilis* en los sitios de forrajeo Rincón del Cuje y La Barra.

#### 5.4. Tamaños de caracoles *Pomacea flagellata* disponibles.

##### - Sector La Barra

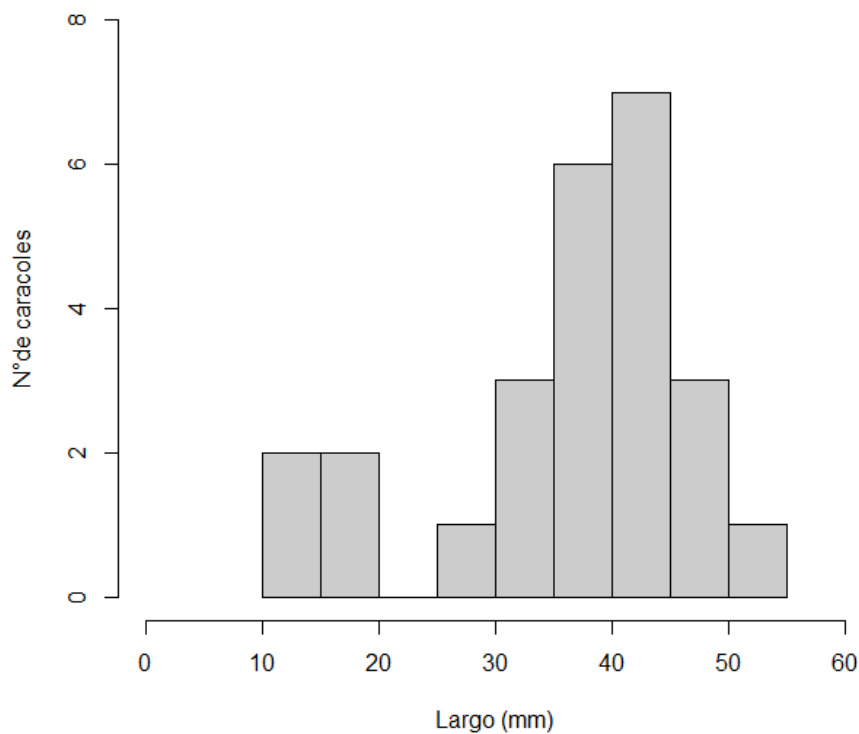
En total recolectamos 163 caracoles vivos en este sector. Las tallas oscilaban entre 8.08 mm a 56.67 mm ( $\bar{X}=30.34\pm 8.85$ ), la mayoría de los caracoles encontrados se agrupaban en tallas de 25 mm a 35 mm de longitud (Figura 54) y su densidad fue de 0.68 individuos/m<sup>2</sup>. De acuerdo al peso de los caracoles disponibles los valores oscilaron entre 0.5 g a 29.20 g promediando  $13.81 \text{ g} \pm 8.86 \text{ g}$ .



**Figura 54.** Largo de caracoles disponibles en el sitio de forrajeo Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán.

##### - Sector Rincón del Cuje

Recolectamos 25 caracoles vivos, con tallas que oscilan desde 11.07 mm a 52 mm ( $\bar{X}=35.55 \text{ mm} \pm 11.02 \text{ mm}$ ). La mayoría de los caracoles encontrados oscilaban entre los 35 mm a 45 mm de longitud (Figura 55). La densidad de caracoles disponibles fue de 0.13 individuos/m<sup>2</sup>. El peso promedio de caracoles disponibles fue de  $8.08 \text{ g} \pm 6.16 \text{ g}$ , el valor máximo encontrado fue de 32.30 g.

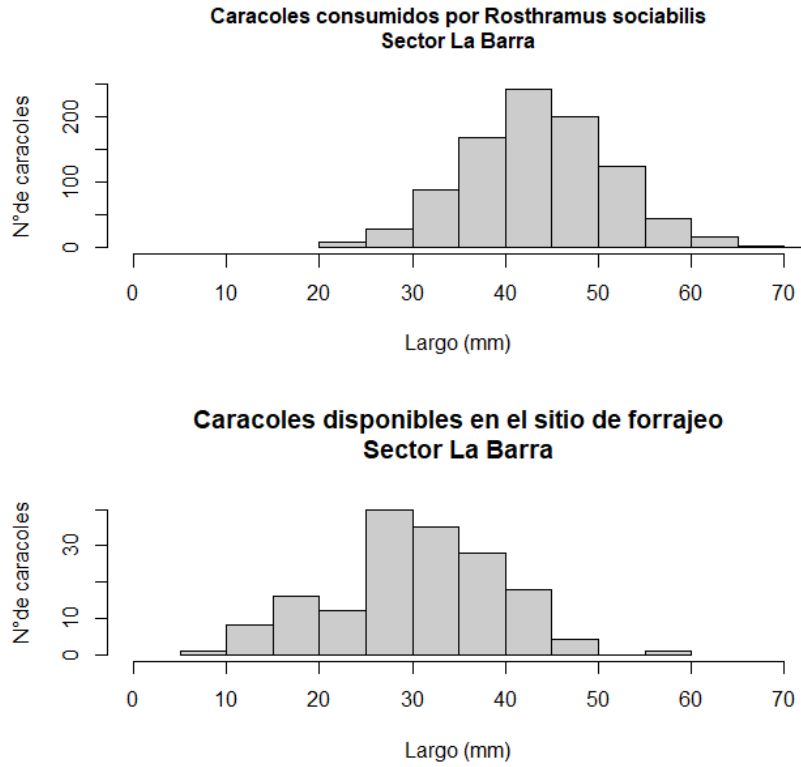


**Figura 55.** Largo de caracoles disponibles en el sitio de forrajeo de Rincón del Cuje

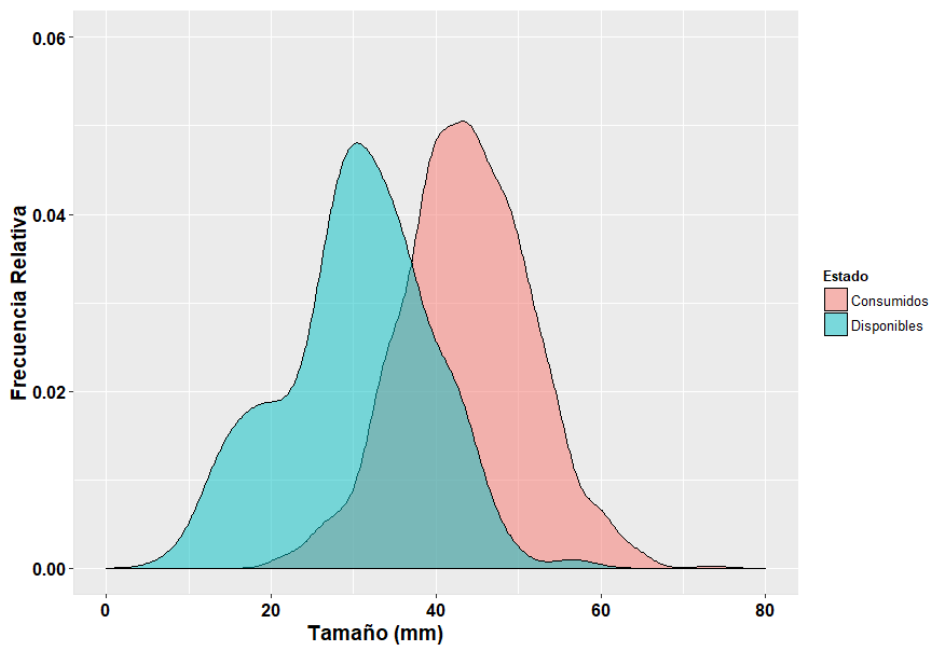
#### **5.4.1. Comparación de caracoles *Pomacea flagellata* disponibles y consumidos.**

##### **- Sector La Barra**

Encontramos diferencias entre las tallas de caracoles disponibles y consumidos por *R. sociabilis* ( $t=18.116$ ;  $df=208.24$ ;  $P < 0.05$ ), el valor promedio de tallas para los caracoles disponibles fue de  $30.34 \text{ mm} \pm 8.8 \text{ mm}$  de largo; en cuanto a los caracoles consumidos, el promedio de tallas encontradas fue de  $43.73 \pm 7.77$ . El largo de caracoles disponibles se agrupó principalmente en valores de 25 mm a 35 mm, en cambio los caracoles consumidos se agruparon en tallas de 40 mm a 50 mm (Figura 56 y 57).



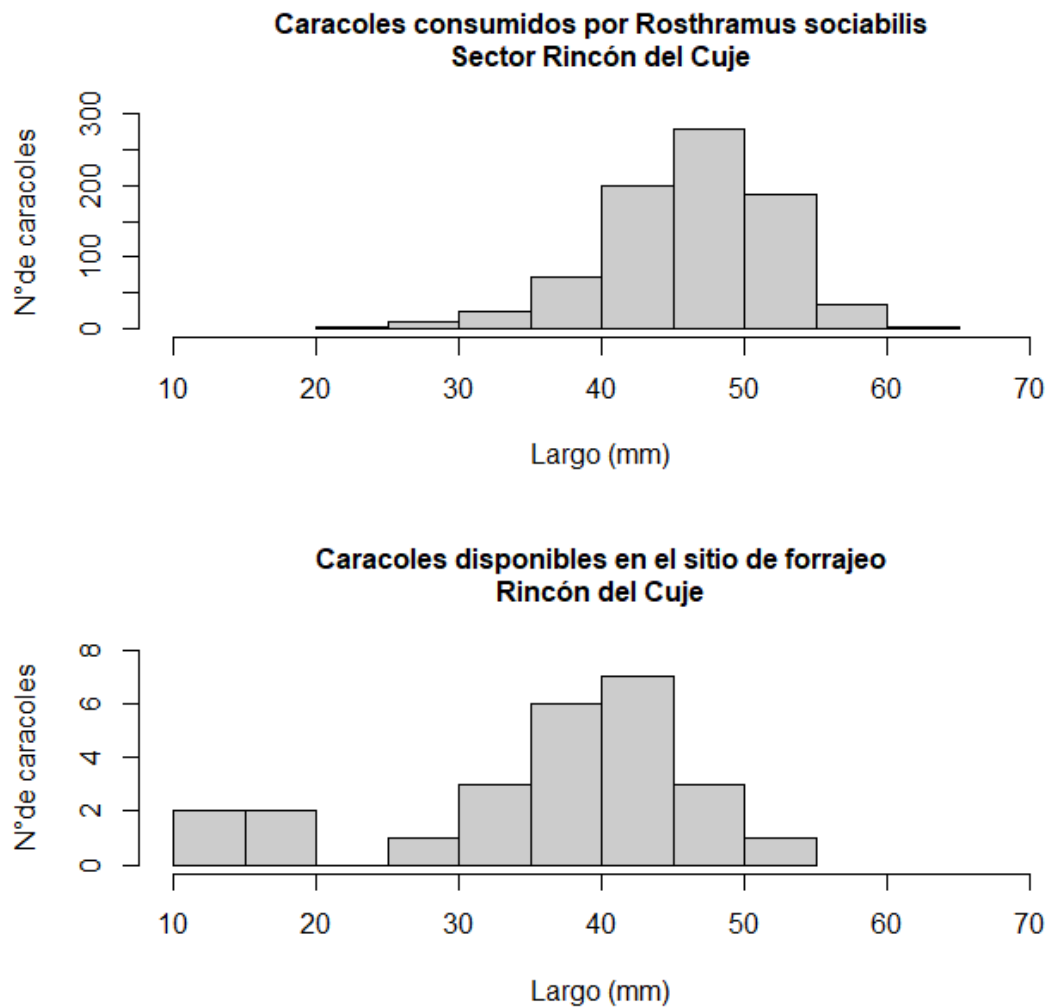
**Figura 56.** Largo de caracoles consumidos y disponibles en el sitio de forrajeo el Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán



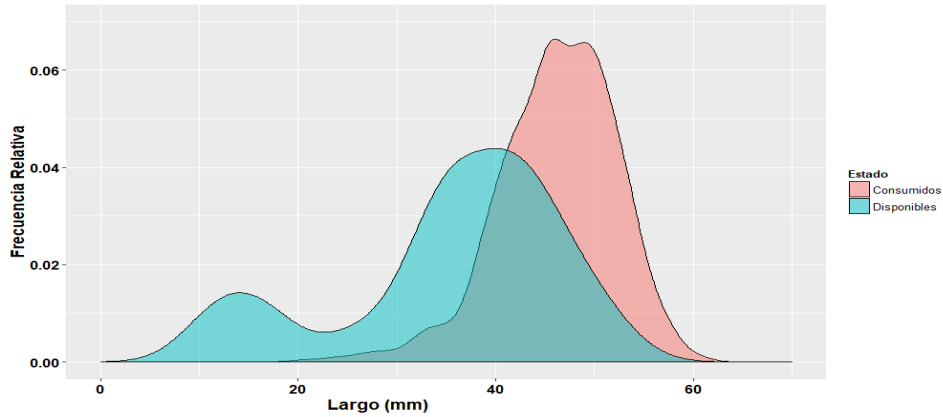
**Figura 57.** Comparación de las curvas de densidades de las tallas de caracoles consumidas por *R. sociabilis* y las tallas disponibles de *P. flagellata*, en el sitio de forrajeo Sector La Barra.

- **Sector Rincón del Cuje**

Los tamaños de los caracoles consumidos por *R. sociabilis* difieren con los tamaños disponibles en el sitio del forrajeo del Rincón del Cuje ( $W=16518$ ;  $P<0.05$ ), las longitudes disponibles que registramos oscilaron entre la talla mínima de 8.08 mm y la máxima de 56.67 mm, acumulado un promedio de  $35.55 \text{ mm} \pm 11.02 \text{ mm}$ ; sin embargo, el promedio de la talla de los caracoles consumidos fue de  $46.24 \text{ mm} \pm 5.92 \text{ mm}$ , con tallas que oscilaron desde 20.49 mm a 60.52 mm y acumulándose entre 42.38 mm a 50.42 mm (Figura 58 y 59).



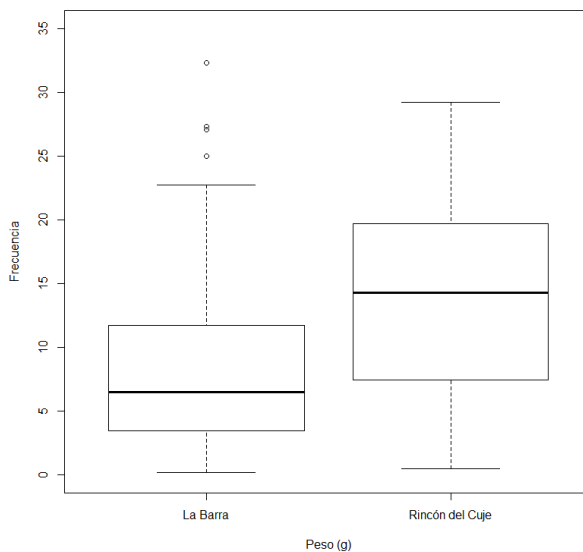
**Figura 58.** Largo de caracoles consumidos y disponibles del sitio de forrajeo Rincón del Cuje, Laguna de Metapán.



**Figura 59.** Comparación de las curvas de densidades de las tallas de caracoles consumidas por *R. sociabilis* y las tallas disponibles de *P. flagellata* en el sitio de forrajeo Sector Rincón del Cuje.

**5.4.2. Densidad y peso de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo.**

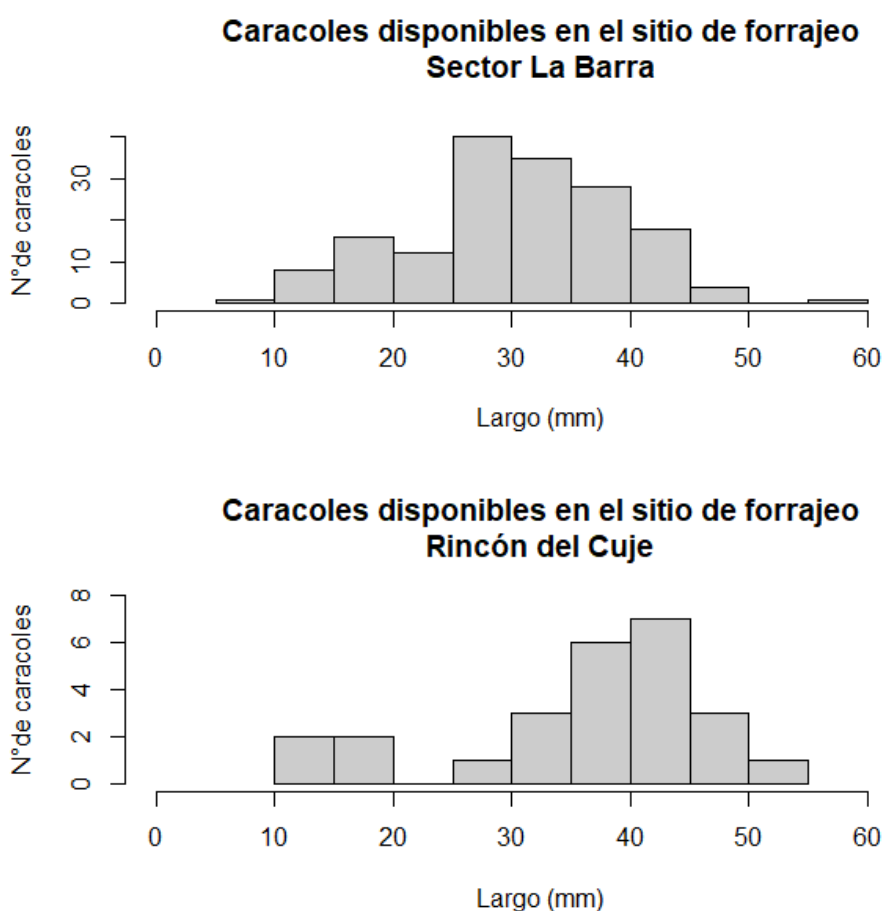
Las densidades de los caracoles disponibles difieren entre los sitios de forrajeo. En el sector La Barra encontramos 0.68 individuos/m<sup>2</sup> y 0.13 individuos/m<sup>2</sup> para el Rincón del Cuje. Asimismo, el peso de los caracoles disponibles en los sitios de forrajeo fue diferente ( $W=1244.5$ ;  $P =0.0017$ ), para el sector de la barra los pesos oscilaban entre 0.20 g al valor máximo de 32.30 g, promediando  $8.08 \text{ g} \pm 8.86 \text{ g}$ , en cambio en el Rincón del Cuje encontramos pesos entre 0.50 g a 29.20 g, con una media de  $13.81 \text{ g} \pm 6.16 \text{ g}$  (Figura 60).



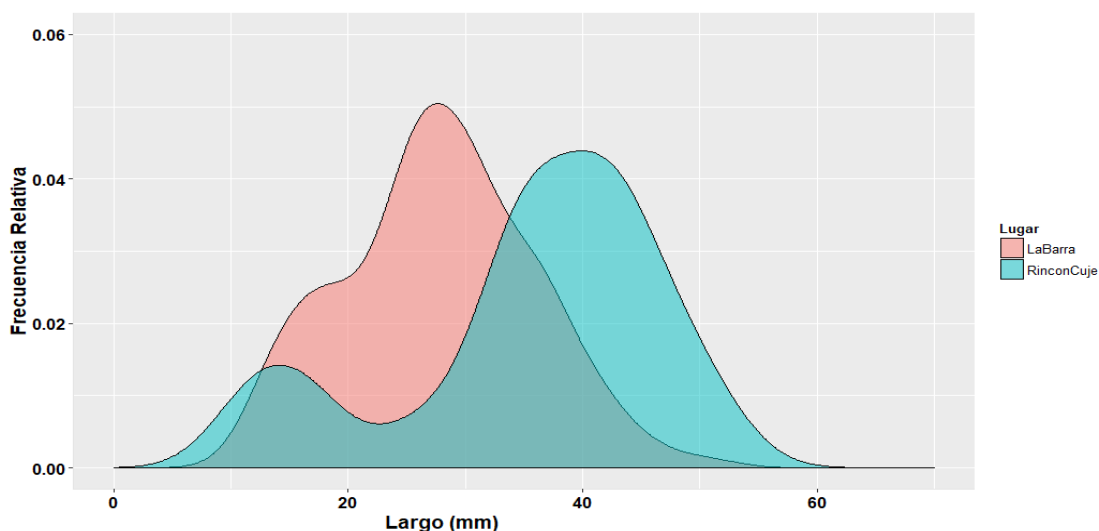
**Figura 60.** Comparación de peso de los caracoles disponibles en los sitios de forrajeo La Barra y el Rincón del Cuje, Metapán.

### 5.4.3. Comparación de tamaño de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo.

Encontramos diferencias en los tamaños de caracoles disponibles en ambos sitios de forrajeo ( $W=959.5$ ;  $P=0.0010$ ). El largo de los caracoles disponibles en La Barra fue de 8.08 mm a 56.67 mm, con un promedio de 30.34 mm  $\pm$  8.86, en el Rincón del Cuje los largos de los caracoles fueron entre 11.07 mm a 52 mm, promediando 35.55 mm  $\pm$  11.02 mm. La mayor frecuencia de caracoles en el sector La Barra se acumulan entre las tallas de 25.55 mm a 36.23 mm, y en el Rincón del Cuje observamos que la mayor frecuencia se encuentra entre los 32.90 mm a 38.24 mm (Figura 61 y 62).



**Figura 61.** Largo de la concha de caracoles disponibles en los sitios de forrajeo Rincón del Cuje y La Barra, Metapán.



**Figura 62.** Comparación de las curvas de densidades de las tallas de caracoles disponibles de *P. flagellata* en los sitios de forrajeo La Barra y Rincón del Cuje.

### 5.5. Vegetación acuática en los sitios de forrajeo.

#### - Sector Las Barras

Encontramos nueve especies de plantas agrupadas en similar número de familias. La mayoría de las especies registradas presentan hábito Ripario ( $n=7$ ) y únicamente dos especies son flotantes. De estas dos especies, “lirio” *Eichhornia crassipes* estuvo presente en todas las parcelas muestreadas, sin embargo, siempre se encontró acompañada de al menos una especie Riparia o flotante. *E. crassipes* dominó en términos de cobertura en seis de las diez parcelas muestreadas, únicamente superada por la presencia de *Mimosa pigra* (tres parcelas) y *Echinochloa colona* (una parcela) principalmente en los sectores donde la cobertura de la vegetación con respecto al espejo de agua era menor al 100% (cuadro 2). La franja de vegetación siempre se mantuvo al borde del espejo de agua, sin observar parches de la vegetación flotante al centro del lago (Figura 63)

Las especies registradas rara vez superaban el metro de altura, principalmente en las especies Riparias, las cuales no obstruían la visión del gavilán por encontrarse en zonas de poca profundidad y aisladas. En ocasiones se observó al gavilán utilizando este tipo de vegetación como percha de caza o alimentación.

Con respecto a la cobertura de *E. crassipes*, los principales favorecidos fueron los caracoles (*P. flagellata*) debido a que utilizaban las raíces del lirio como sustrato para el desove y

crecimiento de juveniles. De igual forma los individuos adultos de *P. flagellata* se refugiaban bajo la columna de *E. crassipes*, dado que en su mayoría los encontrábamos bajo esta especie. Asimismo, los parches de *E. crassipes* favorecían el forrajeo de *A. guarauna* quien en su desplazamiento utilizaba constantemente las zonas de lirio, para cazar y alimentarse de caracoles. En relación con *R. sociabilis* se favorecía únicamente de los espacios abiertos que se formaban cuando la vegetación acuática era discontinua, aprovechando estos espacios para la caza. Sí al recorrer los parches de vegetación no encontraba caracoles, su búsqueda la dirigía hacía el espejo de agua, lejos de la vegetación acuática (Figura 63).

#### - Sector Rincón del Cuje

Encontramos cuatro especies agrupadas en cuatro familias. Siendo similares las proporciones entre flotantes y Riparias. En todas las parcelas muestreadas dominó la cobertura de *E. crassipes* sobre las demás especies presentes. Incluso en una parcela se encontró el 100% de cobertura de esta especie (cuadro 3). La distribución de la vegetación en el sitio de forrajeo siempre fue en el borde del espejo, observamos pocos parches de *E. crassipes* al centro del lago, los cuales no superaban el metro cuadrado aproximadamente.

Con la disminución del espejo de agua, las especies flotantes se iban secando y dando espacio a especies Riparias o espacios abiertos de lodo. No observamos obstrucción de la visualización por las franjas de vegetación acuática para la caza del gavilán, debido a que todos los intentos de caza tanto éxitos como fracasos fueron realizados en el espejo de agua, lejos de la vegetación acuática. Las especies Riparias fueron utilizadas en ocasiones por el gavilán para alimentarse, sin observar la búsqueda de alimento desde esas perchas (Figura 64).

Los parches de vegetación eran aprovechados por *A. guarauna* para la búsqueda y consumo de caracoles. Siempre observamos el forrajeo de esta especie sobre la vegetación acuática y no dentro del espejo de agua. Encontramos juveniles de *P. flagellata* en las raíces de *E. crassipes*, sin embargo, no observamos que fueran utilizadas para el desove. De igual forma esta especie se refugiaba bajo la columna de *E. crassipes*, donde fue capturada en los muestreos de caracoles y también capturada por comerciantes de la zona.



**Figura 63.** Usos de la vegetación flotante y riparia; (a) *Aramus guarauna* forrajeando sobre lirio de agua, (b) *Rostrhamus sociabilis* en busca de alimento desde *Mimosa pigra* (Riparia) (c) y (d) espacios abiertos entre la vegetación aprovechados para la caza de *R. sociabilis*; (e) desove de caracol en *E. crassipes*. (f) caracoles depredados por *A. gurauna* sobre la vegetación. Fotografías por © Abizai Chinchilla.



**Figura 64.** (a) *R. sociabilis* aprovechando vegetación riparia para alimentarse; (b) dominancia de la cobertura vegetal por *E. crassipes*. Hacía fuera del espejo de agua se observa la marchitez de individuos de esta especie, debido a la disminución de los niveles de agua. Fotografías por © Abizai Chinchilla.

**Cuadro 2.** Composición y cobertura de la vegetación encontrada en Las Barras.

N°	Parcela	Familia	Especie	%Cobertura de la vegetación en el espejo de agua	%cobertura con respecto a las especies	Hábito		Ubicación
						Flotante	Riparia	
1	1	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	60%	X		14°17.675'N; 89°31.828'O
2		Araceae	<i>Pistia stratioides</i>		5%	X		
3		Polygonaceae	<i>Polygonium persicaria</i>		30%			
4			<i>Sp 2</i>		5%			
5	2	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	85%	X		14°17.664'N; 89°31.839'O
6		Araceae	<i>Pistia stratioides</i>		5%	X		
7		Polygonaceae	<i>Polygonium persicaria</i>		5%			
8		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		3%		X	
9		Onagraceae	<i>Ludwigia decurrens</i>		2%		X	
10	3	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	90%	X		14°17.662'N; 89°31.856'O
11		Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>		5%		X	
12		Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>		5%		X	
13	4	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	90%	X		14°17.655'N; 89°31.870'O
14		Polygonaceae	<i>Polygonium persicaria</i>		5%		X	
15		Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>		3%		X	
16		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		1%		X	
17		Onagraceae	<i>Ludwigia decurrens</i>		1%		X	
18	5	Polygonaceae	<i>Polygonium persicaria</i>	100%	5%		X	14°17.649'N; 89°31.878'O
19		Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>		5%		X	
20		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		3%		X	
21		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		87%		X	

22		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		85%		X	14°17.642'N; 89°31.890'O
23	6	Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>	100%	13%		X	
24		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		2%		X	
25		Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>		10%		X	14°17.605'N; 89°31.923'O
26		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		80%		X	
27	7	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	5%		X	
28		Euphorbiaceae	<i>Caperonia palustris</i> Sp6		5%		X	
29		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		10%		X	14°17.591'N; 89°31.938'O
30	8	Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>	70%	60%		X	
31		Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>		55%		X	14°17.566'N; 89°31.940'O
32	9	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	65%	10%		X	
33		Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>		45%		X	14°17.566'N; 89°31.950'O
34	10	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	50%	5%		X	

**Cuadro 3.** Composición y cobertura de la vegetación encontrada en el Rincón del Cuje.

N°	Parcela	Familia	Especie	%Cobertura de la vegetación en el espejo de agua	%Cobertura con respecto a las especies	Hábito		Ubicación
						Flotante	Riparia	
1	1	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	85%	X		14°18.539'N; 89°29.201'O
2		Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>		15%		X	
3	2	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	50%	X		14°18.569'N; 89°29.235'O
4		Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>		40%		X	
5		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		10%		X	
6	3	Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>	100%	10%		X	14°18.560'N; 89°29.269'O
7		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		10%		X	
8		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		80%	X		
9	4	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	99%	X		14°18.568'N; 89°29.303'O
10		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		1%		X	
11	5	Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>	100%	10%		X	14°18.566'N; 89°29.348'O
12		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		90%	X		
13	6	Poaceae	<i>Echinochla colona</i>	100%	20%		X	14°18.581'N; 89°29.386'O
14		Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>		20%		X	
15		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		60%	X		
16	7	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	100%	98%	X		14°18.603'N; 89°29.418'O
17		Poaceae	<i>Echinochla colona</i>		2%		X	
18	8	Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>	100%	10%		X	14°18.612'N; 89°29.450'O
19		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		90%	X		
20	9	Araceae	<i>Pistia stratioides</i>	100%	5%	X		14°18.649'N; 89°29.429'O
21		Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>		95%	X		
22	10	Pontederiaceae	<i>Eichornia crassipes</i>	65%	65%	X		14°18.685'N; 89°29.406'O

## 5.6. Rentabilidad del alimento y de los sitios de forrajeo.

### - Sector La Barra

Los individuos de *R. sociabilis* en el sector La Barra consumieron 47 caracoles contabilizados en 28.18 horas totales de observación, con un promedio de consumo de caracoles por hora de  $1.97 \pm 1.40$ . El aporte calórico que ofrecen los caracoles de tallas entre 20 – 40 mm de largo es de 3.44 kcal y los de 40 – 60 mm brinda a los gavilanes caracoleros 9.95 kcal por caracol consumido.

De acuerdo a las ganancias que obtienen los individuos adultos según el tiempo de búsqueda y manipulación, estimamos que los gavilanes machos que consumen caracoles con longitudes entre 20 a 40 mm reciben una ganancia de  $0.63 \text{ kcal}/\text{min}$  y las hembras  $0.52 \text{ kcal}/\text{min}$ ; en cambio la depredación de las tallas que oscilan de 40 – 60 mm reciben una ganancia energética mayor (machos:  $1.82 \text{ kcal}/\text{min}$ ; hembras:  $1.50 \text{ kcal}/\text{min}$ ).

### - Rincón del Cuje

De las observaciones que realizamos registramos que los gavilanes consumieron en promedio  $1.55 \pm 2.34$  caracoles por hora, totalizando 45 caracoles durante 31.13 horas totales de muestreo. Para este sitio las kcal por caracol de longitudes entre 20 – 40 mm fue de 5.17, mientras que los caracoles de 40 – 60 mm ofrecen un aporte calórico de 11.05 kcal.

Las ganancias energéticas adquiridas por los machos en el sector Rincón del Cuje estimamos que es de  $1.40 \text{ kcal}/\text{min}$ , y de las hembras  $1.26 \text{ kcal}/\text{min}$  aporte que ofrecen las tallas de 20 – 40 mm de longitud; los caracoles que su longitud oscila entre los 40 – 60 mm proporciona una ganancia mayor, donde los machos puede ganar el  $3.0 \text{ kcal}/\text{min}$  y las hembras  $2.69 \text{ kcal}/\text{min}$ .

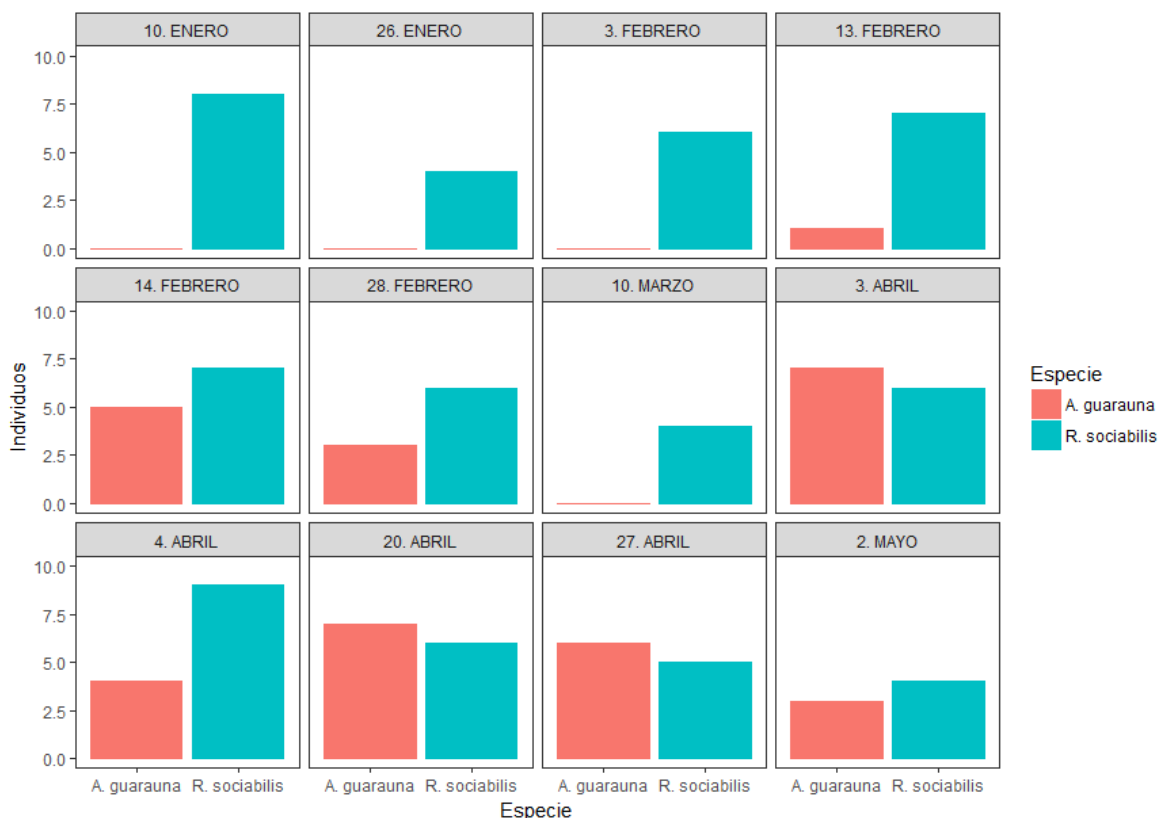
### 5.6.1. Comparación de la rentabilidad entre los sitios.

A pesar de que el aporte calórico es mayor en los caracoles que se encuentran en el sector Rincón del Cuje, al comparar la rentabilidad de los sitios de forrajeo en el cual se relaciona con la frecuencia de los caracoles disponibles y las tasas de energía en función del tiempo de manipulación de la presa, encontramos que el sector La Barra es más rentable, con aporte promedio de  $\bar{x} = 365.92 \pm 473.27 \text{ kcal}/\text{h}$ , mientras que el sector Rincón del Cuje los caracoleros solo obtienen del hábitat el  $\bar{x} = 58.07 \pm 63.54 \text{ kcal}/\text{h}$ .

### 5.7. Conteos de *Aramus guarauna* y *Rostrhamus sociabilis* en los sitios de forrajeo.

#### - Sector La Barra

El número de avistamientos por muestreo para ambas especies fue variable, obteniendo máximos de nueve individuos para *R. sociabilis* y siete para *A. guarauna* (Figura 65). Los avistamientos de *A. guarauna* únicamente superaron por un individuo en dos ocasiones a los avistamientos de *R. sociabilis*, por lo general siempre se encontraban mayor número de individuos de gaviñanes caracoleros. Observamos ambas especies compartiendo sitios para el forrajeo, tanto en el espejo de agua como en la vegetación acuática, en donde era común la presencia de hasta tres individuos de *A. guarauna*, quienes mostraron un incremento en el número de avistamientos en los meses de abril y mayo. En relación a los avistamientos de *R. sociabilis*, por lo general llegaba en grupos de tres a cuatro individuos al sitio de forrajeo, se desplazaban de forma individual por las perchas (Figura 66), buscaban alimento o interactuaban con otros individuos por territorio.

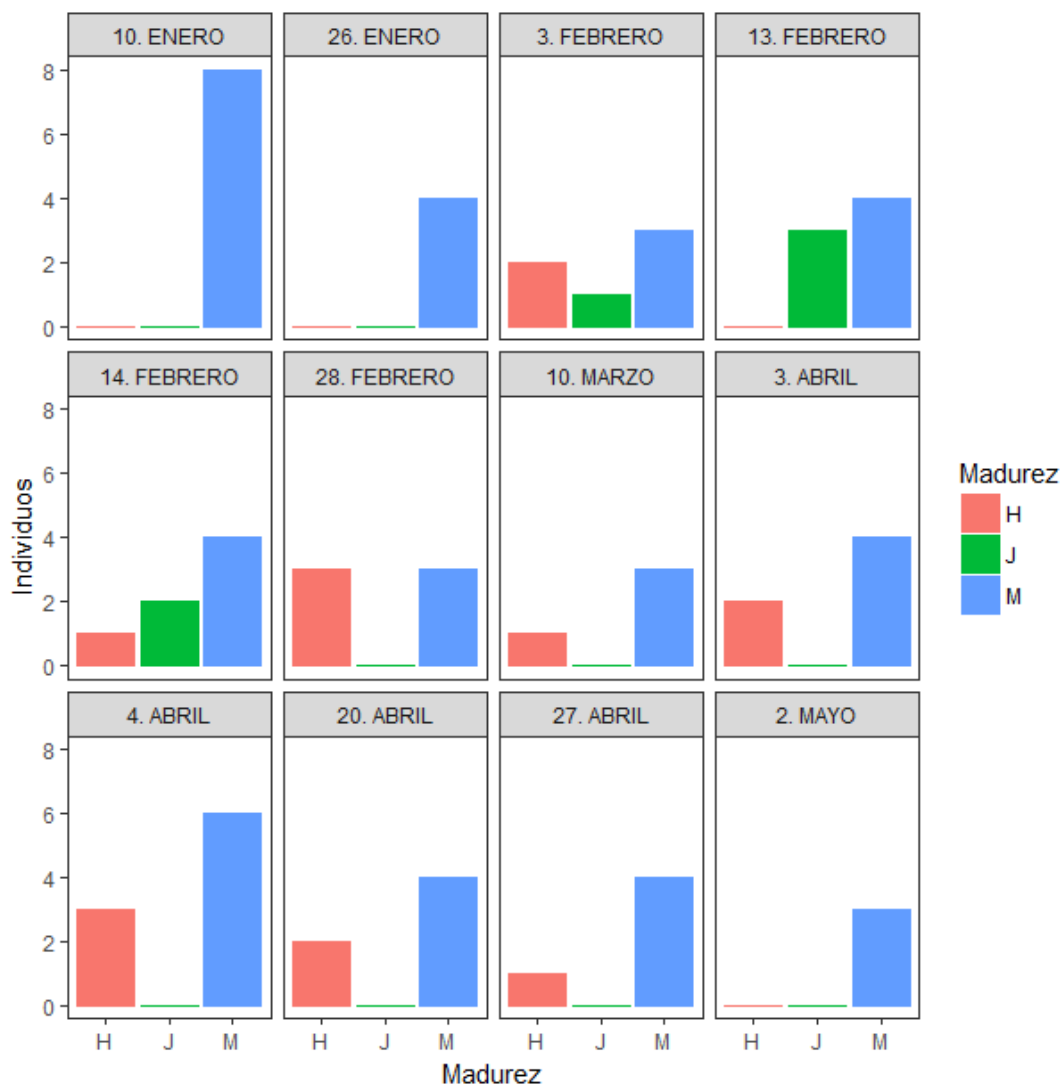


**Figura 65.** Abundancia de *Rostrhamus sociabilis* y *Aramus guarauna* registrados en el sitio de forrajeo en el Sector La Barra, Lago de Güija, Metapán.



**Figura 66.** Individuos de *Rostrhamus sociabilis* registrados en el sitio de forrajeo La Barra, Lago de Güija. (a) macho perchado (b) hembra volando sobre el sitio de forrajeo. Fotografías por © Iliana Barias.

Al analizar el sexo y madurez de los individuos de *R. sociabilis*, la cantidad de avistamientos de individuos machos no fue superada por los valores máximos observados para juveniles y hembras (n=3 en ambas categorías; Figura 67) los gavilanes observados se encontraban realizando actividades de búsqueda de alimento, planeos o descanso en pechas.



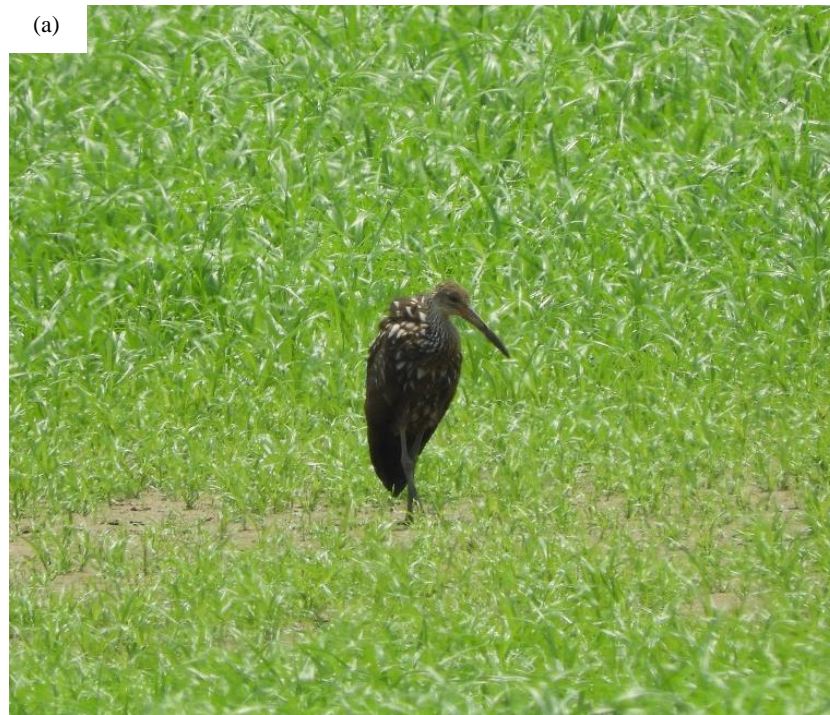
**Figura 67.** Abundancia de *Rostrhamus sociabilis* registrados en el sitio de forrajeo Sector La Barra

- **Sector Rincón del Cuje**

Los avistamientos de *R. sociabilis* y *A. guarauna* en el Rincón del Cuje fueron variables, mostrando picos altos de observación principalmente en *R. sociabilis*. El máximo número de avistamientos en el gavilán caracolero fue el doble del máximo observado en *A. guarauna* (n=12 y n= 6 respectivamente; Figura 68). Los avistamientos en *A. guarauna* fueron más constantes, con tendencia a incrementar en número de individuos a través del tiempo. Ambas especies buscaban su alimento en áreas diferentes, *A. guarauna* en la vegetación acuática (Figura 69a) o en el lodo (Figura 69b) y *R. sociabilis* en el espejo de agua, en ocasiones observamos a los individuos compartiendo perchas de descanso en los bordes de la laguna, sin registrarse peleas territoriales entre ellos. Los *A. guarauna* rara vez se encontraban solitarios, generalmente se les observó en parejas o grupos de cuatro. A diferencia de los individuos de *R. sociabilis* que se les observó en solitario en la mayoría de las ocasiones (Figura 70), exceptuando las interacciones territoriales o de cortejo, en las que participaban de dos a cuatro individuos.



**Figura 68.** Abundancias de *Rostrhamus sociabilis* y *Aramus guarauna* registrados en el Rincón del Cuje.

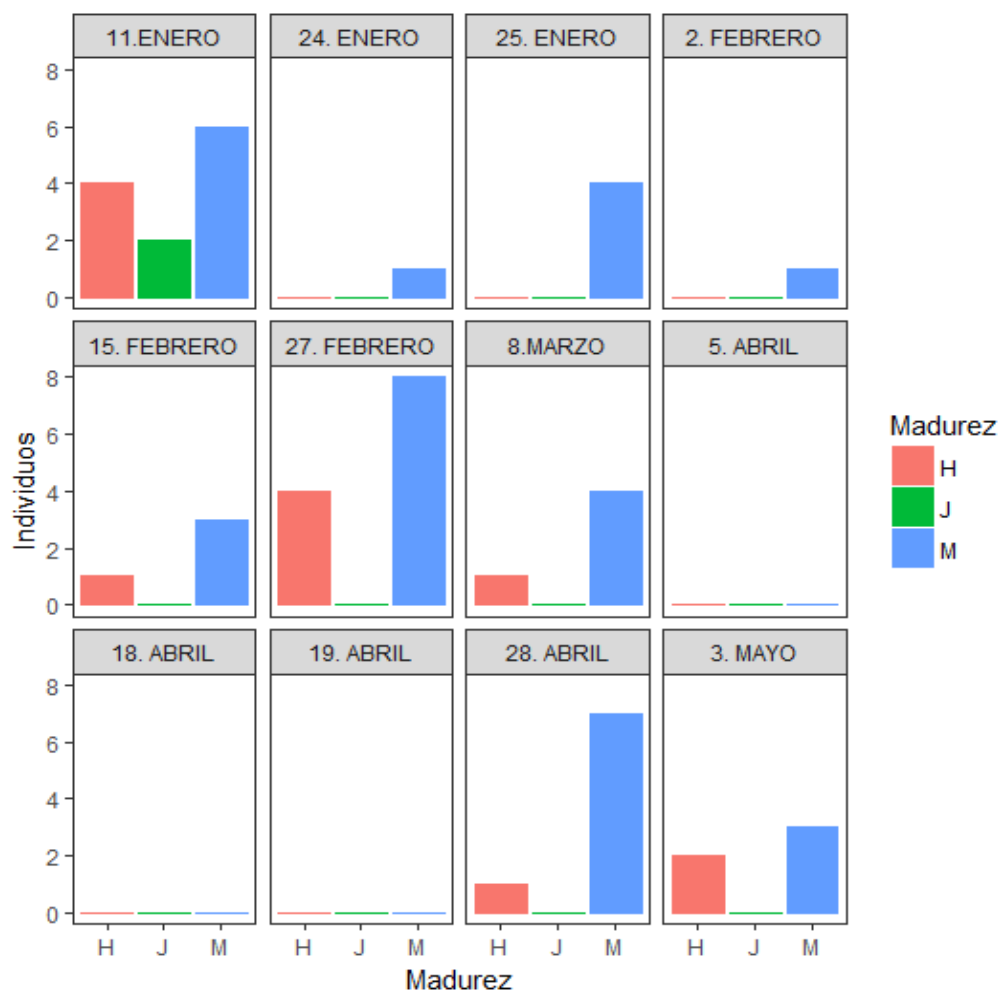


**Figura 69.** Avistamiento de *Aramus guarauna*, observados sobre vegetación acuática (a) y sobre el lodo (b) en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje. Fotografías por © Abizai Chinchilla



**Figura 70.** Individuos de *Rostrhamus sociabilis* contabilizados en el sitio de forrajeo del Rincón del Cuje, (a) macho volando sobre el sitio de forrajeo, (b) macho perchado. Fotografías por © Abizai Chinchilla.

Al analizar la madurez de los individuos de *R. sociabilis* registrados, en todos los muestreos la cantidad de machos observados siempre superó al de hembras y juveniles (Figura 71). El mayor número de avistamiento de machos fue de 10, superando los cinco avistamientos máximos registrados para las hembras.



**Figura 71.** Abundancia de *Rostrhamus sociabilis* registrados en el sitio de forrajeo Rincón del Cuje.

## VI. DISCUSIÓN

De acuerdo con Sykes (1987b) la caza de caracoles es realizada siempre sobre el espejo de agua. En nuestra investigación la mayoría de las capturas realizadas por *R. sociabilis* siguieron ese comportamiento, sin embargo, en una ocasión en el sector de La Barra observamos un individuo juvenil extraer un caracol atrapado en el lodo producto de la disminución del nivel del agua; a pesar de esta característica en el humedal, a los individuos adultos no se les observó este comportamiento. Similares observaciones fueron realizadas por Cáceres-Guillen (s.f) en Costa Rica, quien atribuye a este comportamiento como una variante a la caza desde la percha. En su observación menciona que los gavilanes se posaban directamente sobre el fango y caminaban un poco para capturar un caracol, cuando el nivel del agua no sobrepasaba el tarso del gavilán. Sin distinguir la madurez de los individuos que presentaron este comportamiento. En nuestro registro atribuimos este comportamiento a las dificultades que presentan los juveniles en la búsqueda y manejo de la presa debido a la inexperiencia en la caza.

Bergman *et al.* (2013) mencionan que el gavilán puede utilizar diferentes tipos de perchas para la alimentación, en nuestras observaciones registramos individuos alimentándose sobre vegetación acuática (*E. crassipes*), riparia (*H. salicifolia* y *M. pigra*), rocas, troncos abandonados por pescadores y por transporte aluvial, barreras muertas, arboles de conacaste blanco y pimentio próximos al humedal. La utilización de estas perchas está relacionada principalmente con su disponibilidad y la cercanía al sitio donde el gavilán realizó la captura, debido a que evitan realizar vuelos largos con la presa en vuelo, para aprovechar eficientemente el alimento. La alimentación podía ser realizada a pocos metros de distancia entre individuos, similar a las observaciones realizadas por Snyder y Snyder (1970).

En nuestras observaciones registramos comportamientos territoriales en ambos sitios. En La Barra un macho adulto fue atacado mientras buscaba alimento, por lo cual tuvo que forrajear a una distancia de 20 m aproximadamente del sitio en que fue alejado. En el sector que se observó la interacción, la captura de caracoles era frecuente por parte de los gavilanes. Snyder y Snyder (1970) mencionan que *R. sociabilis* forrajea en zonas de alimentación comunes y en ocasiones algunos individuos suelen presentar comportamiento territorial en defensa de áreas pequeñas de 2.25 km<sup>2</sup> donde constantemente capturan caracoles, evitando que otros

individuos cacen en esa zona. La defensa de territorio la realiza cuando la disponibilidad de caracoles es alta, mientras en condiciones de baja abundancia, no se realiza la defensa de territorio, debido al gasto de energía en la defensa de sitios grandes (deben realizar mayor recorrido para encontrar alimento). Contrario a estas observaciones, el día de la interacción la ingesta de caracoles fue baja, con 1.33 caracoles consumidos por hora. En el sector del Rincón del Cuje se registró el desplazamiento de individuos en busca de alimento o alimentándose en su percha. Esta conducta es atribuida en este caso a la defensa de territorios alimentarios por la abundancia de caracoles, similares a las observaciones de Snyder y Snyder (1970). El día de la observación de este comportamiento se registró la máxima cantidad de caracoles consumidos por hora (7.33) para el sitio y para el estudio. Similares interacciones fueron descritas por Bourne (1985a) y Posso *et al.* (2012) quienes describen un comportamiento territorial exhibido por los machos, con vocalizaciones y persecuciones contra intrusos en sus territorios alimentarios.

En el sector de La Barra observamos el ataque a un individuo con presa en una percha de alimentación, debido al ataque, el gavilán soltó el caracol y se desplazó hacia otro sitio. El gavilán que realizó el ataque terminó con la ingesta del caracol. Este fenómeno cleptoparasitario ha sido descrito por Miller y Tilson (1985) por parte de *R. sociabilis* hacía *Aramus guarauna*, cuando la disponibilidad de caracoles es baja, debido al descenso en niveles de agua o incremento de la vegetación, los gavilanes recurren a robar los caracoles que ha cazado *A. guarauna*, sin dejar de buscar en el sitio; similar a lo observado por Miller y Tilson (1985) en relación a la disponibilidad de caracoles fueron registrados el día de la interacción cleptoparasitaria, debido a que la caza de caracoles por hora fue baja: 0.52 caracoles por hora. Probablemente los gavilanes en condiciones de baja disponibilidad de alimento deban recurrir al pirateo de caracoles entre la misma especie, por lo que más observaciones durante condiciones desfavorables deben ser realizadas.

No observamos interacciones territoriales con otras especies acuáticas como *Spatula discors*, *S. clypeata*, *Dendrocygna autumnalis*, *D. bicolor* o *Phalacrocorax brasilianum*, con esta última especie incluso compartían perchas de alimentación, al igual que con otras rapaces diurnas como *Coragyps atratus* y *Buteo albonotatus*, similares observaciones fueron realizadas por Posso *et al.* (2012) y Darby *et al.* (2012). Magalhaes (1990) menciona que

debido a las diferencias en la composición alimentaria con estas aves acuáticas *R. sociabilis* no presenta interacciones de agresividad hacia ellas. De acuerdo con Harverschmidt (1970) la agresividad en *R. sociabilis* es poco frecuente, siendo menor al 0.1% la inversión diaria en agresividad (Beissinger 1983). Haverschmidt (1970) observó la persecución por parte de un caracolero hacía *Buteogallus meridionalis*, quien había capturado un mamífero pequeño. De igual forma en La Barra un macho de *R. sociabilis* persiguió a una pareja de juveniles de *Geranoaetus albicaudatus*, la dieta del gavilán cola blanca está constituida principalmente por roedores, anfibios, reptiles, carroña e incluso aves pequeñas (Dunne *et al.* 2012) probablemente el ataque fue realizado porque *R. sociabilis* se encontraba en actividades de forrajeo y ambos individuos interrumpieron levemente su actividad. Interacciones similares fueron observadas en el Rincón del Cuje, en las que una hembra se enfrentó con un individuo de *Caracara cheriway* a quien alejó del sitio a través de vocalización y persecuciones. Asimismo, en este sector una hembra atacó con sus patas a un individuo de *Buteogallus anthracinus* quien vocalizaba constantemente. Esta zona ha sido descrita como sitio de alimentación y caza para *B. anthracinus* (Molina 2013) de igual forma observamos un nido activo al este del sitio de forrajeo de *R. sociabilis* por lo que los ataques estarían relacionados a territorialidad.

Observamos intento de piratería de caracoles sobre un juvenil de *R. sociabilis* por parte de un macho adulto de *Quiscalus mexicanus* en el sector La Barra, el juvenil se vio obligado a cambiar de percha para terminar de consumir el caracol. Esta conducta ha sido observada en *Q. major*, quien intenta piratear los caracoles cazados por los gavilanes en Florida (Sykes 1987b). Las poblaciones de *R. sociabilis* confinadas en Florida presentaban constantes ataques por parte de *Q. major*, quienes realizaban ataques cuando el gavilán se encuentra en vuelo o en la percha (Sykes 1987b). Similar comportamiento fue registrado en nuestro estudio por parte de *Q. mexicanus*, quienes también atacaron en grupo a un macho que buscaba alimento en La Barra y desplazaron a una hembra de su percha en el Rincón del Cuje. En respuesta a estos ataques realizados por *Q. mexicanus*, los gavilanes cambiaban de percha o los evadían en vuelo, sin presentar respuestas de ataques en ningún caso observado. En nuestras observaciones registramos un individuo de *Q. mexicanus* que volaba con un caracol en su pico, por lo cual estudios posteriores de interacción alimentaria entre esta especie y el *R. sociabilis* deberían ser consideradas.

Con respecto a los tiempos de forrajeo en los juveniles y adultos en el sector La Barra, la inversión de más tiempo promedio en la búsqueda de alimento y manejo de la presa en vuelo por parte de los juveniles está relacionada con la inexperiencia y dificultades en la búsqueda de caracol, y su traslado y selección de la percha de alimentación. Similares observaciones fueron realizadas por Snyder y Kale II (1983) quienes mencionan que los juveniles presentan dificultades evidentes sosteniendo los caracoles correctamente en sus pies; de igual forma Beissinger (1983) sostiene que a los juveniles se les vuelve difícil percharse con el caracol en las patas. Bourne (1985b) atribuye que las diferencias entre la dieta de los adultos y juveniles están asociadas con los tiempos de manejo, además que los adultos seleccionan caracoles más grandes que los juveniles e invirtieron menos tiempo en su manejo.

Los tiempos de búsqueda más dispersos que registramos en los adultos es debido a que la elección de los caracoles es más precisa y evitan capturar tallas pequeñas, tal como lo señala Beissinger (1983). A nivel global los adultos invirtieron menos tiempo (515.53 s) en las actividades de forrajeo con respecto a los juveniles (624.4 s), resultados similares en términos de diferencia de tiempos fueron obtenidos por Bourne (1985b) con 96 s para los adultos y 130 s para los juveniles

El menor tiempo de espera para la búsqueda de la próxima presa por parte de los machos en el Rincón del Cuje probablemente se relacione al comportamiento territorial, por ello los machos buscaban con más frecuencia y en menor tiempo su alimento. Además, Posso *et al.* (2012) sugiere que la reproducción implica demanda de energía, factor que puede incidir en el tiempo de espera para la próxima caza por los machos, a quienes en ocasiones los observamos en cortejo, y debido a ello deban buscar las mejores presas para alimentarse. Este resultado se apoya con el encontrado en el sector de La Barra, en donde no observamos cortejo y encontramos mayor tiempo de espera por los machos para la búsqueda del próximo alimento comparado con los del Rincón del Cuje ( $W=97$ ,  $P=0.0029$ ).

En términos globales por sexo, en ambos sitios las hembras en promedio invirtieron más tiempo en las actividades de forrajeo (Rincón del Cuje, hembra: 609.02 s, macho: 290.84 s; La Barra, hembra: 637.89 s, macho: 457.22 s), resultados similares registró Sykes (1987b) con tiempos globales para los machos de 72 s y 150 s para las hembras. Contrastando con

Bourne (1985b) quien encontró que los machos utilizan parcialmente más tiempo ( $97s \pm 31s$ ) que las hembras ( $95 s \pm 28 s$ ).

Con respecto a los tiempos en la búsqueda de alimento, Cattau (2010) registró promedios de 88 s, Bennets y Kitchnes (2000) obtuvieron períodos más amplios de búsqueda con tiempos de 55 s hasta 1200 s. Bergmann *et al.* (2013) encontraron promedios de 55 s y Beissinger (1983) registra un promedio de caza en las horas del día (similar a nuestros muestreos) de 68 s de búsqueda de alimento. A excepción de los registros realizados por Bennets y Kitchnes (2000) quien encontró tiempos más amplios, los resultados obtenidos por los demás autores difieren con los encontrados para el presente estudio, siendo mayor el tiempo de inversión en la búsqueda de alimento por los individuos en La Barra (270.03 s) y en Rincón del Cuje (141.54 s). La diferencia entre los sitios ( $W=958.5$ ,  $P=0.002$ ) debe estar influenciada por la utilización preferente (en La Barra) de la caza desde la percha ( $X^2=23.058$ ,  $g.l=1$ ,  $P<0.05$ ) en las que el tiempo de búsqueda invertidas por el gavilán era mayor, debido a que sus perchas se encontraban principalmente en los parches formados por la vegetación discontinua de *E. crassipes*.

Darby *et al.* (2012) mencionan que en la densidad de 0.4 caracoles/m<sup>2</sup> se encuentra la estabilidad (asíntota) en tiempo de búsqueda de la presa en 75 s. sin embargo, nuestros resultados contrastan con sus observaciones debido a que en La Barra con 0.68 caracoles/m<sup>2</sup> el tiempo promedio de búsqueda de alimento fue de 270.03 s, y en el Rincón del Cuje con 0.13 caracoles/m<sup>2</sup> 141.54 s. La diferencia en los tiempos encontrados puede estar relacionada a las interacciones intraespecíficas de las que eran parte los gavilanes durante la búsqueda de alimento, actividad no registrada en su estudio. Asimismo, Darby *et al.* (2012) solo evaluaron la estrategia de caza en vuelo, en cambio en nuestros promedios se incluyen ambas estrategias de caza, por lo que el tiempo de caza desde la percha podría influir en este resultado.

En promedio los tiempos de manipulación de la presa en vuelo fueron de 36.84 s para el Rincón del Cuje y 53.57 s para La Barra, superiores a los 13 s registrados por Beissinger (1983), las diferencias de los promedios deben estar relacionadas con el tiempo invertido por los juveniles, principalmente en La Barra, donde registramos promedios muy amplios para esta categoría. En el sector Rincón del Cuje, a pesar de las distancias que en ocasiones recorrían los gavilanes para percharse (cuando se desplazaban hacía la vegetación del bosque

seco en el borde de la Laguna) el tiempo fue menor al de La Barra, debido al poco comportamiento registrado en juveniles y en la utilización preferente de la caza en vuelo (93%).

El manejo de la presa en percha registrado en nuestro estudio fue de 106.86 s en el Rincón del Cuje y 120.60 s en La Barra. Estos valores representan casi el doble de los encontrados por Beissinger (1983) quien registra 65 s de manejo; Beissinger *et al.* (1994) encontraron tiempos de manejo de 90 s, cercanos a los encontrados en el Rincón del Cuje, además estos autores relacionan positivamente el tiempo de manejo con la talla de caracol seleccionada. Bergmann *et al.* (2013) encontraron en promedio 92.4 s de manejo de la presa en percha, de igual forma similar a los encontrados en el sector Rincón del Cuje. Sykes (1987b) registra promedios mayores a los registrados en los estudios antes mencionados y en nuestros resultados, con promedio de manejo de 162 s.

Los tiempos de espera para buscar la próxima presa registrados por Beissinger (1983) en promedio fueron de 122 s, además menciona que esta actividad ocupó el mayor tiempo para el gavilán y que puede utilizar el mismo tiempo en buscar una presa utilizando la estrategia de caza en vuelo. Bergmann *et al.* (2013) encontraron que el tiempo invertido en esta actividad en ocasiones puede ser hasta dos veces más al tiempo que necesita en encontrar un caracol, registrando en promedio 240 s. Sykes (1987b) registró 1338 s para la búsqueda del próximo alimento. Nuestros resultados difieren de los registrados por los autores, debido a que encontramos menor tiempo de espera para la próxima caza, promediando 71.55 s para el Rincón del Cuje y 90.18 s para La Barra. Probablemente los gastos energéticos encontrados en las actividades anteriores, en la cual los tiempos son mayores comparados con los autores, se vean compensados con menor tiempo de descanso para buscar su próximo alimento.

En relación al uso de estrategias por madurez sexual, Beissinger (1983) menciona que la caza desde la percha es más utilizada por los juveniles, y los adultos la utilizan al menos que haya condiciones de estrés hídrico, como niveles bajos de agua. Al igual que en nuestro estudio, encontramos que los juveniles utilizaron en mayor proporción la caza desde la percha (55.5%), estrategia con la cual el éxito de caza fue mayor (85%) que al realizar la caza en vuelo (25%). Probablemente durante el vuelo sea más difícil detectar a los caracoles y prefieran invertir tiempo en esperar desde la percha hasta localizar a su presa, y así disminuir

los gastos energéticos al realizar vuelos que no garanticen tener caza exitosa. Asimismo registramos que con forme disminuían los niveles de agua en los bordes del humedal en La Barra, la utilización de la caza desde la percha decreció, debido a la colonización de vegetación Riparia, obligando a los gavilanes a utilizar más la caza en vuelo, dado que los espacios abiertos de agua entre la vegetación ya no estaban disponibles para la captura de la presa, similares observaciones fueron registradas por Beissinger (1983) quien menciona que conforme crece la vegetación en los sitios de forrajeo, es más utilizada la caza en vuelo, debido a la poca visualización para la caza desde la percha. Debido a ello, los gavilanes deben utilizar más la caza en vuelo, aunque esto implique tener más gasto energético (Valentine-Darby *et al.* 1998).

Al evaluar las estrategias por sexo, en el sector de La Barra las hembras utilizaron de forma preferente la caza desde la percha en comparación con los machos ( $X^2=5.7101$ , g.l. = 1,  $P = 0.017$ ), utilizando únicamente el 32% de las ocasiones la caza en vuelo. A pesar de ello el éxito al utilizar esta estrategia para las hembras fue solamente del 62% (caza en vuelo 67%), su uso debe estar relacionado con el menor gasto energético. De igual forma los machos obtuvieron más éxitos al utilizar la caza en vuelo (75%, desde la percha 69%). En cambio, en el Rincón del Cuje ambos sexos utilizaron de forma preferente la caza en vuelo (hembras: 85%, machos 94%). En ellas las hembras fueron exitosas en el 100% de sus intentos al utilizar ambas estrategias. Los machos al utilizar la caza desde la percha obtuvieron el 100% de éxitos, sin embargo, al cazar el vuelo el éxito desciende a 70%. En sus observaciones Sykes (1987b) no encontró asociación entre el éxito por estrategia utilizada, sin embargo, los machos obtuvieron el 33% de éxito al cazar desde la percha y las hembras el 51% de éxito. A diferencia de sus resultados, en La Barra se encontró mayor éxito por parte de los machos al utilizar la caza en percha. En cambio, en el Rincón del Cuje el éxito fue del 100% para ambos sexos. Con relación a la caza en vuelo Sykes (1987b) menciona que las hembras obtuvieron el 70% de éxitos y los machos únicamente el 48%. Similares resultados fueron obtenidos en el Rincón del Cuje con el 100% de éxitos para las hembras y 70% de éxito por parte de los machos. Sin embargo, estos datos contrastan con los encontrados en La Barra en donde los machos obtuvieron mayor porcentaje de éxito al utilizar esta estrategia (75% machos, 67% hembras). En su análisis experimental Bourne (1985b) encontró que las hembras buscan los caracoles grandes. Lo que puede explicar los tiempos de forrajeo por las

hembras en ambos sitios sean mayores, por la búsqueda precisa y la selección de tallas grandes, que también se respalda con menor porcentaje de fracasos en el Rincón del Cuje, donde la preferencia de cazar en vuelo fue mayor por parte de las hembras.

El gasto energético utilizado en la caza en vuelo es mayor al de la caza desde la percha (Beissinger 1983, Valentine-Darby *et al.* 1998). De acuerdo con Darby *et al.* (2012) las densidades de caracoles de 0.1 m<sup>2</sup> a 0.2 m<sup>2</sup> es el umbral aproximado por debajo del cual los costos de vuelo aumentan dramáticamente, y menos individuos tienden a forrajear en este sector. Por lo que en el Rincón del Cuje en nuestro periodo de muestreo se encuentran al límite, de hecho, en ocasiones no observamos individuos en el sector; si las condiciones persisten, probablemente tiendan a desplazarse hacia sitios vecinos con mejor densidad como el sector de La Barra.

Al evaluar a nivel global el uso de estrategia por sitio, encontramos asociación entre el uso de estrategia de caza por sector ( $X^2= 23.058$ , g.l = 1,  $P<0.05$ ) los individuos de Rincón del Cuje utilizaron de forma preferente la estrategia de caza en vuelo (93%) mientras en La Barra se utilizó esta estrategia en el 55% de las ocasiones. El uso preferencial de la caza en vuelo en el Rincón del Cuje podría estar asociada a varios factores, entre ellos la poca disponibilidad de caracoles (0.13 m<sup>2</sup>) y la poca presencia de perchas dentro del humedal. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Beissinger (1983), Sykes (1987a), Valentine-Darby *et al.* (1998) y Santos *et al.* (2007), quienes mencionan que entre los factores que contribuyen al uso preferencial de la caza desde la percha es la mayor disponibilidad de perchas. Pias (2012) atribuye que la caza desde la percha es un indicador de alta disponibilidad de presas y buena calidad de hábitat; con nuestros resultados apoyamos la hipótesis sugerida por el autor, debido a que en La Barra encontramos mayor disponibilidad de presas (0.68 m<sup>2</sup>; Rincón del Cuje 0.13 m<sup>2</sup>) y uso preferencial por la caza desde la percha.

No encontramos asociación entre el éxito de caza y la estrategia utilizada ( $X^2=0.10068$ , g.l = 1,  $P = 0.751$ ) por lo que independientemente de la estrategia empleada, la proporción de éxitos será similar, pero no así el gasto energético. Los fracasos en La Barra fueron de 32.3% para caza desde la percha y 31.58% para la caza en vuelo. Sykes (198b) menciona que las franjas densas de vegetación acuática (*E. crassipes*) en el borde no permite la detección de la presa por parte de los gavilanes. Por ello, los valores de fracasos registrados en nuestro

estudio estarían influenciados tanto por la actividad de juveniles como por las cazas desde la percha que era utilizada en los espacios temporales de agua formado por la vegetación discontinua. Lo anterior indica que hay alta densidad de caracoles, sin embargo, en ocasiones no están disponibles para su captura. A diferencia del sector Rincón del Cuje, en el cual todos los intentos desde la percha fueron exitosos, pueda deberse a que los juveniles únicamente optaron a cazar en vuelo (influyendo en el porcentaje de fracasos para esta estrategia), además que la caza siempre fue realizada en el espejo de agua, porque la vegetación acuática constituía una franja densa de *E. crassipes* en el borde que no permitía la detección de su presa.

El uso de estrategias por *R. sociabilis* ha sido diferentes en diversos estudios. Beissinger (1983) registró el uso de la caza en vuelo en 50.7% y la caza desde la percha de 49.3%, con similares éxitos por estrategia con 81% y 83% respectivamente. Santos *et al.* (2007) registraron la preferencia significativa de la caza en vuelo (98%) con respecto a la caza desde la percha (2%). Valentine-Darby *et al.* (1998) encontraron que la caza de los gavilanes fue principalmente en vuelo (82%) que desde la percha (18%). A diferencia de los autores antes mencionados Cáceres-Guillen (s.f) y Bergmann *et al.* (2013) quienes encontraron que la caza en percha fue del 82% y 79% respectivamente. De igual forma Cáceres-Guillen (s.f) registra que el éxito para cada estrategia es similar. Los resultados encontrados por los autores están relacionados con las características de los hábitats que muestrearon. Con respecto a nuestros resultados, al analizar el comportamiento global por cada sitio, en ambos se utilizó en mayor proporción la caza en vuelo, coincidiendo con la mayoría de los autores. En cuanto al éxito de caza para el gavilán en cada humedal encontramos el 68% de éxito en La Barra y 72% en el Rincón del Cuje, porcentaje bajo con respecto a los encontrados por Beissinger (1983) 78%, Maghalaes 1990 84%, Darby *et al.* (2012) 89%, Santos *et al.* (2007) 89%, Bergmann *et al.* (2013) con 76% y resultados similares para el Rincón del Cuje con los obtenidos por Cáceres-Guillen (s.f) 72%. Maghales (1990) atribuye el éxito a la abundancia de presas, de igual forma puede considerarse la presencia de juveniles, la disponibilidad de perchas, densidad de caracoles y estructura del hábitat.

En general, la vegetación registrada no impedía la visión de los gavilanes para la caza, excepto cuando se perchaba en los espacios abiertos sobre la vegetación para cazar. En el

sector de Rincón del Cuje, las franjas de esta vegetación ocupaban por completo los bordes del espejo, por lo que el gavilán solamente forrajeaba en el espejo. Algunas especies de vegetación Riparia eran utilizadas como percha de alimentación en ambos sitios y como percha para buscar caracoles solamente en La Barra. En este sector observamos el desove de caracoles *Pomacea flagellata*, y en ocasiones encontramos caracoles debajo de las columnas de esta vegetación. Pias (2012) observó en Florida que el caracol de la isla *Pomacea insularium* establece relación con *Hydrilla spp*; menciona que la disponibilidad de caracoles es mayor en sustratos de *Hydrilla spp*. debido a que los caracoles se alimentan de ella. Observamos que la colonización de las plantas Riparias a medida disminuyen los niveles de agua, la abundancia de *A. guarauna* fue mayor en ambos sitios. De acuerdo con Beissinger (1983) el crecimiento de la vegetación hace más difícil el forrajeo para los gavilanes, debido a que el área de la superficie de agua que puede visualizar mientras caza decrece para hacer las capturas, además necesita realizar el descenso sin obstáculos.

Con relación a los caracoles consumidos por *R. sociabilis*, diversas investigaciones señalan que la selección es sobre las tallas medianas, en ese sentido Collet (1977) y Cáceres-Guillen (s.f) en Costa Rica encontraron tallas depredadas entre 40 mm a 48 mm. Para Sur América se han registrado tamaños de caracoles consumidos en mayor frecuencia desde 35 mm a 55 mm (Beissinger 1983, Magalhães 1990, Tanaka *et al.* 2006, Santos *et al.* 2007, Mapelli y Kittlein 2011), en Florida y Cuba las tallas depredadas se agrupan principalmente entre 37.7 mm a 55 mm (Snyder y Kale II 1983, Fortes y de Denis 2013). En nuestro estudio los individuos de *R. sociabilis* que se alimentaban en el sector Rincón del Cuje seleccionaban caracoles *P. flagellata* de mayor tamaño (45 – 50 mm) comparadas con las consumidos por en el sector La Barra (40 – 45 mm) ( $W=459480$ ,  $P< 0.05$ ). Sin embargo, en ambos sitios las selecciones de caracoles se agrupan en tallas medianas, con largos de concha entre 25 mm a 50 mm. Las tallas seleccionadas por los individuos que forrajean en el sector La Barra son similares a las registradas por Pineda y Herrera (2014) en una población de *R. sociabilis* que se encontraban anidando en la Barra Antigua entre los años 2007-2008, indicando que las tallas seleccionadas en mayor frecuencia oscilan entre 41 mm a 45 mm de longitud, de las cuales difieren con las tallas que encontramos para los individuos del sector Rincón del Cuje.

Con relación a la selectividad de tallas consumidas por *R. sociabilis* en ambos sitios hubo preferencias en el consumo de tallas medianas. Pese a encontrar tallas grandes disponibles para el gavilán, la selección de ellos resulte difícil de manipular, a pesar de tener mayor biomasa. En sus estudios Beissinger (1983), Snyder y Kale II (1983), Bourne (1993) y Darby *et al.* (2007) mencionan que los caracoles de tallas grandes (>60 mm) son difícil de trasladar para los individuos y muchas veces tiende a resbalarse de sus garras, implicando así el gasto extra de energía y tiempo para los individuos. Asimismo, sostienen que las tallas grandes usualmente tienden a estar parasitados por nematodos que perjudican a las aves y eviten ingerirlos. Las bajas frecuencias de caracoles grandes encontradas en nuestro estudio pueden estar relacionada al comportamiento intrínseco de los caracoles. Estela y Naranjo (2005) y Santos *et al.* (2007) mencionan que los caracoles de tallas grandes no se ven afectados por los cambios de temperatura, por ello pasan mayor tiempo sumergidos, y consecuentemente no se encuentran disponibles para los gavilanes. Similar a las observaciones realizadas por los autores, las tallas medianas que son afectadas por la temperatura deben pasar mayor tiempo emergente en el espejo de agua, debido a ello dichas tallas las registramos con mayor frecuencia disponibles para la depredación por parte de *R. sociabilis*

La rentabilidad o ganancia energética que ofrece los caracoles según las tallas que consumen los individuos de *R. sociabilis* puede estar relacionado también con la selectividad, dado que de acuerdo con la teoría del óptimo forrajeo, se espera que un depredador debe minimizar el tiempo de forrajeo y maximizar la cantidad de calorías consumidas (Gutiérrez 1998); es decir que una talla mediana implica menos tiempo de manipulación, pero mayor cantidad de calorías como ganancia.

Tanaka *et al.* (2006) encontraron que en los sitios con alta disponibilidad de perchas *R. sociabilis* consumió tallas de caracoles más grandes (45 a 55 mm) comparadas con las que había una baja densidad de perchas (40 a 45 mm), dado que el caracol grande implica gasto de energía extra en su traslado a largas distancias. Encontramos que en el sector La Barra había mayor disponibilidad de perchas en el sitio de forrajeo a diferencia del sector Rincón del Cuje, sin embargo, las tallas seleccionadas en mayor frecuencia son < 45 mm de largo. Esto puede responder a los tamaños de presas disponibles, Beissinger (1983) y Bourne (1993) mencionan que la selección de tallas está relacionada directamente con las disponibles en el

sitio de forrajeo, tal como lo demuestra en sus resultados donde las densidades de caracol se acumulaban en tallas pequeñas y medianas, y fueron las que principalmente *R. sociabilis* seleccionó en Florida. Los tamaños de caracoles entre los sitios de forrajeo difirieron en los humedales del Complejo de Güija ( $W=959$ ;  $P=0.0010$ ), dado que para el sector La Barra se encontraron tallas pequeñas que se agrupaban principalmente de 25 mm – 35 mm, en relación con las del sector Rincón del Cuje las longitudes oscilaron principalmente de 35 mm – 45 mm. Por tal razón, los individuos de *R. sociabilis* se ven influenciado con las tallas disponibles para su selección. Bourne (1985a) encontró que en los sitios con alta densidad de caracoles pequeños, se encuentran mayor número de individuos de *R. sociabilis*, puesto que su relación para forrajear es jerárquica, es decir, primero evalúan la densidad de alimento y luego seleccionan los tamaños, por esta razón en nuestras observaciones a nivel general siempre se encontró un número más estable de gavilanes en La Barra y en promedio mayor a los observados en Rincón del Cuje.

En nuestro estudio no encontramos depredación sobre *Marisa spp* por parte de *R. sociabilis*. A diferencia de Snyder y Kale II (1983), Maghalaes (1990) y Beissinger et al. (1994) quienes en sus estudios registran depredación sobre *Marisa spp*. y atribuyen que la captura de este molusco por parte de *R. sociabilis* ha sido a errores en la caza, debido a la falta de visibilidad del gavilán, además que el consumo de esta especie implica mayor inversión de tiempo en retirar las partes blandas del caracol, debido a las dificultades en su manejo.

Con respecto a la competencia de *R. sociabilis* con *A. guarauna*, encontramos que en el sector de La Barra existe un traslape de nicho trófico, dado que tanto los individuos de gavilán caracolero y el carroa forrajeaban en los bordes del espejo de agua y los espacios de vegetación que se formaban, seleccionando tallas medianas, en mayor frecuencia tallas que oscilan de 40 – 45mm. Nuestros resultados contrastan con lo encontrado por Estela y Naranjo (2005) quienes mencionan que los individuos de *R. sociabilis* y *A. guarauna* se encontraban segregados espacialmente en sus sitios de alimentación, los gavilanes realizaban sus cazas sobre el espejo de agua y los carroas sobre la vegetación. Este comportamiento fue observado en el sector el Rincón del Cuje, donde los individuos de caracoleros cazan sobre el espejo de agua y los carroas sobre la vegetación acuática compuesta principalmente de *E. crassipes*, las cuales forman una franja densa en el borde del cuerpo de agua.

Generalmente el gavilán ha presentado diferencia significativa en el tamaño de presas seleccionadas con respecto a las seleccionadas por *A. guarauna*; Collet (1977) y Bourne (1993) encontraron que los individuos de *R. sociabilis* consume caracoles más grandes, los resultados obtenidos por Estela y Naranjo (2005) y Tanaka *et al.* (2006) difieren de estos autores, encontraron que los individuos de carrao son los que consumen caracoles más grandes. En nuestro estudio encontramos que no hay diferencia entre ambas poblaciones en el sector La Barra ( $t = 1.2328$ ,  $g.l = 122.96$ ,  $P = 0.22$ ), pero si difirieron en el sector del Rincón del Cuje ( $W = 141390$ ,  $P < 0.05$ ), donde *R. sociabilis* consumió caracoles de mayor tamaño (45 – 50 mm) comparado con *A. guarauna* (40 – 45 mm).

La densidad de consumidores y la estructura del hábitat influyen en la selectividad de tamaños del alimento para los depredadores (Tanaka *et al.* 2006). Darby *et al.* (2006) mencionan que existe una relación entre el número de gavilanes con la densidad de caracoles disponibles por  $m^2$  y que los individuos de *R. sociabilis* se alimentan en densidades  $> 0.14$  caracoles /  $m^2$ . Nuestros resultados difieren de los encontrados por ellos, debido a que en el sitio de forrajeo sector La Barra determinamos una densidad de 0.68 caracoles/ $m^2$ , contabilizando a nueve individuos como el mayor avistamiento, a diferencia del sector Rincón del Cuje donde la densidad de caracoles fue de 0.13 individuo/ $m^2$  y se contabilizo a 12 individuos como el máximo.

A pesar de tener mayor número de individuos de *R. sociabilis* contabilizados en Rincón del Cuje y una baja densidad de caracoles, se debe rescatar que dentro el tiempo de estudio hubo muestreos donde no se observó ningún individuo, y esto puede deberse al comportamiento nómada de *R. sociabilis*, donde al no encontrar el hábitat rentable busca otro parche de forrajeo. Esto concuerda con Bourne (1985b) quien menciona que los gavilanes caracoleros están en constante monitoreo de áreas rentables, ya que esta rentabilidad está en función del tiempo, espacio y de las tasas de energía que adquiere el depredador; para el sector del Rincón del Cuje estimamos una rentabilidad de  $58.07 \pm 63.54$  kcal/h a diferencia del sector La Barra, donde el sitio de forrajeo ofrece  $365.92 \pm 473.27$  kcal/h. Por tanto, la baja densidad de presas, el cambio de estructura y la baja rentabilidad en el Rincón del Cuje pudo haber intervenido a que los individuos se trasladaran a otro parche de forrajeo.

La concentración de los individuos será en función de la mayor disponibilidad de presas y la accesibilidad (Baker y Brooks 1981). Sin embargo, los individuos del Rincón del Cuje no fueron afectados por falta de accesibilidad, dado que el sitio de forrajeo no estaba conformado por vegetación que impidiera su visualización de las presas, Beissinger (1983) encontró, que los individuos de Guyana cambiaron de sitio de forrajeo no por la densidad de presas, sino porque el crecimiento de los arrozales no le permitía visualizar con facilidad sus presas, y esto implica gasto de energía; en cambio en nuestro estudio posiblemente su cambio de hábitat se debe a la baja densidad de caracoles ( $0.13 / m^2$ ) y el cambio en la estructura del sitio, dado que se observó una disminución drástica del nivel de agua, reduciendo de tal forma el espejo de agua y formando área extensa de lodo, Takekawa y Beissinger (1989) mencionan un comportamiento similar en los pantanos de los Everglades, donde los gavilanes caracoleros abandonaron los sitios de forrajeo como producto de las sequías que enfrentó en el año 1985, indicando que los individuos de *R. sociabilis* son sensibles a los cambios del hábitat, principalmente cuando los niveles de agua descienden, reduciendo así la disponibilidad de alimento, que por su alta especialización está ligado con caracoles *Pomacea* como principal y casi único ítems de alimento.

Sin embargo, este cambio en las características del hábitat benefició a los individuos de *A. guarauna*, quienes aprovechando que el área era más extensa para su caza y sin presión por competencia con los individuos de *R. sociabilis*; las franjas extensas de lodo que se formaron permitieron que los carraos aprovecharan, obteniendo los caracoles que habían quedado atrapado posterior a la reducción del espejo del agua. Además, como menciona Beissinger (1983) los individuos de *A. guarauna* son capaces de detectar caracoles mientras vadea y puede forrajear exitosamente en áreas de vegetación densa. Esta característica fue observada en ambos sitios, mientras los niveles de agua y el avance de la colonización de vegetación Riparia avanzaban, la cantidad de carraos que forrajeaban en el sector aumentó.

## VII. CONCLUSIONES

- La captura de caracoles es realizada principalmente sobre el espejo de agua. Sin embargo, en el sitio de forrajeo La Barra observamos una variante de caza, donde un juvenil extrajo un caracol del lodo formado por la disminución del nivel de agua.
- La inexperiencia de individuos juveniles contribuye que inviertan más tiempo en la búsqueda y manejo de la presa.
- Los juveniles prefirieron la caza desde la percha, el cual les permitió obtener 85% de éxito en la captura de los caracoles.
- Las hembras registraron tiempo más amplio de búsqueda de alimento y manejo de la presa en percha que los machos, hecho que podría estar relacionado con la selección de caracoles mayor tamaño.
- Los tiempos de manejo de la presa en vuelo, manejo de la presa en la percha y búsqueda de alimento fueron similares en ambos sexos.
- La espera para la búsqueda del próximo alimento fue menor en los machos del Rincón del Cuje. Esta característica puede estar relacionada a las actividades de cortejo y la territorialidad del sitio de forrajeo
- Los individuos del Rincón del Cuje utilizaron de forma preferente la estrategia de caza en vuelo en comparación a los individuos del sector La Barra ( $X^2= 23.058$ ,  $g.1 = 1$ ,  $P<0.05$ ). Sin embargo, el éxito y fracaso no se encuentra asociado con la estrategia utilizada ( $X^2=0.10068$ ,  $g.1 = 1$ ,  $P = 0.751$ ).
- Los tiempos de búsqueda de presa a nivel global fueron mayores en el sitio de forrajeo de La Barra, valor atribuido a la mayor incidencia de los juveniles en este sitio y a la utilización preferente de la caza desde la percha comparado con el Rincón del Cuje.
- En el Rincón del Cuje encontramos que las tallas de caracoles disponibles ( $W=959.5$ ,  $P=0.0010$ ) y depredados ( $W = 459480$ ,  $P<0.05$ ) fueron de mayor tamaño a los registrados en La Barra, sin embargo, la densidad de caracoles es mayor en el sitio de forrajeo de La Barra ( $0.68 \text{ m}^2$ ) que en el Rincón del Cuje ( $0.13\text{m}^2$ ).

- La densidad de caracoles en el sector de La Barra es suficiente para soportar el forrajeo de *Aramus guarauna* y *Rostrhamus sociabilis* en los cuales se observó el traslape en los sitios de forrajeo y la depredación de caracoles de tamaño medio, sin presentar comportamiento agonista entre ambas especies. A diferencia del Rincón del Cuje que la baja densidad no es suficiente y en respuesta a ello las especies segregan el espacio de forrajeo, donde *A. guarauna* forrajea sobre la vegetación acuática y *R. sociabilis* sobre el espejo de agua.
- La estructura de la vegetación afectó la visión del gavilán cuando utilizaba la caza desde la percha en la formación de parches discontinuos de vegetación en La Barra, incrementando los tiempos para la búsqueda de caracoles.
- En el Rincón del Cuje, la vegetación constituía franjas densas que imposibilitaban la caza de caracoles por parte del gavilán. Por ello la utilización de caza en vuelo fue mayor en este sitio, influyendo que el gasto energético fuera mayor por parte de los gavilanes.
- La rentabilidad del sitio de forrajeo en La Barra ( $\bar{x} = 365.92 \pm 473.27 \text{ kcal/h}$ ) es mayor que la rentabilidad que ofrece el Rincón del Cuje ( $\bar{x} = 58.07 \pm 63.54 \text{ kcal/h}$ ), baja rentabilidad que puede asociarse a la baja densidad de caracoles y los cambios drásticos en la estructura del humedal Laguna de Metapán.
- El aporte energético que ofrecen las tallas de caracoles que oscilan entre los 40 – 60 mm de longitud es mayor (9.95 – 11.05 kcal/caracol) que las tallas de 20 – 40 mm (3.44 – 5.17 kcal/caracol).
- En promedio observamos más individuos en La Barra, debido a que los gavilanes prefieren forrajear en sitios con alta densidad de presa, además este hábitat es preferido por los juveniles para terminar su etapa hacia adultos.
- En el Rincón del Cuje, que pese a tener tallas más grandes, la densidad es muy baja, cercana al umbral de 0.10 caracoles/m<sup>2</sup> necesaria para soportar el forrajeo de gavilanes.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de interacciones alimentarias entre *Q. mexicanus* y *R. sociabilis* para determinar la influencia de esta especie sobre los hábitos del gavilán caracolero.
- Evaluar a largo plazo la influencia de la disminución de los niveles de agua, principalmente en el Sector del Rincón del Cuje en la Laguna de Metapán sobre la densidad y disponibilidad de caracoles *Pomacea flagellata* y su efecto en el forrajeo de *R. sociabilis*
- Monitorear el comportamiento de forrajeo de *R. sociabilis* durante periodos de estrés hídrico, y evaluar si en ausencia de su principal presa diversifica su dieta con tortugas o cangrejos. Asimismo, analizar el comportamiento territorial bajo estas condiciones.
- Continuar con las actividades de prevención de cacería de aves acuáticas, principalmente durante la época de migración. Asimismo, regular el uso de productos agroquímicos en los cultivos establecidos a las riberas de los sitios de estudio.
- Realizar actividades de regulación en el ámbito de tallas para la extracción de caracoles, para garantizar la disponibilidad de tallas rentables para los individuos de *R. sociabilis*.
- Realizar estudios encaminados a evaluar una posible relación entre la densidad y disponibilidad de caracoles en *E. crassipes* y con ello considerar acciones de manejo de esta vegetación en los humedales que se distribuye *R. sociabilis*.

## IX. REFERENCIAS

- Baker J.A., Brooks, R.J. 1981. Distribution patterns of raptors in relation to density of meadow voles. *Condor* 83:42-47.
- Beissinger S. 1983. Hunting behavior, prey selection, and energetics of snail kite in Guyana: Consumer choice by a specialist. *The Auk* 100:84-92
- Beissinger S, Snyder N. 1987. Mate desertion in the snail kite. *Animal Behaviour* 35(2): 477-487.
- Beissinger S. 1990. Alternative foods of a diet specialist, The Snail Kite. *The Auk* 107:327-333
- Beissinger, S.R., Donnay, T. J., y Walton R. 1994. Experimental analysis of diet specialization in the Snail Kite: The Role Behavioral Conservatism. *Oecologia*. 100:54-65.
- Benavides, J.R., Chacón, M.A., y Portillo, N.Y. 2012. Evaluación bio-economica de alojamiento y densidades de siembra para el cultivo de caracoles de agua dulce (*Pomacea flagellata*). Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencia Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Benítez M. 1981. Estudio Comparativo de la Alimentación de tres especies de Rallidae: *Gallinula chloropus*, *Fulica americana* y *Porphyry martinica*. Tesis para optar al grado en Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador.
- Bennetts, R.E., Darby, P.C., y Laksiri, B.K. 2006. Foraging Patch Selection by Snail Kites in Response to Vegetation Structure and Prey Abundance and Availability. *Waterbirds* 29(1): 88-94.
- Bennetts R, Kitchens W. 2000. Factors influencing movement probabilities of a nomadic food specialist: proximate foraging benefits or ultimate gains from exploration?. *Oikos* 91:459-467

- Bergmann, F.B., Amaral, H.L.C., Pinto, D.P., Chivittz, C.C. y Tozetti, A.M. 2013. Foraging activity of the snail kite, *Rostrhamus sociabilis* (Ave: Accipitridae) in wetlands of southern Brazil. *Braz. J. Biolo.*, 73(2): 245-252.
- Bibby C, Jones M, Marsden S. 1998. Expedition field Techniques. Bird surveys. 143 p.
- BirdLife International. 2016. *Rostrhamus sociabilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22695048A93487191. Downloaded on 10 September 2017.
- Britannica Illustrated Science Library (BISL). 2008. Birds. Editorial Sol. 56 p.
- Bourne G. 1985a. Field test of micropatch and prey-size selection by Snail Kites *Rostrhamus sociabilis* IBIS 127:141-147.
- Bourne, G. 1985b. The role of profitability in Snail Kite foraging. *Journal of Animal Ecology*. 54: 697-709.
- Bourne, G.R. 1993. Differential Snail-Size predation by Snail Kites and Limpkins. *Oikos* 68: 217-223.
- Cáceres-Guillen M. Sin fecha. Comportamiento de forrajeo y uso del hábitat del gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) en el Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. Tesis presentada como requisito para optar al grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. Disponible en: <[http://www.academia.edu/7985673/Comportamiento\\_de\\_forrajeo\\_y\\_uso\\_del\\_h%C3%A1bitat\\_del\\_gavil%C3%A1n\\_caracolero\\_Rostrhamus\\_sociabilis\\_en\\_el\\_Parque\\_Nacional\\_Palo\\_Verde\\_Costa\\_Rica](http://www.academia.edu/7985673/Comportamiento_de_forrajeo_y_uso_del_h%C3%A1bitat_del_gavil%C3%A1n_caracolero_Rostrhamus_sociabilis_en_el_Parque_Nacional_Palo_Verde_Costa_Rica)>.
- Castro P. 2004. Métodos de análisis de datos en ecología. Universidad de Alcalá. Departamento de Ecología. Licenciaturas de Biología y Ciencias Ambientales. Madrid, España. 31 p.
- Cattau, C. 2008. Effects of the invasive exotic Apple Snail (*Pomacea insularum*) on the Snail Kite (*Rostrhamus sociabilis*) in Florida, USA. University of Florida.

- Cattau C, Martin J, Kitchens W. 2010. Effects of an exotic prey species on a native specialist: Example of the snail kite. *Biological Conservation* 143:513-520
- Chapman B, Bolen E. 2015. *Ecology of North America*. Second Edition. 349 p.
- Charnov, E.L. 1976. Optimal Foraging: Attack Strategy of a Mantid. *The American Nature* 110 (97): 141-151.
- Collet, S.F. 1977. Size of snails eaten by snail kites and limpkins in a Costa Rican marsh. *The Auk* 94: 365-367.
- Darby, P.C., Bennetts, R.C., Karunaratne, L.B. 2006. Apple snail densities in habitats used by foraging snail kites. *Florida Field Naturalist* 34(2):37-47.
- Darby P, Fujisaki I, Mellow D. 2012. The effects of prey density on capture times and foraging success of course-hunting adult Snail Kite. *The Condor* 114(4):755-763.
- Darby, P.C., Mellow, D.J., Watford, M.L. 2007. Food-Handling difficulties for Snail Kites capturing non-native apple snail. 35(3):79-85.
- Del Olmo G. 2014. *Las aves del Parque Ecológico Jaguarondi*. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 265 p
- Dickey D, Van Rossem A. 1938. *The Birds of El Salvador*. Field Museum of Natural History. Chicago. Estados Unidos.
- Dunne P, Sibley D, Sutton C. 2012. *Hawks in Flight*. Second Edition. Boston, New York.
- Estela F, Naranjo F. 2005. Segregación en el tamaño de caracoles depredados por el Gavilán Caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) y el Carrao (*Aramus guarana*) en el suroccidente de Colombia. *Ornitología Colombiana* 3: 36-41.
- Felten H, Steinbacher J. 1955. Contribuciones al conocimiento de la avifauna de El Salvador. *Comunicaciones* 4:1-36.
- Fortes H, Denis D. 2013. Tamaños de los moluscos consumidos por el gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) en el Gran Humedal del Norte Ciego de Ávila, Cuba. *Journal of Caribbean Ornithology* 26: 8-11.

- Fuchs E, Barrantes G. 2015. El lenguaje estadístico R aplicado a las Ciencias Biológicas. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Gutiérrez, G. 1998. Estrategias de forrajeo. en Ardila, R., López, W., Pérez, A.M., Quiñones, R., Reyes, F. (Eds). Manual de Análisis Experimental del Comportamiento. Pág. 359-381.
- Haas S, Kimball R, Martin J, Kitchens M. 2009. Genetic divergence among Snail Kite subspecies: implications for the conservation of the endangered Florida Snail Kite *Rostrhamus sociabilis*. *Ibis* 151: 181-185.
- Haverschmidt F. 1970. Notes on the snail kite in Surinam. *Auk* 87:580-584
- Henríquez V. 2009. Las KBAs de El Salvador: Establecimiento de una línea de base de áreas claves para la biodiversidad. Fundación Ecológica de El Salvador. SalvaNATURA. San Salvador.
- Henríquez V, Ortez J. 2008. Herpetofauna del Área Natural Protegida San Diego-La Barra. Proyecto inventario de herpetofauna de los humedales y bosques presentes en el complejo Lago de Güija, del Área de Conservación Biológica El Trifinio, Santa Ana. El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Universidad de El Salvador.
- Herrera N. 2005. Evaluación ambiental del complejo Lago de Güija. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Centro Nacional de Registro (CNR).
- Herrera N, Rivera R. 2001. Complejo de Güija, Metapán, El Salvador, Centro América. Propuesta de Sitio Ramsar. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Herrera N, Rivera R, Ibarra R, Rodríguez W. 2006. Nuevos registros para la avifauna de El Salvador. *Boletín de la Sociedad Antioqueña de Ornitología* 16:1-19.
- H. Wickham. 2009. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York
- Ibarra R. 2013. Aves de El Salvador: estado actual del conocimiento e iniciativas de conservación. *Bioma* 9:12-91.

- Jiménez, N.F. 2006. Evaluación del Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura Continental en El Salvador, 1957-1980. Escuela de Biología, Facultad de Ciencia Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.
- Jiménez, N.F y Santamaría, J.A. 2008. Ensayo evaluativo de tres tipos de alimento vegetal en la dieta alimenticia del caracol de agua dulce (*Pomacea* spp.). Escuela de Biología, Facultad de Ciencia Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.
- Krebs, J.R. 1980. Optimal Foraging Predation Risk and Territory Defence. *Ardea* 68: 83-90.
- Komar O, Domínguez J. 2001. Lista de Aves de El Salvador. Fundación Ecológica de El Salvador. SalvaNATURA. San Salvador.
- Komar O, Rodríguez W. 1995. Evaluación preliminar del hábitat y las aves del Área Natural San Diego y La Barra, El Salvador.
- Komar O, Ibarra-Portillo R. 2009. El Salvador. Pp 197-204. In C. Devenish, D, Díaz, Fernandez R, Clay J. Davidson J, Zabala Y. Eds. Important Bird Areas Americas Priority sites for biodiversity conservation. Quito, Ecuador. Birlife Internacional. Birlife Conservation Series N° 16.
- Lehner P. 1998. Handbook of ethological methods. Second edition. 541 p.
- MacArthur, R.H. y Pianka, E.R. 1966. On Optimal use of a Patchy Environment. *The American Naturalist* 100(916): 603-609.
- Magalhães C. 1990. Hábitos alimentares e estratégia de forrageamento de *Rostrhamus sociabilis* no Pantanal de Mato Grosso, Brasil. *Ararajuba* 1:95-98.
- Mapelli F, Kittlein M. 2011. Prey selection by Snail Kite (*Rostrhamus sociabilis*) in permanent and temporary wetlands of Central Argentina. *Ornitologia Neotropical* 22:281-293.
- McDonald J. 2008. Handbook of Biological Statistics. University of Delaware. Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland. 291 p.

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Protocolo de muestreo de otro tipo de flora acuática (Macrófitos) en lagos. España. 38 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2011a. Información general de los sitios RAMSAR de El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2011b. Informe de la calidad del agua de Laguna de Metapán. Servicio Hidrológico Nacional.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2015a. Boletín Climatológico Anual. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2015b. Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o En Peligro de extinción. Diario oficial, Acuerdo No. 74.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2016. Plan de Manejo Parque Nacional San Diego y San Felipe Las Barras. Metapán, Santa Ana.
- Márquez C, Bechard M, Gast F, Vanegas V. 2005. Aves rapaces diurnas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” Bogotá, Colombia.
- Marshall J. Additional information concerning the birds of El Salvador. 1943. The Condor 5: 21-33.
- Méndez P, Curti M, de Montuto K, Benedetti A. 2006. Las aves rapaces. Guía didáctica de educación ambiental. Fondo Peregrino. Panamá.
- Miller, B.W. y Tilson, R.L. 1985. Snail Kite Kleptoparasitism of Limpkins. Auk 102:170-171.
- Molina D. 2013. Distribución de las aves rapaces diurnas residentes en el Parque Nacional San Diego-La Barra, municipio de Metapán, departamento de Santa Ana. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador.

- Morales R. 2010. Análisis de inferencia estadística (prueba de hipótesis). Tesis para optar al grado de Licenciado en Estadística. Departamento de estadística, matemática y cómputo. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Naranjo-García, E. y Olivera-Carrasco, M.T. 2014. Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores, en R. Mendoza y P. Koleff (coords), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 337-345p.
- Nelson W, Goldman A. 1933. A new subspecies of the snail kite, *Rostrhamus sociabilis* (Vieillot). Biological Society of Washington. 46: 193-194.
- OSPESCA, TAIWAN, OIRSA, MAG. 2005. Inventario de cuerpos de agua continentales de El Salvador, con énfasis en la pesca y la acuicultura. Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental-PREPAC.
- Ozaeta, M.A. 2002. Evaluación del efecto de tres niveles de alimentación con incaparina, y ninfa acuática (*Eichornia crassipes*) en el crecimiento y desarrollo del caracol (Pomacea sp) en condiciones controladas. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Pérez R. 2002. Distribución local de las aves rapaces diurnas en el Parque Nacional el Imposible, El Salvador. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador.
- Pérez R. 2007. Composición y estructura de comunidades de aves rapaces diurnas y sus implicaciones para sistemas agropecuarios en paisajes fragmentados de la costa de El Salvador. Tesis para optar al grado de *Magister Scientiae* en Manejo y conservación de bosque tropical y biodiversidad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Pérez-Grana, R. 2013. Exactitud de las tablas de composición de alimentos en la determinación de nutrientes. Sanid. mil. 69(2):102-111.
- Pereyra JA. 1936. Importancia de nuestras aves. Hornero 6(2):254-261.

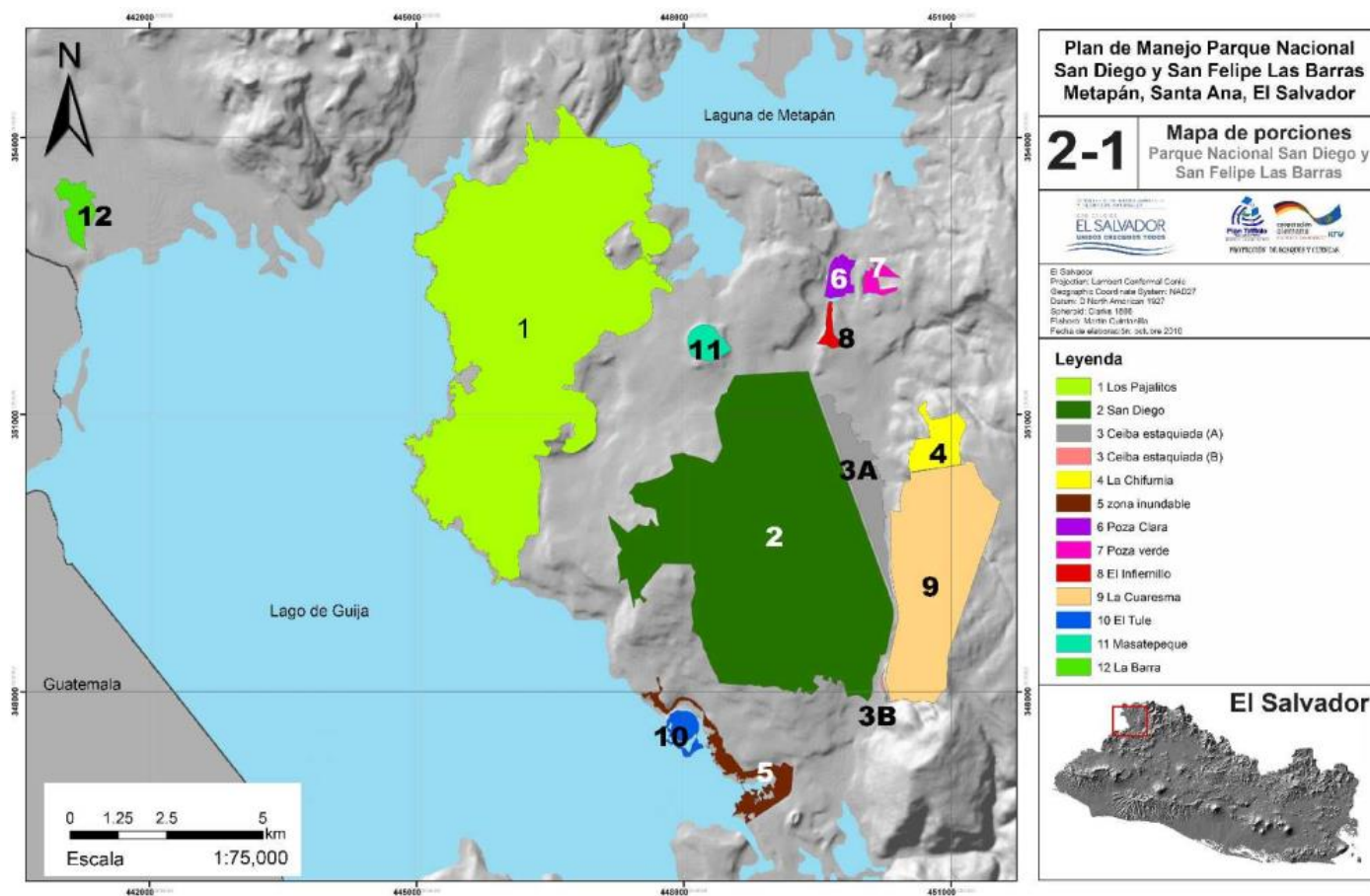
- Peterson R. 1980. A field guide to the birds of Eastern and Central North América. Fourth Edition. Houghton Mifflin Company Boston New York. Printed in the United States of America.
- Pias K. 2012. Foraging Ecology of Breeding Snail Kites (*Rostrhamus sociabilis plumbeus*) On Lake Tohopekaliga, Florida, USA. A Thesis Presented To The Graduate School Of The University Of Florida In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Master of Science. University Of Florida.
- Pineda L, Herrera N. 2011a. *Rostrhamus sociabilis*. *Aratinga* 5-6: 4-6.
- Pineda L, Herrera N. 2014. Notas sobre la anidación del Milano Caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) en el lago de Güija, El Salvador y Guatemala. *Bioma* 23: 50-55.
- Posso S, Cintra F, Frias J. 2012. Temporal influence on foraging strategies, territoriality and nomadic tendencies of Snail Kite, *Rostrhamus sociabilis* (Viellot, 1817) in an urban Neotropical wetland. *Brazilian Journal of Biology* 72(2):235-241.
- Reichert B, Cattau C, Fletcher R, Sykes P, Rodgers J, Bennetts R. 2015. Snail kite (*Rostrhamus sociabilis*). *The Birds of North America online* (A poole Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America Online. Disponible en: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/171/articles/introduction>
- Rivas T, Figueroa R. 2009. Aves rapaces de la cordillera de Nahuelbuta y sus alrededores. Primera edición, FPA-CONAMA, Región del Bio-bio. Chile.
- Román F., Monge J., De Aguilar M., Franco M. 2012. Estudio de pre-factibilidad: Planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Metapán en Santa Ana. Tetra Tech, USAID. El Salvador.
- Rueda C, Wiebe A. 2014. Snail Kite (*Rostrhamus sociabilis*), *Neotropical Birds*. Online (T.S. Schulenber, Eds) Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; retrieved from Neotropical Birds. Available from: [http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/identification?p\\_p\\_spp=12031](http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/identification?p_p_spp=12031)

- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Santos R, Pita B, Máximo P, Mucugê D. 2007. Hábitos alimentares e estratégia de forrageamento do gavião caramujeiro *Rostrhamus sociabilis* (Viellot, 1817), em Arembepe, Bahia-Brasil. In: Anais VIII Congresso de Ecología do Brasil. Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil.
- Sibley D. 2014. The Sibley Guide to Birds. Second Edition. Alfred A. Knopf, New York.
- Snyder N, Kale II H. 1983. Mollusk predation by Snail Kites in Colombia. *The Auk* 100:93-97
- Snyder N, Snyder H. 1970. Feeding Territories in the Everglades Kite. *Condor* 72: 492-493.
- Sykes P. 1979. Status of the everglade kite in Florida. 1968-1978. *The Wilson Bulletin* 91(4): 495-511.
- Sykes P. 1987a. Snail kite nesting ecology in Florida. *Florida Field Naturalist* 15(3): 57-84.
- Sykes P.W. Jr. 1987b. The Feeding Habits of the Snail Kite in Florida, USA. *Colonial Waterbirds*. 10(1):84-92.
- Takekawa, J.E., Beissinger, S.R. 1989. Cyclic Drought, Dispersal, and the Conservation of the Sanil Kite in Florida: Lessons in Critical Habitat. *Conservation Biology* 3(3):302-311.
- Tanaka, M.O., Souza, A.L.T. y Módena, S.E. 2006. Habitat structure effects on size selection of snail kites (*Rostrhamus sociabilis*) and limpikins (*Aramus guarauna*) when feeding on Apple snails (Pomacea spp). *Acta Oecologica* 30:88-96.
- The American Ornithologists' Union (AOU). This checklist incorporates changes through the 56th supplement Available from: <http://checklist.aou.org/taxa/>. Consultado el 15.02.16

- Valdivieso, M., Vigo, M., y Lazarte, J. 2000. Cultivo y Procesamiento del Churro. Programa de ecosistemas acuáticos (PEA). Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana. IQUITOS, Perú.
- Valentine-Darby P, Bennetts R. 1998. Seasonal patterns of habitat use by snail kites in Florida. *Journal Raptor Research* 32(2):98-103
- Vásquez-Silva, G., Castro-Barrera, T., Castro-Mejía, J., y Mendoza-Martínez, G.D. 2011. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *ContactoS* 81:28-33.
- Veiga J, Raggio J, Guller R. 2009. Cangrejos y tortugas en la dieta del caracolero (*Rostrhamus sociabilis*) en Argentina. *Nuestras Aves* 54:47-48.
- Vega I. 2009. Dieta alimenticia del "Pato Chancho" (*Phalacrocorax brasilianus*) en el Sitio Ramsar Embalse Cerrón Grande y su impacto en la pesca local". Tesis para optar al grado en Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador.
- West J. 2008. Ocurrencia de búhos en tres áreas naturales protegidas de El Salvador. *Aratinga* 2(1): 6.
- Zar J. 2010. *Biostatistical Analysis*. Fifth Edition. Pearson Prentice-Hall.

## X. ANEXOS

**Anexo 1.** Distribución de porciones dentro del Parque Nacional San Diego y San Felipe Las Barras. Tomado de MARN 2016



**Anexo 2.** Hoja de recolecta de datos para la observación de individuo focal.

<b>HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” <i>Rostrhamus sociabilis major</i> (NELSON &amp; GOLDMAN 1933) EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜIJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.</b>						
<b>Observación de Individuo Focal</b>						
Fecha:                      Hora inicio:                      Hora final:			N° de muestreo:			
Coordenadas:			Individuo focal:			
Observadores: Iliana Barias y Abizai Chinchilla			Lugar:			
N°	Sexo/Madurez	Búsqueda de alimento (s)	Manejo de la presa en vuelo (s)	Manejo de la presa en percha (s)	Búsqueda del próximo alimento (s)	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
Estrategia de caza		Éxito			Fracaso	
Caza desde la percha						
Caza en vuelo						
<b>Total</b>						

**Anexo 3.** Hoja de recolecta de datos para la cobertura y composición de la vegetación acuática.

<b>HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” <i>Rostrhamus sociabilis major</i> (NELSON &amp; GOLDMAN 1933) EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜLJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.</b>						
<b>Cobertura y composición de la vegetación acuática.</b>						
Fecha:                      Hora:			N° de parcela:			
Coordinadas:			Coordinadas:			
Responsables: Iliana Barias y Abizai Chinchilla			Sitio:			
N°	Nombre común	Nombre científico	Cobertura de la vegetación en el espejo de agua	Cobertura con respecto a las especies (%)	Estado de conservación (MARN 2015)	Forma de vida
1						
2						
3						
4						
n						
E: Emergente; F: Flotante; S: Sumergida; FL: Flotante Libre.						
Observaciones:						

**Anexo 4.** Hoja de recolecta de datos para morfometría y peso de caracoles *Pomacea flagellata* disponibles.

<b>HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” <i>Rostrhamus sociabilis major</i> (NELSON &amp; GOLDMAN 1933)</b> <b>EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜIJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.</b> <b>Morfometría y peso de caracoles <i>Pomacea flagellata</i> disponibles</b>					
Fecha:			N° parcela:		
Hora:			Coordenadas:		
Responsables: Iliana Barías y Abizai Chinchilla			Sitio:		
N°	Peso (g)	Ancho de la concha (mm)	Largo de la concha (mm)	Ancho de la apertura (mm)	Largo de la apertura (mm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
<b>n</b>					
<b>Observaciones</b>					

**Anexo 5.** Hoja de recolecta de datos para morfometría de caracoles *Pomacea flagellata* consumidos.

<b>HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” <i>Rostrhamus sociabilis major</i> (NELSON &amp; GOLDMAN 1933)</b> <b>EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜIJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.</b> <b>Morfometría de caracoles <i>Pomacea flagellata</i> consumidos</b>				
Fecha:			Coordenadas:	
Hora:			Sitio:	
Responsables: Iliana Barias y Abizai Chinchilla			Especie:	
N°	Ancho de la concha (mm)	Largo de la concha (mm)	Ancho de la apertura (mm)	Largo de la apertura (mm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
<b>n</b>				
<b>Observaciones</b>				

**Anexo 6.** Hoja de recolecta de datos para conteo de gavián caracolero *Rostrhamus sociabilis* y carrao *Aramus guarauna*.

<b>HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL “GAVILÁN CARACOLERO” <i>Rostrhamus sociabilis major</i> (NELSON &amp; GOLDMAN 1933) EN DOS HUMEDALES DEL COMPLEJO GÜLJA, SANTA ANA, EL SALVADOR.</b>		
<b>Conteo de gavián caracolero <i>Rostrhamus sociabilis</i> y carrao <i>Aramus guarauna</i></b>		
Fecha:	Hora inicio:	Hora final:
Muestreo:	Precipitación:	
Observadores: Iliana Barias y Abizai Chinchilla	Nubosidad:	
	Viento:	
	Sitio:	
<i>Rostrhamus sociabilis</i>		
Sexo/Madurez	Frecuencia	Total
Machos		
Hembras		
Juveniles		
<i>Aramus guarauna</i>		
	Frecuencia	Total
Observaciones:		

**Anexo 7.** Resultados de análisis bromatológico. Leyenda: H: humedad; PC: proteína cruda; Cz: Cenizas; E.E: extracto etéreo o grasa; FC: fibra cruda; Cho: carbohidratos.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**

**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**Fecha:** Ciudad Universitaria, 11 de octubre de 2017  
**Fecha de ingreso:** 15 / agosto / 2017  
**Tipo de Muestra:** Caracoles Manzana  
**Análisis solicitado:** Bromatológico  
**Usuario:** Br. Iliana Barías.

No. Muestra	Identificación de la muestra	H %	PC %	Cz %	E.E %	FC %	Cho %	% Materia Seca
MXU-275	Caracoles manzana medianos	88.04	17.69	9.46	6.79	0.1	65.96	11.96
MXU-276	Caracoles manzana grandes	87.18	10.85	9.08	6.98	0.2	72.89	12.82

Analista: Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

Atentamente,

**"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"**



**Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Turcios**  
Jefe del Departamento de Química Agrícola

Final 25 Av. Norte, Ciudad Universitaria. Tel.: 2225-1506 y 2226-2043

**Anexo 8.** Disminución del nivel del agua en Laguna de Metapán, Rincón del Cuje. Fotografías por © Abizai Chinchilla.



15-Febrero-2017



05-Abril-2017



18-Abril-2017





25-Enero-2017



05-Abril-2017



05-Abril-2017



18-Abril-2017