



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Unidad – Iztapalapa

DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA

**“Evaluación ecológica de la comunidad de peces en el sistema
fluviodeltaico Pom-Atasta, Laguna de Términos, Campeche.”**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

Biól. Mariela Gazca Castro

Correo: mgzc90@outlook.com

Director

M. en C. Arturo Aguirre-León

Asesores

M. en C. Silvia Díaz-Ruiz

M. en B. E. Sergio H. Álvarez-Hernández

Ciudad de México

junio 2020



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00183

Matrícula: 2173801335

"Evaluación ecológica de la comunidad de peces en el sistema fluviodeltaico Pom-Atasta, Laguna de Términos, Campeche"



Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México se presentaron a las 13:00 horas del día 9 del mes de junio del año 2020 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

- M. EN C. DORA SILVIA DIAZ RUIZ
- DRA. ANA LAURA LARA DOMINGUEZ
- DR. RAMÓN ANDRÉS LÓPEZ PÉREZ
- M. EN B.E. SERGIO HUMBERTO ALVAREZ HERNANDEZ

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN BIOLOGIA
DE: MARIELA GAZCA CASTRO

Mariela Gazca Castro
MARIELA GAZCA CASTRO
ALUMNA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

REVISÓ
Rosalía Serrano de la Paz
MTRA. ROSALÍA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS
Sara Lucía Camargo Ricalde
DRA. SARA LUCÍA CAMARGO RICALDE

PRESIDENTA
Silvia Díaz
M. EN C. DORA SILVIA DIAZ RUIZ

VOCAL
Ana Laura Lara Domínguez
DRA. ANA LAURA LARA DOMINGUEZ

VOCAL
Ramón Andrés López Pérez
DR. RAMÓN ANDRÉS LÓPEZ PÉREZ

SECRETARIO
Sergio Humberto Álvarez Hernández
M. EN B.E. SERGIO HUMBERTO ALVAREZ HERNANDEZ

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN. C. ARTURO AGUIRRE LEÓN

Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-Xochimilco

ASESORES:

M. EN C. SILVIA DÍAZ RUIZ

Departamento de Hidrobiología, UAM-Iztapalapa

M. EN B. E. SERGIO H. ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ

Departamento de Hidrobiología, UAM-Iztapalapa

SINODALES:

DRA. ANA LAURA LARA DOMÍNGUEZ

Instituto de Ecología, Red de ecología funcional

DR. RAMÓN ANDRÉS LÓPEZ-PÉREZ

Departamento de Hidrobiología, UAM-Iztapalapa

La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Posgrados de Calidad del CONACyT.

El presente trabajo se realizó en:

El laboratorio de Ecología Costera y Pesquerías, Departamento El Hombre y su Ambiente (UAM-Xochimilco) y el laboratorio de Ictiología y Ecología Costera, Departamento de Hidrobiología (UAM-Iztapalapa) de la Universidad Autónoma Metropolitana, bajo la dirección de:

M. en C. Arturo Aguirre León

y

M. en C. Silvia Díaz Ruiz

DEDICATORIA

A mis padres **A. Andres Gazca** y **Veronica Castro**. Por haberme forjado como la persona que soy, porque gracias a su apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar una etapa más en la vida. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida.

A mi esposo **Adrian Segundo S.** En el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, gracias por brindarme la motivación indicada y en el mejor momento, tu ayuda y comprensión han sido fundamentales durante este proyecto. Gracias por caminar a mi lado, por todo tu amor y apoyo incondicional en mi vida. Te amo

“Somos uno sin dejar de ser dos”

A mi hermano **Luis A. Gazca C.** Por haberme apoyado incondicionalmente y alentarme siempre a seguir en este camino, gracias por confiar en mí, por todo tu amor y comprensión en cada momento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría en biología.

A mi director de tesis **M. en C. Arturo Aguirre León** quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. Gracias por su confianza y amistad.

A la **M. en C. Silvia Díaz Ruiz** por la dirección de esta tesis, asesoría y estímulo constante a lo largo del trabajo. Gracias por su amistad y apoyo incondicional durante el posgrado.

Al **M. en B. E. Sergio H. Álvarez Hernández** por sus valiosos comentarios, consejos, críticas y sugerencias que contribuyeron a enriquecer este trabajo.

A la Universidad Autónoma Metropolitana “**Casa abierta al tiempo**” por mi formación académica, a los profesores que me ayudaron a concluir esta meta, así mismo agradezco a la coordinación de la Maestría.

A la **Dra. Ana Laura Lara Domínguez** y el **Dr. R. Andrés López Pérez** por aceptar ser parte del jurado y por sus comentarios que contribuyeron a enriquecer este trabajo.

A mis amigos de la Maestría, Karen Mondragón, Alonso Castro y Alejandra Flores, por los increíbles momentos aprendiendo más de esta increíble vida. A los compañeros del laboratorio de Ictiología y Ecología Costera.

RESUMEN

El sistema Pom-Atasta asociado a la Laguna de Términos, se encuentra dentro del polígono decretado como Área de Protección de Flora y Fauna (1994) y Sitio Ramsar (2004). Tiene importancia científica, social y económica, ya que es utilizado para realizar parte de los ciclos de vida de una gran diversidad de peces, de los cuales, varias especies tienen un reconocido valor económico e importancia ecológica en la región. La relación que tienen estos sistemas como hábitats prioritarios en conexión con Laguna de Términos, hace necesario continuar con estudios de la comunidad íctica. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar la dinámica ecológica de la comunidad de peces en relación con la variación físico-ambiental del sistema, con la finalidad de comprender los cambios estructurales en escala espacio temporal, así como analizar la estructura de tallas, fases de madurez gonádica y proporción de sexos de las especies dominantes, para establecer modelos diagramáticos de la manera en que las especies utilizan el sistema durante su desarrollo. De 2005 a 2014 se realizaron 140 muestreos diurnos en 10 estaciones mediante una red de arrastre y se registraron los parámetros fisicoquímicos. La variación espacio-temporal de las variables ambientales evidenció dos hábitats, uno con mayor influencia marina (mesohalino estaciones 1 a 4) y otro con mayor influencia dulceacuícola (oligohalino estaciones 5 a 10). Se recolectaron un total de 5,358 individuos con un peso de 165.16 kg y se identificaron 59 especies. Especialmente, los valores promedio de la H' (1.56) y D (2.05) presentaron los valores más altos en el hábitat mesohalino y la J' (0.86) en el oligohalino. La densidad (0.037 ind/m^2) y biomasa (1.02 g/m^2) registraron los valores más altos en el hábitat mesohalino, sin embargo, el peso promedio (181.00 g/ind.) mostró un comportamiento inverso, con valores más altos en el hábitat oligohalino. Temporalmente, los valores promedio de la H' (1.42), D (1.82) y J' (0.91) fueron mayores durante los meses que comprenden la época de secas. La densidad (0.062 ind/m^2) y biomasa (3.15 g/m^2) presentaron los promedios más altos durante la época de nortes, sin embargo, el mayor peso promedio (123.68 g/ind) se registró durante la época de secas. El Índice de Valor de Importancia (IVI) indicó tres especies dominantes *Cathorops aguiladulce* (*sensu= C. melanopus*) (67.5), *Eugerres plumieri*

(42.4) y *Diapterus rhombeus* (35.9). El Análisis de Correspondencia Canónica mostró que la relación peces-hábitat explicó 57% de la varianza total, siendo la salinidad, transparencia y temperatura los factores que determinaron la composición y distribución de los peces. La abundancia y diversidad han disminuido, mostrando cambios en la composición y dominancia de las especies probablemente debido a la presencia de especies exóticas en el sistema. Las poblaciones de las especies dominantes en el sistema presentan un predominio de individuos juveniles (fases de madurez I y II). Así mismo, se observó que el patrón de utilización de estas especies refleja una alternancia espacial y temporal en los diferentes hábitats.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
ANTECEDENTES	12
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	15
HIPÓTESIS	15
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS PARTICULARES	16
ÁREA DE ESTUDIO	17
MÉTODOS	18
RESULTADOS	
Comportamiento ambiental escala espacial y temporal	24
Análisis de hábitats	30
Composición ictiofaunística	31
COMPORTAMIENTO ECOLÓGICO DE LA COMUNIDAD	
Diversidad escala espacial y temporal	37
Abundancia escala espacial y temporal	40
Especies dominantes	44
Relación especies-hábitat	47
Análisis de poblaciones	
<i>Cathorops aguilace</i> (Madurez gonádica y proporción de sexos)	49
<i>Eugerres plumieri</i> (Madurez gonádica y proporción de sexos)	59
<i>Diapterus rhombeus</i> (Madurez gonádica y proporción de sexos)	68

Modelos diagramáticos

<i>Cathorops agudulce</i>	77
<i>Eugerres plumieri</i>	82
<i>Diapterus rhombeus</i>	87

DISCUSIÓN

Comportamiento ambiental	91
Composición ictiofaunística	94
Diversidad de la comunidad	95
Abundancia de la comunidad	97
Relación especies-hábitat	98
Análisis de poblaciones y modelos diagramáticos	99

CONCLUSIÓN	103
-------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA	104
---------------------------	------------

INTRODUCCIÓN

La zona costera de Campeche en el sur del Golfo de México, posee en su territorio áreas decretadas como Sitios Ramsar y Áreas Naturales Protegidas, debido a su reconocido valor biológico. Históricamente, esta región ha tenido gran relevancia científica, económica, social y cultural para México, por representar una zona primordial en recursos pesqueros. De entre los sistemas destaca la Sonda de Campeche, Laguna de Términos y los sistemas asociados a estos donde, además, se llevan a cabo actividades de exploración y explotación de petróleo (Aguirre-León *et al.*, 2010; Ayala-Pérez *et al.*, 2012).

La Laguna de Términos es el sistema costero más grande de Campeche, en 1994 se decretó como Área de Protección de Flora y Fauna (DOF, 2002) y en 2004 Sitio Ramsar (RAMSAR, 2008). Se caracteriza por poseer una gran variedad de subsistemas complejos y alta productividad, dominados por procesos físico-ambientales, biológicos y ecológicos acoplados como resultado de los mecanismos de interacción entre ecosistemas vecinos como el mar y los sistemas fluvio-deltaicos. Estos últimos, tienen un papel fundamental en el reclutamiento y las migraciones de peces durante sus ciclos de vida; a su vez, dichos procesos están regulados por la dinámica ambiental de estos sistemas, lo que permite a la comunidad biótica poseer alta diversidad (Yáñez-Arancibia *et al.*, 2007). La Laguna de Términos posee, también, una importante riqueza en flora y fauna, en donde los peces constituyen el grupo más representativo, el cual funciona como regulador energético a través de complejas interacciones biológicas entre ellos y los diferentes

hábitats del sistema. Por otra parte, muchas especies tienen un reconocido valor económico para la sociedad y al mismo tiempo importancia ecológica como parte del ecosistema (Yáñez-Arancibia y Aguirre-León 1988).

El sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta forma parte de la Laguna de Términos, posee características ambientales y ecológicas particulares debido a sus variaciones hidrológicas por la descarga fluvial de sistemas vecinos como el Palizada del Este y por la influencia de la marea desde el mar. Estas características dan lugar a una gran variedad de comunidades biológicas con alto valor ecológico y económico en la región. Dicho sistema es utilizado por especies de peces que desarrollan diferentes etapas de sus ciclos biológicos, algunas de las cuales son especies dominantes que permanecen en ellos durante todo o gran parte de sus ciclos de vida; y contribuyen a la producción biológica y pesquera de la Laguna de Términos y de la plataforma continental de Campeche. Pom-Atasta, como sistema, funciona como un área específica de reproducción, reclutamiento, crianza, protección y alimentación de un gran número de especies marinas y dulceacuícolas, muchas de las cuales se siguen explotando en la región de Términos (Aguirre-León *et al.* 1998, 2010).

Por lo anterior, el estudio de los peces del sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta tiene un considerable interés ecológico, ya que permitirá analizar información sobre la distribución, diversidad y abundancia de las especies de peces. Así mismo, el análisis de las especies dominantes permite comprender la forma en que utilizan el sistema en tiempo y espacio, así como sus adaptaciones a la variación ambiental y

cómo influyen en la estructura de la comunidad, lo cual refleja el comportamiento de la misma tanto en Pom-Atasta como en la región de Laguna de Términos.

ANTECEDENTES

En los últimos 30 años se han realizado estudios ictiológicos en Laguna de Términos y en los sistemas fluvio-deltaicos asociados. La mayor producción científica sobre el sistema Pom-Atasta comprende desde 1980 al 2010, posteriormente existen pocos trabajos sobre temas de dinámica ambiental. Los trabajos realizados analizan aspectos relacionados con la variación hidrológica, aspectos ecológicos de la estructura de las comunidades de peces y su relación con variables fisicoquímicas, así como el comportamiento de algunas especies dominantes. Entre estos destaca el trabajo realizado por Amezcua-Linares y Yáñez-Arancibia (1980), quienes estudiaron el hábitat y estructura de la comunidad de peces de los cuatro sistemas fluvio-deltaicos asociados (Pom-Atasta, Palizada del Este, Chumpam-Balchacah y Candelaria-Panlau) a Laguna de Términos y reportaron un total de 47 especies de peces, de las cuales registraron 33 en el sistema Pom-Atasta, 36 en Candelaria-Panlau, 21 para Chumpam-Balchacah y 28 en Palizada del Este. Referente a las categorías ictiotróficas en el sistema Pom-Atasta, 12 especies son consumidoras de primer orden, 14 especies de segundo orden y 7 especies de tercer orden. Otros estudios sobre cambios temporales de la comunidad de peces en las bocas de conexión de Laguna de Términos se integran en el trabajo de Yáñez-Arancibia *et al.* (1985). Aunque son pocos los estudios realizados que abordan de manera específica la estructura y función de los peces y su relación con la variación ambiental en el sistema Pom-Atasta, se cuenta con los trabajos de Aguirre-León *et*

al. (1998, 2010) que evidenciaron la relación de la comunidad de peces con el gradiente ambiental. Estudios sobre los aspectos biológicos de las especies dominantes se integran en Aguirre-León y Díaz-Ruiz (2000) donde se analizan aspectos biológicos y ecológicos de la especie *Eugerres plumieri* durante un ciclo anual de 1992 a 1993. La especie es dominante en el sistema por su abundancia numérica, peso, alta frecuencia y amplia distribución. El intervalo de longitud total que reportaron fue de 4.5 a 29.5 cm. Respecto a la proporción de sexos y fases de madurez gonádica los resultados mostraron que la población está constituida principalmente por individuos juveniles y escasos preadultos y adultos en estadios gonádicos I, II, III, IV, VI y VII, por lo que la especie utiliza el sistema como área de crianza, crecimiento y alimentación.

La especie *Diapterus rhombeus*, también es reportada como dominante en la región. Al respecto, Aguirre-León y Díaz-Ruiz (2006) analizaron aspectos biológicos y ecológicos de la especie, reportaron intervalos de longitud entre 3.0 a 16.7 cm, la mayoría de los individuos son juveniles y pocos preadultos en etapas gonádicas I, II y III. La proporción de sexos indicó un mayor número de hembras que machos.

Por la amplia distribución y abundancia de las especies *C. aguadulce*, *E. plumieri* y *D. rhombeus* se han realizado estudios en otros sistemas como en la Bahía de Sepetiba en Brasil, donde se analizaron aspectos sobre la distribución y tamaño de la mojarra *D. rhombeus*, reportando un intervalo de longitud de 5 a 23 cm. Asimismo, Etchevers (1978), en una laguna costera venezolana, registró individuos con intervalo de longitud de 2.2 a 19 cm.

De la misma manera, se analizó la edad y crecimiento de la mojarra rayada *E. plumieri* en Laguna de Tacarigua (Venezuela), donde Gassman y López-Rojas (2015) reportan individuos con un intervalo de longitud de 6.5 a 28.1 cm.

En general los estudios han permitido asentar una base de conocimiento significativo sobre la estructura y función de la comunidad y poblaciones dominantes de peces en escalas diurna, nictímera y estacional; no obstante, es necesario avanzar y comprender de manera más amplia el comportamiento ecológico de los peces en el sistema Pom-Atasta, ya que estos sistemas asociados a Laguna de Términos representan una zona con gran relevancia ecológica y socioeconómica; debido a que contribuyen a la producción pesquera de la zona costera de Campeche (Yáñez-Arancibia y Aguirre-León, 1988; Aguirre-León *et al.*, 2010). Por lo anterior, el presente estudio contribuirá con información ambiental, biológica y ecológica que permitirá conocer de manera más amplia los patrones de distribución, abundancia y diversidad de la comunidad y especies dominantes de peces, así como la relación entre las variables fisicoquímicas con la comunidad y especies dominantes. Cabe destacar que Pom-Atasta debido a su interacción con Laguna de Términos y la Sonda de Campeche es utilizado espacial y temporalmente por especies de peces con interés comercial para completar sus ciclos biológicos, sin embargo, la presión que ha ejercido la pesca artesanal, así como el impacto provocado por desechos domésticos, agrícolas e industriales, la deforestación de manglares y la construcción de un canal artificial (Canal del Gallego) por Petróleos Mexicanos (PEMEX) al inicio de la década de los ochentas (EPOMEX, 1993), que comunica a la laguna de Pom podrían generar cambios importantes en la comunidad, por lo cual se analizará la

información existente, para comprender de mejor manera la evolución natural de este sistema. Así mismo, se integrará información de la condición presente de sus recursos para poder ampliar el conocimiento de estos y proponer medidas para un mejor uso y conservación en el Pom-Atasta.

Preguntas de investigación

- 1.- ¿Cuál es la estructura y función de la comunidad de peces en el sistema fluvio-deltáico Pom-Atasta?
- 2.- ¿De qué manera las variables ambientales condicionan la distribución, abundancia y diversidad de las especies al interior del sistema?
- 3.- ¿Cuál es el efecto que tiene la variabilidad de los factores ambientales en los patrones de utilización de las especies dominantes y como se relacionan con las etapas de sus ciclos de vida?

Hipótesis

La comunidad de peces está relacionada a la variabilidad de diferentes factores ambientales del sistema, así como las especies han desarrollado diversas estrategias de utilización de los hábitats durante sus ciclos de vida. Este comportamiento se refleja en un patrón de uso temporal y espacial de los hábitats relacionado con los diferentes procesos biológicos de los peces, lo que permite analizar cambios en la estructura, dinámica de las asociaciones y de las especies dominantes en el ecosistema.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la dinámica ambiental del sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta y su relación con la estructura ecológica de la comunidad de peces a través de su variación espacio-temporal para determinar patrones de uso y etapas de los ciclos de vida de las especies en el sistema.

Objetivos particulares

1. Analizar la variación espacio-temporal de los parámetros fisicoquímicos del sistema, como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, profundidad y transparencia de la columna de agua con la finalidad de definir hábitats.
2. Determinar la composición de especies y analizar la variación de la diversidad, riqueza, equitatividad, abundancia (densidad, biomasa y peso promedio), estructura trófica y componentes ecológicos.
3. Definir las especies dominantes a través de su abundancia, peso y frecuencia.
4. Determinar la relación de las variables ambientales con la distribución y abundancia de la comunidad de peces para establecer asociaciones especies-hábitat.
5. Analizar aspectos reproductivos de las especies dominantes considerando la proporción de sexos y las fases de madurez gonádica.

6. Elaborar modelos diagramáticos de los patrones de utilización durante los ciclos de vida de las especies dominantes considerando la interacción del sistema Pom-Atasta con los adyacentes.

ÁREA DE ESTUDIO

El sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta se encuentra localizado en la porción occidental de Laguna de Términos, tiene una superficie aproximada de 190 km² de espejo de agua y una profundidad promedio de 2.7 m (Fig. 1). Es un sistema alargado y paralelo a la línea de costa, queda limitado al este por la boca de Atasta, la cual comunica dicho sistema con Laguna de Términos y al oeste por la Laguna Colorada. Se encuentra formado por al menos 9 lagunas interiores de dimensiones variables (Loros, Puerto Rico, Palmas, San Carlos, El Corte, Palancares, Atasta, Pom y Colorada) no tiene ríos asociados, solo recibe un volumen pequeño de agua dulce a través de un canal artificial llamado Canal de Gallego, el cual proviene de los ríos San Pedro y San Pablo que corren en el límite suroeste de Tabasco y Campeche y desemboca en la Laguna de Pom (Aguirre-León *et al.*, 2010). También recibe escurrimientos de sus márgenes durante la época de lluvias. La vegetación circundante comprende bosques de manglar compuestos por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y escasamente *Laguncularia racemosa*. Esta región costera de Campeche presenta tres temporadas climáticas relacionadas a la precipitación pluvial, la frecuencia de los vientos y la temperatura ambiental. Época de secas de febrero a mayo, lluvias de junio a octubre y nortes de octubre a febrero.

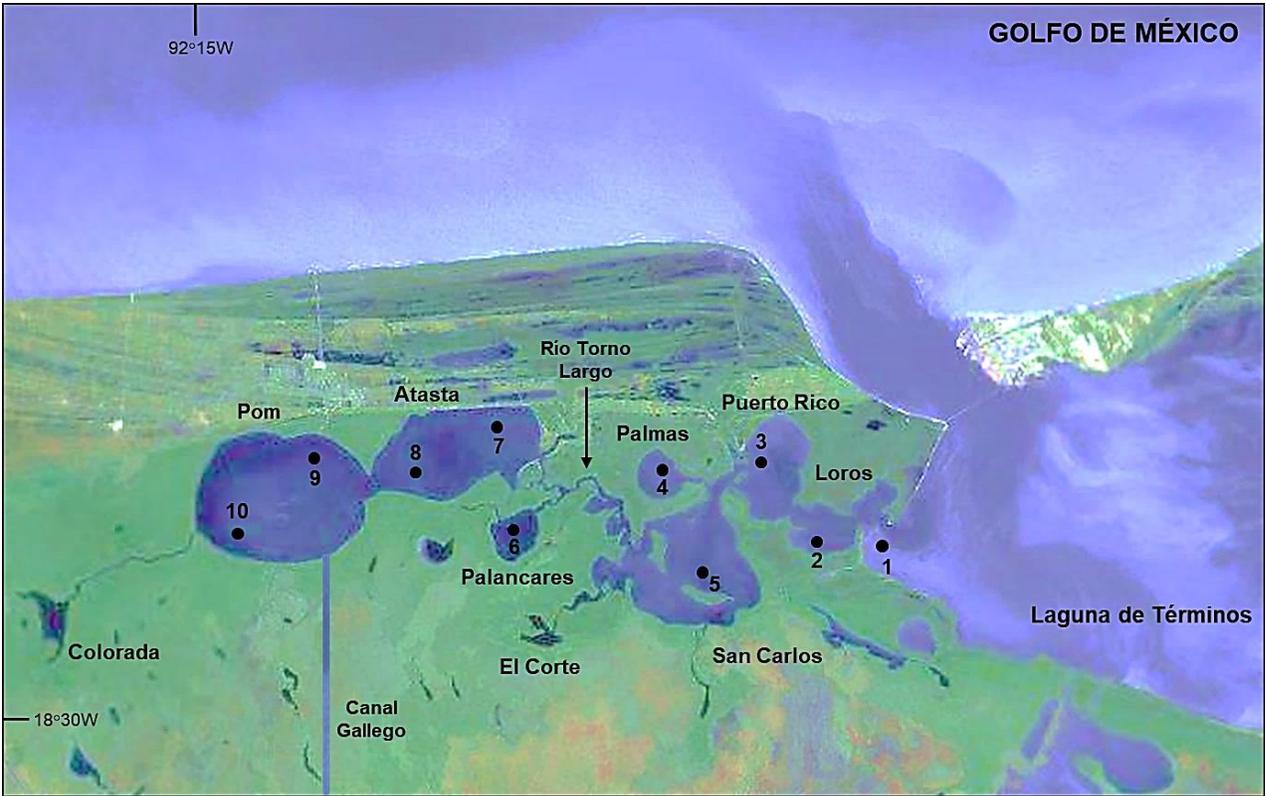


Figura 1. Ubicación geográfica del sistema Pom-Atasta, Laguna de Términos, Campeche.

MÉTODOS

Actividades de campo

Los muestreos se llevaron a cabo en 10 estaciones entre el año 2005 a 2014, durante los siguientes meses: octubre 2005, febrero y octubre 2006, febrero y octubre 2007, abril y noviembre 2008, marzo 2009, febrero y octubre 2011, febrero 2012, febrero y septiembre 2013 y febrero 2014. Las capturas de los peces se realizaron mediante una red de arrastre de 5 m de largo, 2.5 m de abertura de

trabajo y la luz de malla de $\frac{3}{4}$ de pulgada. En cada estación se efectuaron lances de 15 min a una velocidad promedio de 2 nudos, cubriendo un área aproximada de arrastre de 2,250 m². Los organismos capturados se fijaron en formol al 10% en bolsas de plástico previamente etiquetadas para su posterior procesamiento en el laboratorio. En cada muestreo se registró la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en dos niveles de profundidad, superficie y fondo con un multianalizador YSI-3800, la profundidad con una sonda graduada (cm) y transparencia de la columna de agua con un disco de Secchi (cm).

Análisis en laboratorio

La identificación taxonómica de las muestras se realizó a partir de los trabajos de Cervigón (1991-1994), Castro Aguirre *et al.* (1999), Miller (2009), Froese y Pauly (2019). Para determinar la estructura de tallas, las muestras de peces correspondientes a las poblaciones dominantes se midieron con un ictiómetro convencional y se pesaron con una balanza digital (capacidad 2,000 g/ 0.001 g). La diferenciación del sexo y la madurez gonádica de los individuos se realizó siguiendo la escala de Nikolsky (1963), donde la fase I (Inmaduros) corresponde a individuos jóvenes que aún no han alcanzado la madurez sexual, las gónadas de tamaño muy pequeño. Fase II (Descanso) individuos que no han alcanzado a desarrollarse con gónadas de tamaño muy pequeño y huevecillos no distinguibles a simple vista. Fase III (Madurando) huevecillos distinguibles a simple vista y gónadas de mayor tamaño. Fase IV (Maduros) las gónadas han alcanzado su máximo peso, los productos sexuales están maduros. Fase V (Reproducción) el peso de las gónadas decrece

rápido del principio al final del desove. Fase VI (Desovados) las gónadas tienen apariencia de saco desinflado, los productos sexuales han sido desovados. Fase VII (Descanso) los productos sexuales han sido expulsados y las gónadas han vuelto a tener un tamaño pequeño y no se distinguen huevecillos. Las gónadas fueron pesadas con una balanza analítica (0.1 g/ 0.0001g).

Parámetros ecológicos

Se evaluaron los parámetros ecológicos de la estructura de la comunidad utilizando los siguientes índices:

(1) Diversidad (**H'**) Shannon y Weaver (1963).
$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Donde:

n_i = Número de individuos de una sola especie

N = Número total de individuos de todas las especies en la captura

s = Número de especies

(2) Riqueza de especies (**D**) Margalef (1969).
$$D_{Mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

s = Número total de especies en una colecta

N = Número total de individuos de todas las especies

(3) Equitatividad (**J'**) Pielou (1966).
$$J' = \frac{H}{\ln(S)}$$

Donde:

H = Índice de Shannon y Weaver

S = Número de especies

La abundancia de la comunidad se calculó a partir de la densidad (ind/m²), biomasa (g/m²) y peso promedio (g/ind), (Aguirre-León *et al.*, 2010). Con base en el tipo de alimento que consumen las especies reportado en la literatura se determinó la categoría trófica de los peces siguiendo el criterio de Yáñez-Arancibia *et al.* (1985): a) *Consumidores de primer orden*: peces principalmente planctófagos (fitoplancton y zooplancton), b) *Consumidores de segundo orden*: peces omnívoros aun cuando pueden incluir en su dieta algunos vegetales y detritus, c) *Consumidores de tercer orden*, peces exclusivamente carnívoros. Y el tipo de componente ecológico de cada especie: Peces estuarinos, peces marino-eurihalinos, peces marino-estenohalinos y peces dulceacuícolas.

Especies dominantes

Para la determinación de especies dominantes, se utilizó el criterio del Índice de Valor de Importancia (**IVI**) = N% + P% + F% que representa la suma del porcentaje en número y peso de las especies, así como la frecuencia de aparición (De la Cruz-Agüero, 1994).

Análisis de datos

Las diferencias espaciales y temporales de las variables ambientales y parámetros ecológicos de la comunidad, fueron evaluadas mediante análisis de varianza de una vía paramétrica (ANDEVA-F) o no paramétrica (Kruskal-Wallis-H) (Zar, 1999), dependiendo si se cumplieron los supuestos de normalidad de Omnibus y homogeneidad de varianzas entre grupos utilizando la prueba de Levene (1960). Para todas las pruebas anteriores se consideró un nivel de significancia $p < 0.05$ (Zar, 1999; Hair *et al.*, 2001). Los análisis fueron realizados en el paquete estadístico STATISTICA Versión 10 y el NCSS Versión 11.

Hábitats

Con el objeto de definir hábitats en el sistema, se realizó un Análisis de Componentes Principales, a partir de las variables de salinidad (ups), temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L) (superficie y fondo), profundidad (m) y transparencia (m) usando el programa Multivariate Statistical Package (MSVP) versión 3.22.

Relación especies-hábitat

Para evaluar la relación de la abundancia de especies de peces, con las variables ambientales se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Se elaboró una matriz de abundancia de la comunidad y una matriz de datos fisicoquímicos. Este método nos permitió evaluar las diferentes preferencias de hábitat (nichos) de las especies a través de un esquema de ordenación (Ter Braak y Verdonschot

1995). Las correlaciones “Inter-set” se usaron para determinar las variables ambientales que son más importantes en la variación de la abundancia de las especies (McGarigal *et al.*, 2000). Este análisis se realizó con el paquete MVSP Versión 3.22.

Modelos diagramáticos

Para elaborar los modelos diagramáticos se utilizó la información de estructura de tallas, distribución, longitud promedio, proporción de sexos y madurez gonádica, así como aspectos biológicos disponibles de las especies dominantes en escala espacial y temporal. Esta información se integró para comprender la utilización del sistema Pom-Atasta como área de crianza, alimentación y/o protección durante sus ciclos de vida y su interacción con ecosistemas vecinos, por las poblaciones.

RESULTADOS

Comportamiento ambiental escala espacial: La salinidad mostró un comportamiento definido, con un gradiente descendente desde la boca de conexión con Laguna de Términos hacia el interior del sistema. El valor promedio más alto de superficie (10.12 ± 8.50 ups) y fondo (12.28 ± 8.03 ups) se registró en la estación 1, el más bajo en superficie (0.29 ± 0.15 ups) en la estación 9 y de fondo (0.26 ± 0.11 ups) en la 10 (Fig. 2 A). El ANOVA indicó diferencias significativas de superficie ($F=10.68$, $p<0.0001$) y fondo ($F=13.13$ $p<0.0001$), entre estaciones de muestreo y niveles (Tabla 1).

La temperatura del agua presentó pequeñas diferencias entre las estaciones de muestreo. El valor promedio más alto en superficie ($28.67 \pm 2.38^{\circ}\text{C}$) se registró en la estación 8 y en fondo ($27.94 \pm 2.10^{\circ}\text{C}$) para la estación 7, el valor promedio más bajo en superficie ($26.46 \pm 2.28^{\circ}\text{C}$) y en fondo ($26.75 \pm 2.34^{\circ}\text{C}$) se registró en la estación 1 (Fig. 2 B). El ANOVA no indicó diferencias significativas de superficie y fondo ($p>0.05$) entre estaciones (Tabla 1).

El oxígeno disuelto presentó valores promedio más altos en estaciones alejadas de la boca de conexión; entre niveles los valores más altos se registraron en superficie en las estaciones de muestreo. El promedio más alto en superficie ($6.84 \pm 1.39\text{mg/L}$) y fondo ($4.34 \pm 1.62\text{mg/L}$) se registró en la estación 7 y el más bajo en superficie ($4.73 \pm 2.23\text{mg/L}$) en la estación 10 y de fondo ($4.34 \pm 1.62\text{mg/L}$) en la 6 (Fig. 2 C). El ANOVA no indicó diferencias significativas de superficie y fondo ($p>0.05$) entre estaciones (Tabla 1).

La profundidad del sistema presentó un comportamiento inverso a la salinidad con el valor promedio más alto ($2.83 \pm 0.23\text{m}$) en la estación 9 y el menor ($1.53 \pm 0.19\text{m}$) en la estación 2 (Fig. 2 D). El ANOVA indicó diferencias significativas ($F(9)=17.92$, $p<0.0001$) entre estaciones (Tabla 1). La transparencia fue mayor al interior del sistema con el valor promedio más alto ($0.92 \pm 0.36\text{m}$) en la estación 9 y el menor ($0.51 \pm 0.21\text{m}$) en la 2. Este parámetro indicó diferencias significativas ($F=2.56$, $p<0.009$) entre estaciones (Tabla 1).

Escala temporal: La salinidad presentó cambios marcados entre los meses de muestreo. El valor promedio más alto en superficie (10.43 ± 8.25 ups) y fondo (10.41 ± 8.21 ups) se presentó en abril 2008, los promedios más bajos de superficie (0.17 ± 0.14 ups) y fondo (0.12 ± 0.16 ups) en noviembre 2008 (Fig. 2 E). Este parámetro indicó diferencias significativas en superficie ($F=5.31$, $p<0.0001$) y fondo ($F=4.73$, $p<0.0001$) entre los meses de muestreo (Tabla 1).

La temperatura del agua en el sistema presentó pequeñas diferencias entre niveles, con valores altos en superficie. El valor promedio más alto ($31.28 \pm 1.3^\circ\text{C}$) en superficie se presentó en septiembre 2013 y en fondo durante octubre 2005 ($30.29 \pm 0.67^\circ\text{C}$). Los valores más bajos de superficie ($23.18 \pm 0.29^\circ\text{C}$) y fondo ($22.77 \pm 0.55^\circ\text{C}$) se presentaron en febrero 2011 (Fig. 2 F). Kruskal Wallis indicó diferencias significativas para superficie ($H=114.1341$, $p<0.0001$) y fondo ($H=122.4615$, $p<0.0001$) entre meses de muestreo (Tabla 1).

El oxígeno disuelto mostró un comportamiento inverso a la temperatura. El valor promedio más alto en superficie (8.3 ± 0.98 mg/L) se presentó en febrero 2007 y de fondo (5.88 ± 2.4 mg/L) en noviembre 2008, mientras el valor promedio más bajo en superficie (4.0 ± 1.13 mg/L) se presentó en octubre 2005 y de fondo (2.92 ± 0.48 mg/L) en octubre 2006 (Fig. 2 G). Kruskal Wallis indicó diferencias significativas en superficie ($H=80.0492$, $p<0.0001$) y fondo ($H=57.232$, $p<0.0001$) entre meses de muestreo (Tabla 1).

La profundidad del sistema presentó el mayor valor promedio (2.37 ± 0.62 m) en octubre 2006, y el menor (1.70 ± 0.36 m) en febrero 2007 (Fig. 2 H). La transparencia presentó su valor promedio más alto (1.14 ± 0.55 m) en abril 2008 y el menor (0.45 ± 0.14 m) en febrero 2012 (Fig. 3 H). Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas para la profundidad ($H=2.0809$, $p<0.0195$) y la transparencia del sistema ($H=30.6263$, $p<0.0038$) entre meses de muestreo (Tabla 1).

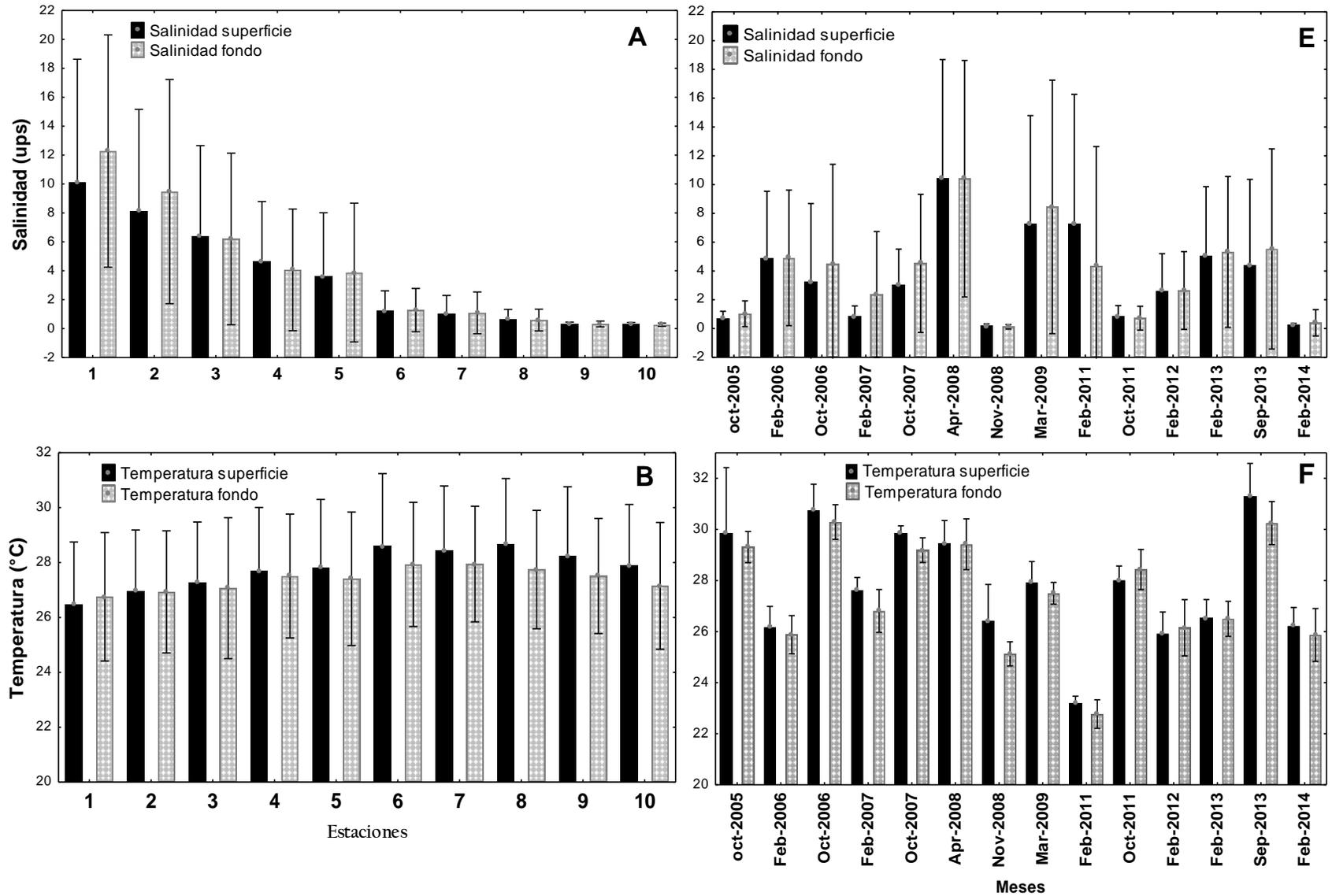


Figura 2. Variación espacial y temporal de los parámetros fisicoquímicos del sistema Pom-Atasta.

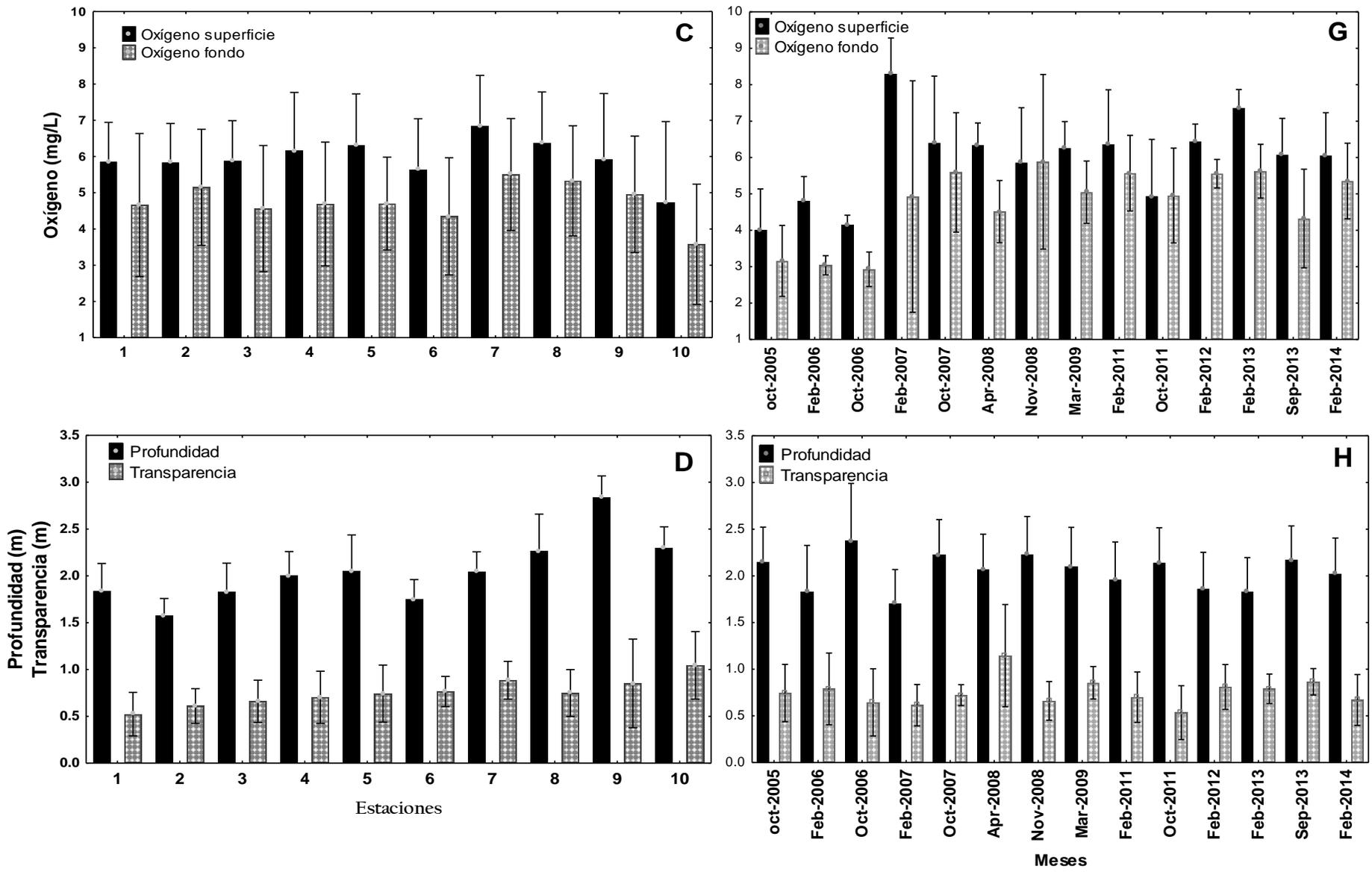


Figura 2 (Continuación)

Tabla 1

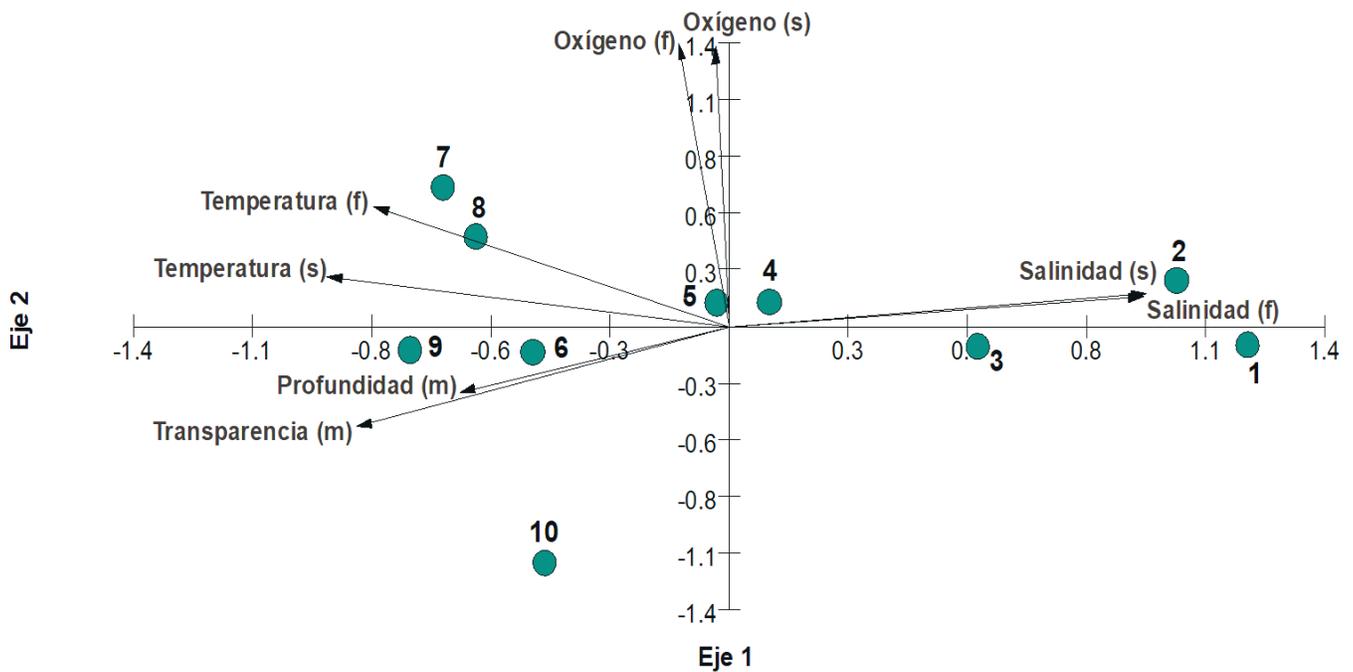
Valores promedio y estimadores estadísticos de los parámetros fisicoquímicos (2005-2014) en escala espacial y temporal del sistema Pom-Atasta.

Parámetro	Estaciones			Meses		Niveles	
	Promedio	Estimador	<i>p</i>	Estimador	<i>p</i>	Estimador	<i>p</i>
Salinidad superficie (ups)	3.64±5.51	F(9,139)=10.68	<0.0001*	F(13,139)=5.31	<0.0001*	H(1,279)=11.99	<0.0001*
Salinidad fondo (ups)	3.95±5.93	F(9,139)=13.13	<0.0001*	F(13,139)=4.73	<0.0001*		
Temperatura superficie (°C)	27.80±2.39	F(9,139)=1.326	0.2294	H(13,139)=114.13	<0.0001*	F(1,279)=0.45	0.8995
Temperatura fondo (°C)	27.39±2.23	F(9,139)=0.459	0.8995	H(13,139)=122.46	<0.0001*		
Oxígeno disuelto superficie(mg/L)	5.95±1.54	F(9,139)=1.900	0.0572	H(13,139)=80.04	<0.0001*	F(1,279)=1.56	0.1315
Oxígeno disuelto fondo (mg/L)	4.75±1.66	F(9,139)=1.567	0.1314	H(13,139)=57.23	<0.0001*		
Profundidad (m)	2.05±0.43	F(9,139)=17.92	<0.0001*	F(13,139)=2.08	<0.0195*		
Transparencia (m)	0.75±0.30	F(9,139)=2.56	<0.0095*	H(13,139)=30.62	<0.0038*		

(*) Parámetros con diferencias significativas.

Análisis de hábitats

De acuerdo con la variación espacial y temporal de los parámetros fisicoquímicos, el Análisis de Componentes Principales (ACP) (Fig. 3) alcanzó una varianza acumulada del 86.47%; el eje 1 tuvo un eigenvalor de 4.74 y una varianza de 59.28% y el eje 2 un eigenvalor de 2.17 y una varianza del 27.19%. La variable con mayor relación al eje 1 es la salinidad (superficie y fondo) evidenciando la geomorfología del sistema con una marcada disminución de la boca de conexión a la cabecera del sistema. La variable con mayor relación al eje 2 es la concentración de oxígeno (superficie y fondo), presentando altas concentraciones en las estaciones 4 y 5 (Palmas y San Carlos). El agrupamiento de las estaciones 6-9 (Palancares, Pom y Atasta) refleja el efecto del Río Torno Largo, estableciendo condiciones de menor salinidad y mayor temperatura (superficie y fondo), profundidad y transparencia. La ordenación de las estaciones de acuerdo con las características fisicoquímicas permitió diferenciar al menos dos hábitats en Pom-Atasta, definidos principalmente por la salinidad con estaciones con características mesohalinas (1-4) y oligohalinas (5-10) (Venice system, 1995).



Vector scaling: 2.18

Figura 3. Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales del Sistema Pom-Atasta

Composición ictiofaunística

La comunidad de peces asociada al sistema Pom-Atasta (2005-2014) quedó representada por 5,359 individuos, pertenecientes a 10 órdenes, 26 familias, 50 géneros y 59 especies (Tabla 2). Las familias que presentaron mayor número de especies fueron Sciaenidae con ocho especies: *Bairdiella chrysoura*, *Bairdiella ronchus*, *Cynoscion arenarius*, *Cynoscion nebulosus*, *Cynoscion nothus*, *Menticirrhus americanus*, *Micropogonias undulatus* y *Stellifer lanceolatus*; y la Gerreidae con seis especies: *Diapterus auratus*, *Diapterus rhombeus*,

Eucinostomus argenteus, *Eucinostomus gula*, *Eucinostomus melanopterus* y *Eugerres plumieri*. De las 59 especies, nueve son de interés comercial (Tabla 3).

Componentes comunitarios y categorías tróficas

La comunidad de peces del sistema Pom-Atasta quedó representada por 44 especies (75%) del componente eurihalino marino, 8 especies (14%) dulceacuícolas, 5 especies (8%) marinas estenohalinas y 2 especies (3%) estuarinas. De acuerdo con los hábitos alimentarios, el sistema se encuentra dominado por 27 especies (46%) consumidoras de segundo orden, 18(30%) de tercer orden y 14 (24%) de primer orden.

Tabla 2

Listado de las especies de peces colectadas de 2005 a 2014 en el sistema Pom-Atasta, Laguna de Términos. Campeche.

Orden	Familia	Especies	AB	Número		Peso (gr)		Frecuencia	IVI	CE	CT
					%		%				
Pleuronectiforme	Achiridae	<i>Achirus lineatus</i>	Al	91	1.70	467.71	0.28	30	7.42	ME	2°
Clupeiforme	Eugraulidae	<i>Anchoa mitchilli</i>	Am	64	1.19	58.15	0.04	15	3.95	ME	1°
Perciforme	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	Ap	10	0.19	3010	1.82	7	3.30	ME	2°
Siluriforme	Ariidae	<i>Ariopsis felis</i>	Af	17	0.32	2362.61	1.43	9	3.30	ME	2°
Lepisosteiforme	Lepisosteidae	<i>Atractosteus tropicus</i>	At	1	0.02	2000	1.21	1	1.36	D	2°
Siluriforme	Ariidae	<i>Bagre marinus</i>	Bm	33	0.62	298.6	0.18	4	1.44	ME	2°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Bairdiella chrysoura</i>	Bc	19	0.35	337.84	0.20	5	1.47	ME	2°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>	Br	295	5.51	9559.5	5.79	25	15.83	ME	2°
Perciforme	Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>	Bs	1	0.02	0.7	0.00	1	0.15	ME	3°
Perciforme	Sparidae	<i>Calamus penna</i>	Cp	1	0.02	1	0.00	1	0.15	ME	2°
Perciforme	Carangidae	<i>Caranx hippos</i>	Ch	1	0.02	3.8	0.00	1	0.15	ME	2°
Siluriforme	Ariidae	<i>Cathorops aguadulce</i>	Ca	1652	30.83	39673.8	24.02	70	67.55 ♦	ME	2°
Perciforme	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	Cpa	20	0.37	1878.09	1.14	10	3.32	ME	3°
Perciforme	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i>	Cu	5	0.09	912.2	0.55	3	1.16	ME	3°
Perciforme	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	Cf	1	0.02	750.4	0.45	1	0.60	ME	1°
Perciforme	Carangidae	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	Cc	4	0.07	16.7	0.01	2	0.47	ME	2°
Pleuronectiforme	Paralichthyidae	<i>Citharichthys spilopterus</i>	Cs	177	3.30	1314.93	0.80	31	9.67	ME	3°
Perciforme	Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i>	Cn	1	0.02	1.2	0.00	1	0.15	ME	2°
Pleuronectiforme	Paralichthyidae	<i>Cyclopsetta fimbriata</i>	Cfi	5	0.09	20.4	0.01	2	0.49	ME	3°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Cynoscion arenarius</i>	Car	43	0.80	210.11	0.13	8	2.35	ME	3°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Cynoscion nebulosus</i>	Cne	4	0.07	212.5	0.13	1	0.46	ME	3°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Cynoscion nothus</i>	Cno	25	0.47	124.7	0.08	3	1.06	ME	3°
Perciforme	Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i>	Da	12	0.22	98.3	0.06	4	0.93	ME	1°
Perciforme	Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i>	Dr	1283	23.95	5000.48	3.03	49	35.91 ♦	ME	1°
Perciforme	Eleotridae	<i>Dormitator maculatus</i>	Dm	2	0.04	109.83	0.07	1	0.36	E	1°

Tabla 2 (Continuación)

Orden	Familia	Especies	AB	Número		Peso(gr)		Frecuencia	IVI	CE	CT
					%		%				
Clupeiforme	Clupeidae	<i>Dorosoma anale</i>	Dan	5	0.09	23	0.01	2	0.50	D	1°
Clupeiforme	Clupeidae	<i>Dorosoma petenense</i>	Dp	15	0.28	335.54	0.20	4	1.13	ME	1°
Perciforme	Eleotridae	<i>Eleotris amblyopsis</i>	Ea	1	0.02	12.12	0.01	1	0.16	E	3°
Pleuronectiforme	Paralichthyidae	<i>Etropus crossotus</i>	Ec	4	0.07	37.7	0.02	2	0.49	ME	3°
Perciforme	Gerreidae	<i>Eucinostomus argenteus</i>	Ear	110	2.05	706.22	0.43	14	4.94	ME	1°
Perciforme	Gerreidae	<i>Eucinostomus gula</i>	Eg	199	3.71	897.73	0.54	12	6.46	ES	1°
Perciforme	Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	Em	20	0.37	168.68	0.10	7	1.77	ME	1°
Perciforme	Gerreidae	<i>Eugerres plumieri</i>	Ep	559	10.43	32556.2	19.71	68	42.45 ♦	ME	1°
Perciforme	Gobiidae	<i>Gobionellus oceanicus</i>	Go	26	0.49	226.46	0.14	9	2.18	ES	1°
Perciforme	Carangidae	<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	Ha	13	0.24	50	0.03	2	0.66	ES	3°
Myliobatiforme	Dasyatidae	<i>Hypanus sabinus</i>	Hs	69	1.29	42403.5	25.67	30	32.40	ME	3°
Perciforme	Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	Ls	8	0.15	332.2	0.20	1	0.61	ME	3°
Perciforme	Cichlidae	<i>Mayaheros urophthalmus</i>	Mu	1	0.02	169.68	0.10	1	0.25	D	1°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Menthicirrhus americanus</i>	Ma	1	0.02	7	0.00	1	0.15	ME	2°
Perciforme	Sciaenidae	<i>Micropogonias undulatus</i>	Mun	156	2.91	878.23	0.53	30	8.88	ME	2°
Perciforme	Carangidae	<i>Oligoplites saurus</i>	Os	1	0.02	1	0.00	1	0.15	ME	2°
Clupeiforme	Clupeidae	<i>Opisthonema oglinum</i>	Oo	4	0.07	24.61	0.01	2	0.48	ME	1°
Batrachoidiforme	Batrachoide	<i>Opsanus beta</i>	Ob	28	0.52	1678.77	1.02	11	3.61	ME	2°
Perciforme	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	On	3	0.06	1612.7	0.98	2	1.42	D	2°
Perciformes	Cichlidae	<i>Oscura heterospila</i>	Oh	10	0.19	1488.8	0.90	4	1.87	D	2°
Perciforme	Polynemidae	<i>Polydactylus octonemus</i>	Po	25	0.47	234.43	0.14	1	0.87	ME	2°
Siluriforme	Loricariidae	<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	Pp	12	0.21	2316.33	1.40	6	2.77	D	3°
Siluriforme	Loricariidae	<i>Pterygoplichthys disjunctivus</i>	Pd	1	0.02	297.8	0.18	1	0.33	D	3°
Tetraodontiforme	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides nephelus</i>	Sn	20	0.37	116	0.07	2	0.83	ME	2°
Tetraodontiforme	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides testudineus</i>	St	238	4.44	9170.02	5.55	34	16.21	ME	2°

Tabla 2 (Continuación)

Orden	Familia	Especies	AB	Número		Peso(gr)		Frecuencia	IVI	CE	CT
					%		%				
Perciforme	Sciaenidae	<i>Stellifer lanceolatus</i>	Sl	6	0.11	109.92	0.07	1	0.44	ME	2°
Pleuronectiforme	Cynoglossidae	<i>Symphurus civitatum</i>	Sc	1	0.02	7.74	0.00	1	0.15	ME	2°
Pleuronectiforme	Cynoglossidae	<i>Symphurus plagiusa</i>	Sp	1	0.02	49.5	0.03	1	0.18	ME	2°
Syngnathiforme	Syngnathidae	<i>Syngnathus lousinae</i>	Slo	1	0.02	3.6	0.00	1	0.15	ES	3°
Syngnathiforme	Syngnathidae	<i>Syngnathus scovelli</i>	Ss	1	0.02	0.22	0.00	1	0.15	ES	3°
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	Sfo	16	0.30	299.88	0.18	4	1.13	ME	3°
Perciformes	Cichlidae	<i>Thorichthys helleri</i>	Th	8	0.15	314.41	0.19	1	0.60	D	2°
Perciformes	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	Tl	3	0.06	80.19	0.05	1	0.36	ME	2°
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Trinectes maculatus</i>	Tm	26	0.49	131.04	0.08	9	2.25	ME	2°

Índice de Valor de Importancia (IVI): ♦ Especies dominantes. Componente ecológico (CE): ME = marino eurihalino, ES = marino estenohalino, E = estuarino, D = dulceacuícola. Categoría trófica (CT): 1° = primer orden, 2° = segundo orden, 3° = tercer orden.

Tabla 3

Especies comerciales del Golfo de México y el Caribe presentes
en el sistema Pom-Atasta.

Especie	Nombre común	Tipo de pesca	Veda	Meses de veda	Talla (cm)
<i>Bagre marinus</i>	Bagre bandera	No selectiva	NO	-	25-69
<i>Caranx hippos</i>	Jurel común	No selectiva	NO	-	75-124
<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo blanco	No selectiva	SI	Mayo, Junio, Julio y Agosto	50-96
<i>Cynoscion nebulosus</i>	Corvina pinta/Trucha de mar	No selectiva	NO	-	35-100
<i>Diapterus auratus</i>	Mojarra blanca/ Mojarra gaucha	No selectiva	NO	-	20-34
<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra rayada	No selectiva	NO	-	18-40
<i>Hypanus sabinus</i>	Raya látigo de espina	No selectiva	NO	-	27-61
<i>Opisthonema oglinum</i>	Sardina vivita de hebra	No selectiva	NO	-	14-38
<i>Trichiurus lepturus</i>	Cintilla/Sable del Atlántico	Selectiva	NO	-	30-234

Fuente: (CONABIO, 2014)

COMPORTAMIENTO ECOLÓGICO DE LA COMUNIDAD

Diversidad escala espacial. El análisis de la diversidad (H') y riqueza (D) mostraron una tendencia similar relacionadas con el gradiente salino, los valores promedios más altos se registraron en las estaciones 1 a 4 (Figs. 4 A y 4 B). De esta forma, los promedios más altos de H' (1.56 ± 0.33) y D (2.05 ± 0.48) se presentaron en la estación 2 con el mayor número de especies (30). La equitatividad J' (Fig. 4 C), presentó el valor promedio más alto (0.86 ± 0.09) en la estación 8. Los promedios más bajos de H' (0.64 ± 0.08), D (0.90 ± 0.76) y J (0.60 ± 0.46) se registraron en la estación 10. El ANOVA indicó diferencias significativas entre estaciones para la H' ($F=5.50$, $p<0.0001$) y D ($F=4.21$, $p<0.0001$) en tanto para J' no las hubo ($p>0.05$) (Tabla 3).

Escala temporal. El análisis de los índices de diversidad y riqueza permitieron definir una tendencia similar entre los meses de muestreo, el valor promedio más alto de diversidad ($H'= 1.42 \pm 0.33$) se presentó en abril 2008 (Fig. 4 D) con 21 especies, siendo *C. aguadulce*, *D. rhombeus*, *E. gula* y *S. testudineus* las más abundantes. La riqueza fue mayor ($D= 1.82 \pm 0.97$) en octubre 2007 (Fig. 4 E) con 35 especies y la equitatividad J' (0.91 ± 0.06) en febrero 2013 (Fig. 4 F) debido a que *D. rhombeus* fue más abundante. Los promedios más bajos de H' (0.81 ± 0.47) y D (1.00 ± 0.64) se presentaron en octubre 2006, debido a la abundancia de *C. aguadulce*, por otra parte, la equitatividad J' presentó el valor promedio más bajo (0.55 ± 0.23) en octubre 2007. Kruskal-Wallis no indicó diferencias significativas para H' , ni ANOVA para la D ($p>0.05$). La equitatividad presentó diferencias significativas entre meses de muestreo (Kruskal-Wallis, $H=22.45$, $p<0.0486$).

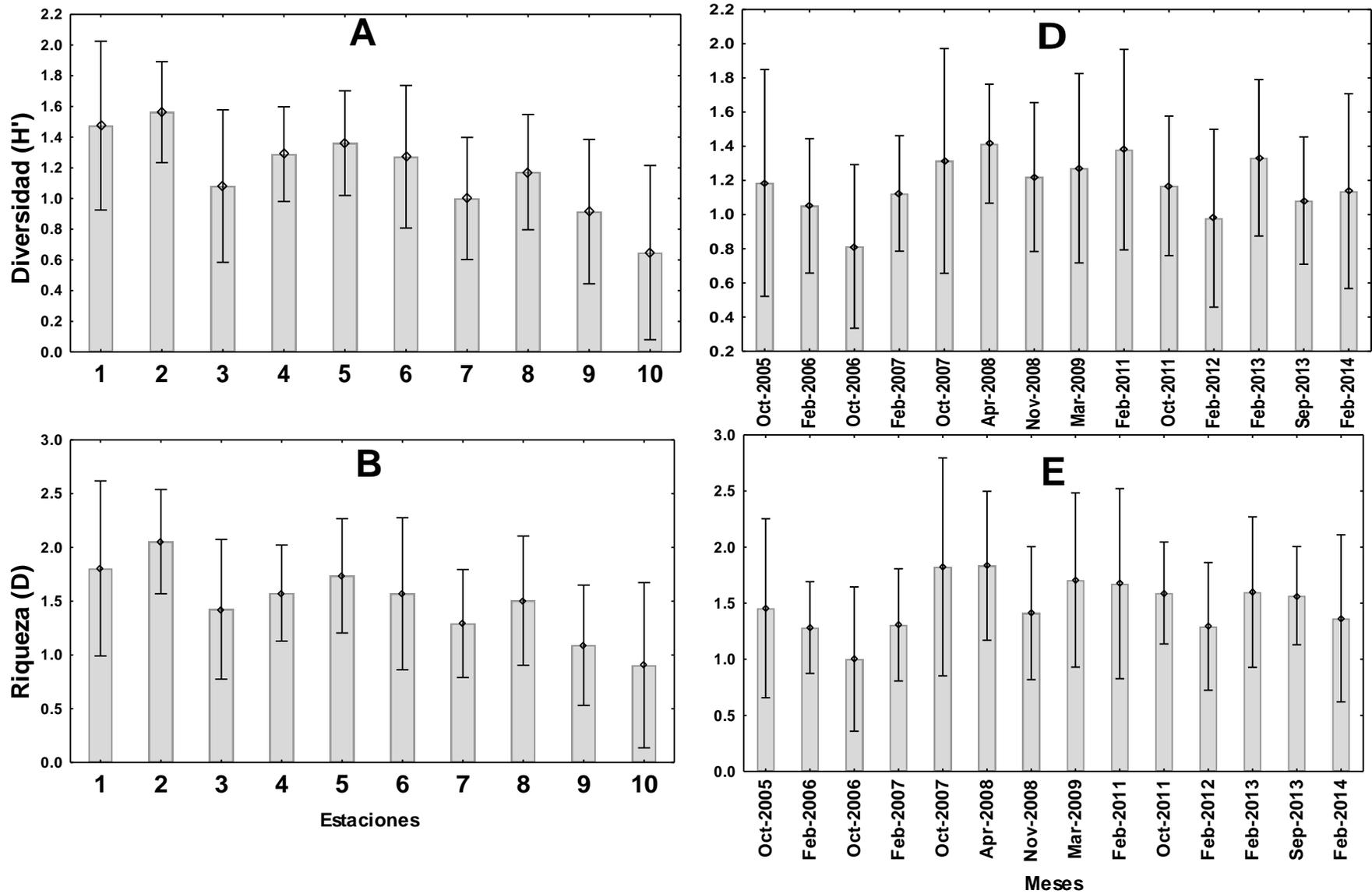


Figura 4. Variación espacial y temporal de los índices Diversidad (H'), Riqueza (D) y Equitatividad (J') de la comunidad de peces en el Sistema Pom-Atasta.

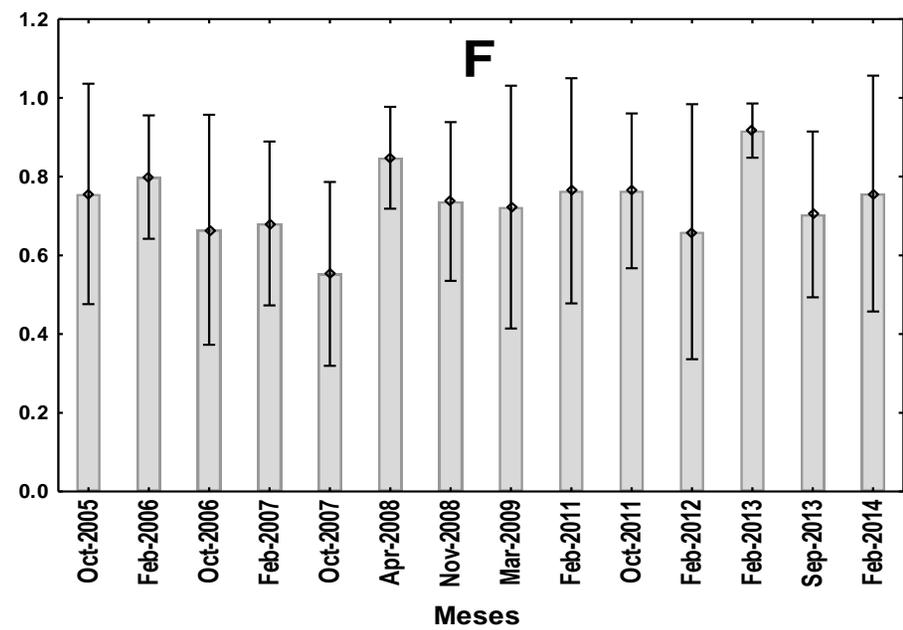
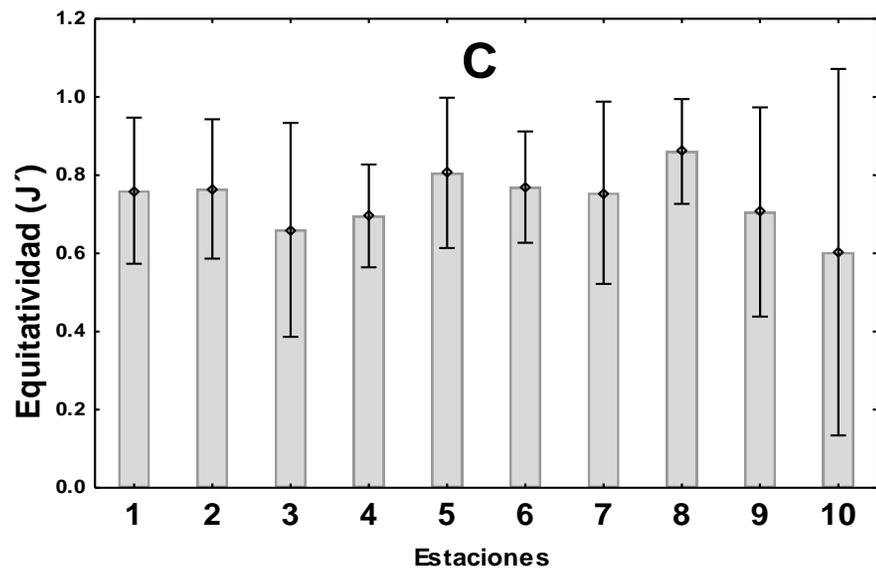


Figura 4
(Continuación)

Abundancia escala espacial. El análisis de la densidad y biomasa mostraron una tendencia similar. El valor promedio más alto de densidad (0.037 ± 0.03 ind/m²) se registró en la estación 1 (Fig. 5 A). El ANOVA indicó diferencias significativas (Kruskal Wallis, $H=37.45$, $p<0.0001$). La biomasa registró el valor promedio más alto (1.02 ± 0.82 g/m²) en la estación 4 (Fig. 5 B). Este parámetro no indicó diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $H=16.10$, $p>0.0647$). En particular, el peso promedio se comportó de manera inversa a la densidad, el valor promedio más alto (181.00 ± 178.95 g/ind.) se registró en la estación 10 (Fig. 5 C). El ANOVA mostró diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $H=33.05$, $p<0.0001$). Los promedios más bajos en densidad (0.002 ± 0.001) y biomasa (0.29 ± 0.23), se registraron en la estación 10 y el peso promedio (16.79 ± 10.83) en la estación 1.

Escala temporal. La densidad y biomasa mostraron un comportamiento similar entre los meses de muestreo. Los valores promedio más altos en densidad (0.062 ± 0.056 ind/m²) y biomasa (3.15 ± 0.522 g/m²) se registraron en octubre 2007 (Figs. 5 D y 5 E). En cuanto al peso promedio, el valor promedio más alto (123.68 ± 114.42 g/ind) se presentó en febrero 2013 (Fig. 5 F). La menor densidad se registró en febrero 2014 (0.003 ± 0.003), la biomasa en septiembre 2013 (0.22 ± 0.10) y el peso promedio (29.82 ± 23.19) en noviembre 2008. El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los meses para la densidad (Kruskal-Wallis, $H=38.4791$, $p<0.0002$) y biomasa ($H=35.0283$, $p<0.0005$). El peso promedio no indicó diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $H=19.0767$, $p>0.1207$). La tabla 4 muestra los valores promedio y estimadores espaciales y temporales de la diversidad y abundancia.

Tabla 4

Valores promedio y estimadores estadísticos de los índices de diversidad y abundancia (2005-2014) en escala espacial y temporal del sistema Pom-Atasta.

Parámetro	Promedio	Estaciones		Meses		Hábitat mesohalino	Hábitat oligohalino
		Estimador	<i>p</i>	Estimador	<i>p</i>	Promedio	Promedio
Diversidad (H')	1.18±0.49	F(9,139)=5.50	<0.0001*	H(13,139)=15.8970	0.254	1.35±0.46	1.06±0.49
Riqueza (D)	1.50±0.67	F(9,139)=4.21	<0.0001*	F(13,139)=1.23	0.264	1.71±0.65	1.35±0.06
Equitatividad (J')	0.74±0.24	H(9,139)=10.26	0.3293	H(13,139)=22.4559	0.04868*	0.72±0.20	0.75±0.26
Densidad (ind/m ²)	0.02±0.03	H(9,139)=37.45	<0.0001*	H(13,139)=38.4791	<0.0002*	0.03±0.03	0.01±0.02
Biomasa (g/m ²)	0.62±0.74	H(9,139)=16.10	0.0647	H(13,139)=35.0283	<0.0005*	0.70±0.81	0.57±0.69
Peso promedio (g/ind)	71.06±86.65	H(9,139)=33.05	<0.0001*	H(13,139)=19.0767	0.1207	39.08±43.93	92.38±100.7 3

(*) Parámetros con diferencias significativas

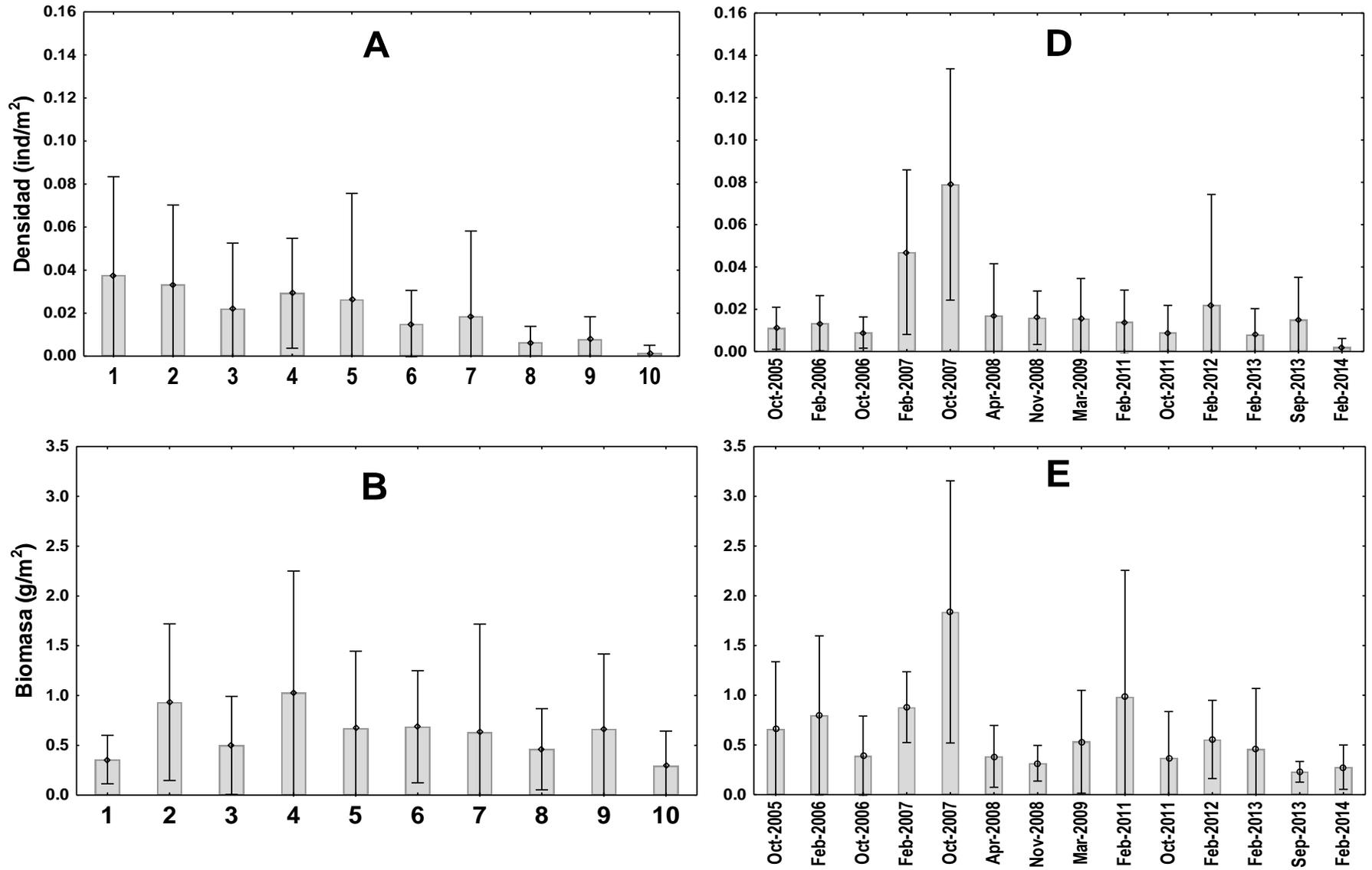


Figura 5. Variación espacial y temporal de la densidad, biomasa y peso promedio de la comunidad de peces en el Sistema Pom-Atasta

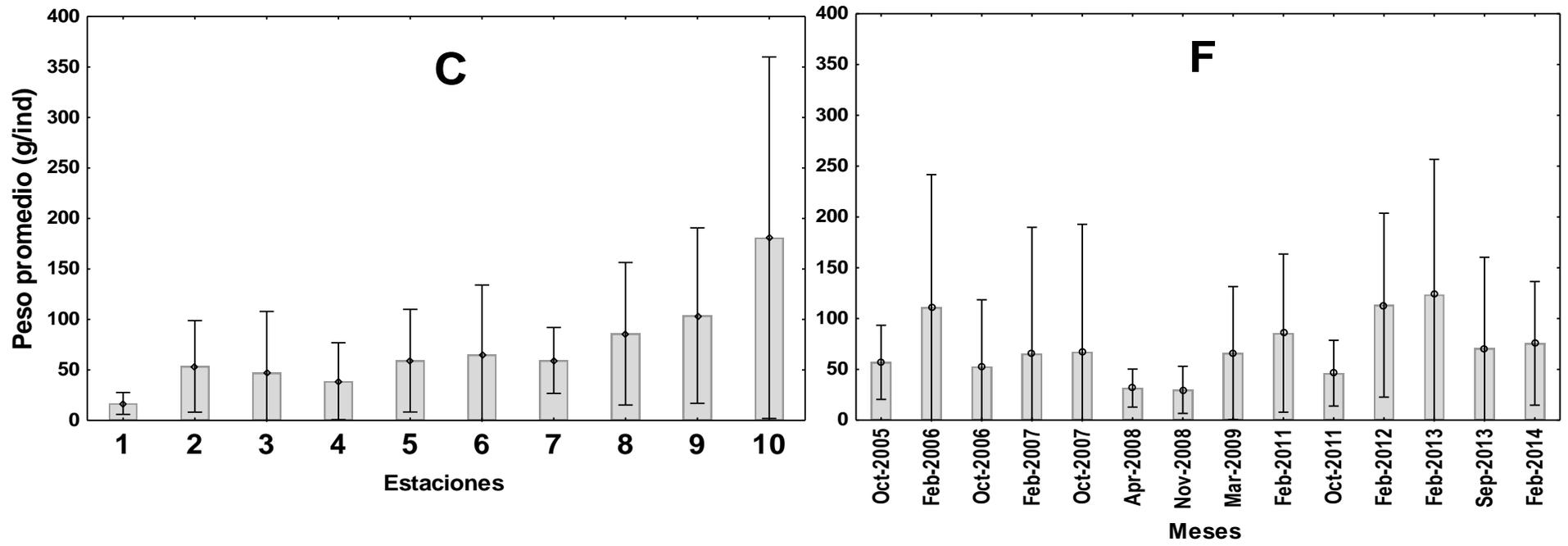


Figura 5
(Continuación)

Especies dominantes

El índice del valor de importancia (**IVI**) indicó tres especies dominantes para el sistema: ***Cathorops aguadulce***, ***Eugerres plumieri*** y ***Diapterus rhombeus***. Estas especies representaron el 65.21% en abundancia y 46.76% en biomasa de la captura total.

Escala espacial: ***C. aguadulce*** tuvo una mayor abundancia en la laguna de Atasta, con el mayor número de individuos (19%) y peso (19%) en la estación 7 (Figs. 6 A y 7 B) y frecuencia (70%) en la estación 9 (Fig. 6 C). Los valores más bajos se presentaron en la estación 10. ***E. plumieri*** presentó el mayor número de individuos (21%) en la estación 2, sin embargo, el mayor peso (16%) se registró en la estación 5 y la frecuencia (9%) en la estación 6. Los valores más bajos se presentaron en la estación 1. ***D. rhombeus*** tuvo una mayor abundancia en la laguna loros, con el mayor número de individuos (24%) y peso (3%) en la estación 2 (Figs. 6 A y 7 B), mientras que su frecuencia (9%) fue mayor en la estación 4. Los valores más bajos se presentaron en la estación 10. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas respecto al número de individuos (ANOVA, $F(2,29)=0.94$, $p>0.511$), peso (ANOVA, $F(2,29)=0.99$, $p>0.424$) y frecuencia (ANOVA, $F(2,29)=1.6$, $p>0.183$) de las especies entre estaciones.

Escala temporal: **C. aguadulce** fue la especie mejor representada en el sistema durante los meses de muestreo con el mayor número de individuos (31%) y peso (32%) en octubre 2007, en tanto que su frecuencia (7%) fue mayor en octubre 2006 y febrero 2007. Sin embargo, se muestra un notable descenso en su abundancia y frecuencia a partir de noviembre 2008 (Figs. 6 D y 7 F), con la menor abundancia (0.3 %= 6 individuos) en febrero 2013. **E. plumieri** presentó el mayor número de individuos (28%) y peso (23%) en octubre 2007 (Figs. 6 D y 7 E), mientras que su frecuencia (7%) en febrero 2007. Sin embargo, el valor más bajo del número de individuos (2%) y frecuencia (3%) se presentó en febrero 2012 y el peso (3%) en abril 2008. **D. rhombeus** presentó el mayor número de individuos (28%) y peso (32%) en febrero 2012, en tanto que su frecuencia (6%) fue mayor en febrero 2007 y noviembre 2008. Los valores más bajos del número de individuos (0.7%= 9 individuos) se registraron en octubre 2006, en tanto que el peso (0.4%) y frecuencia (1%) en febrero 2014. El análisis de varianza no indicó diferencias significativas respecto al número de individuos (Kruskal-Wallis, $H(2,41)=15.66$, $p>0.267$), peso (Kruskal-Wallis, $H(2,41)=0.238$, $p>0.827$) y frecuencia (ANOVA, $F(2,41)=1.78$, $p>0.097$) de las especies entre los meses.

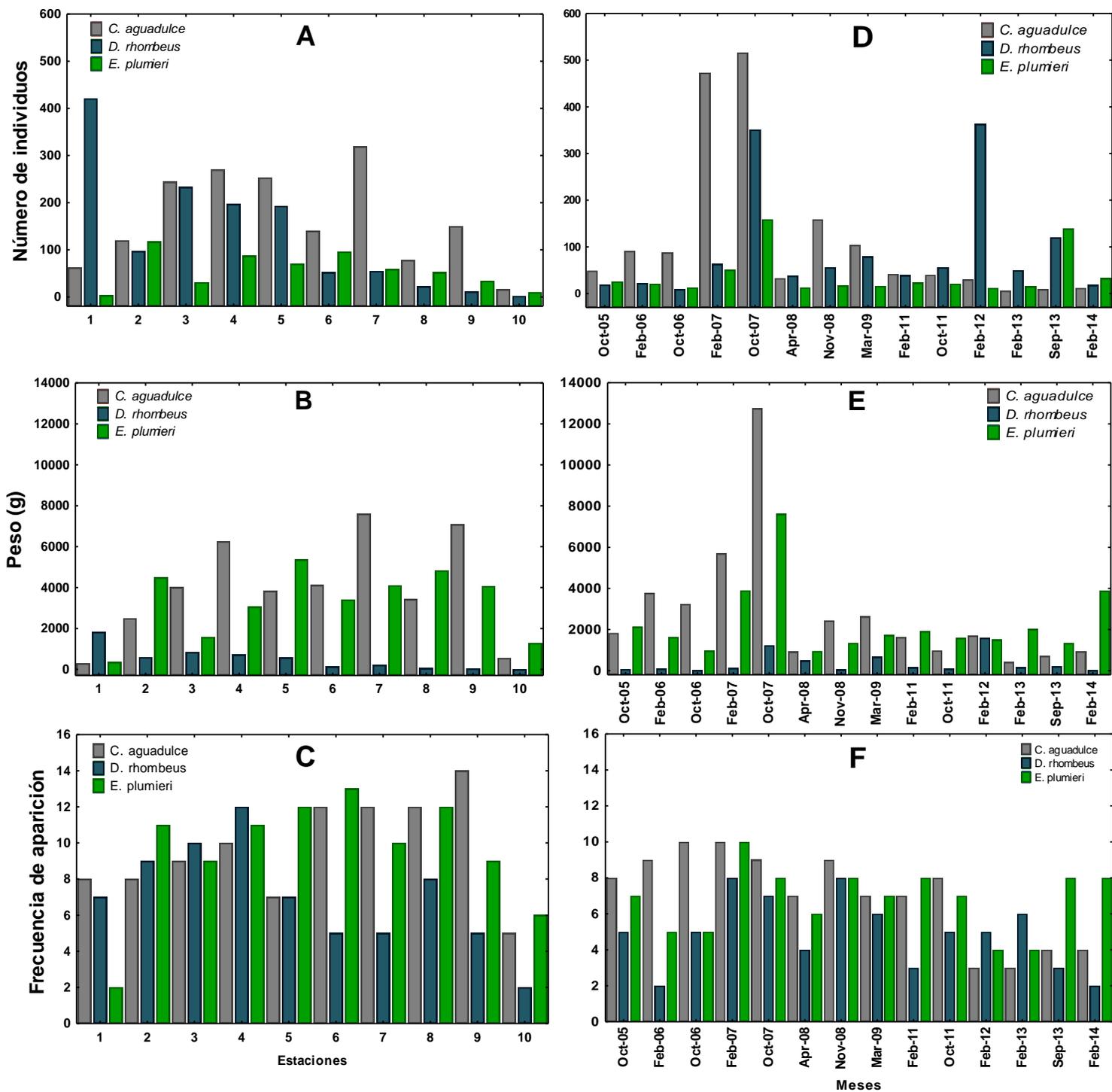
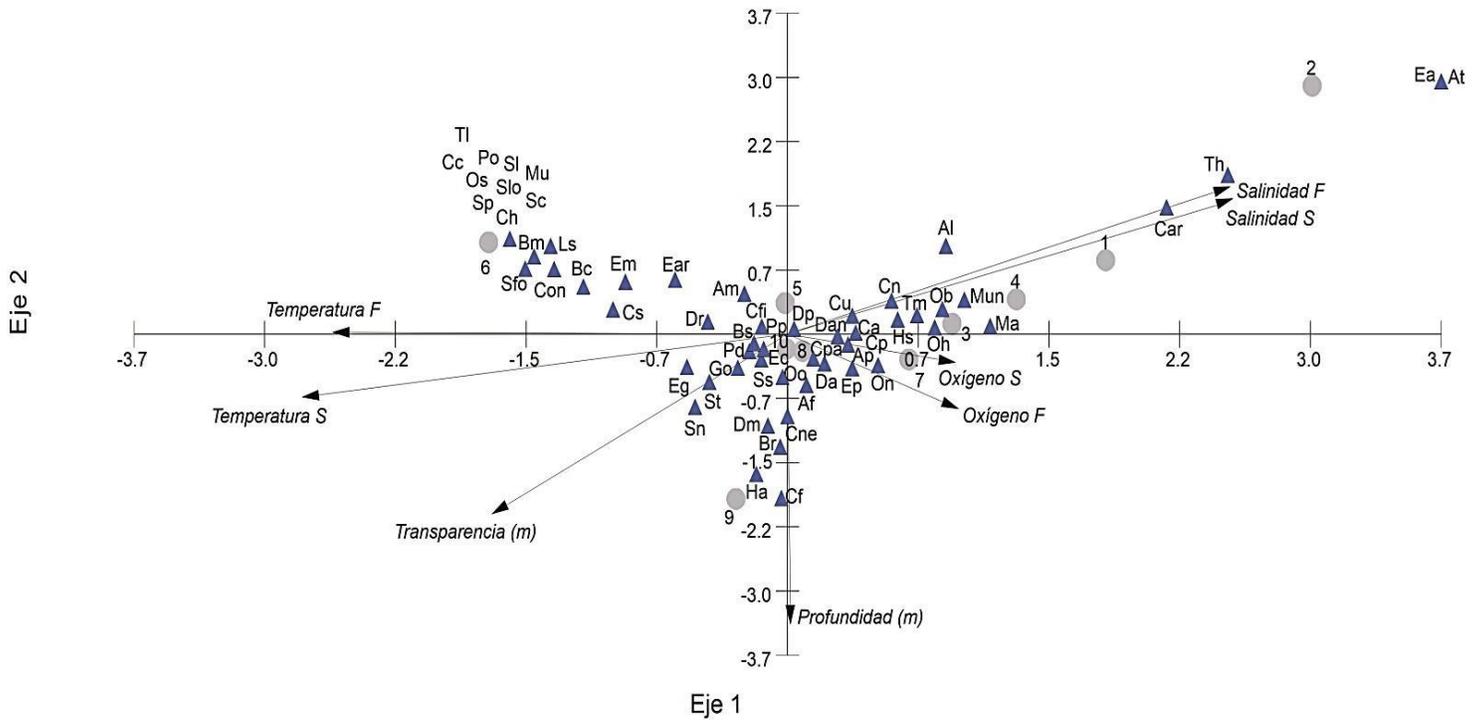


Figura 6. Variación espacial y temporal del número de individuos (A y D), peso (B y E) y frecuencia de aparición (C y F) de las especies dominantes en el sistema Pom-Atasta.

Relación especies-hábitat

El Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) mostró que la relación entre la abundancia de las especies, estaciones de muestreo y variables ambientales fue explicada en un 57 % de la varianza total en los dos primeros ejes (Fig. 7). El primer eje contribuyó con el 33.89% de variación especies-hábitat con un eigenvalor de 0.33, siendo la temperatura de fondo ($r=0.74$) y superficie ($r=0.69$) y la salinidad de superficie ($r=0.66$) y fondo ($r=0.65$) los factores fisicoquímicos que determinan la composición y distribución de las especies en el sistema. Las especies que mostraron alta correlación con este eje fueron *Atractosteus tropicus* del componente dulceacuícola, así como *Cynoscion arenarius*, *Eleotris amblyopsis*, *Thorichthys helleri*, *Micropogonias undulatus* y *Menticirrhus americanus* que corresponden a los componentes marino eurihalino y estuarino. Estas especies presentaron abundancias bajas e intermedias. Por su parte el eje 2 explicó el 22.75 % de la varianza total con un eigenvalor de 0.22, siendo la profundidad ($r=0.9$) el factor más importante. Las especies que mostraron mayor correlación con este eje fueron *Caranx hippos*, *Centropomus undecimalis*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Oligoplites saurus*, *Stellifer lanceolatus*, *Symphurus civitatum*, *Symphurus plagiusa*, *Syngnathus lousinae* y *Trichiurus lepturus*. Estas especies presentaron abundancias bajas, asociadas con zonas de mayor profundidad y transparencia, así como condiciones de menor salinidad.



Vector scaling: 3.55

Figura 7. Análisis de Correspondencia Canónica de la abundancia de las especies, las variables ambientales y las estaciones de muestreo del sistema Pom-Atasta. La longitud y dirección de las flechas indican la importancia relativa de las variables ambientales. Las abreviaturas de las especies (AB) se indican en la Tabla 2.

Análisis de poblaciones

Cathorops aguadulce (Meek, 1904)



Cathorops aguadulce (14.2 cm LT). Fotografía: Mariela Gazca.

Estructura de tallas

Durante el periodo de estudio (2005-2014), se capturaron 1,652 individuos de la especie *Cathorops aguadulce* con intervalo de longitud de 5.5 a 34.1 cm LT y peso total de 39.6 kg. Del total de los individuos fueron analizados 709 dentro de intervalo de longitud referido. La población estuvo representada por un mayor número de individuos juveniles que adultos, siendo más abundantes las tallas de 12 a 18 cm LT. (Fig. 8).

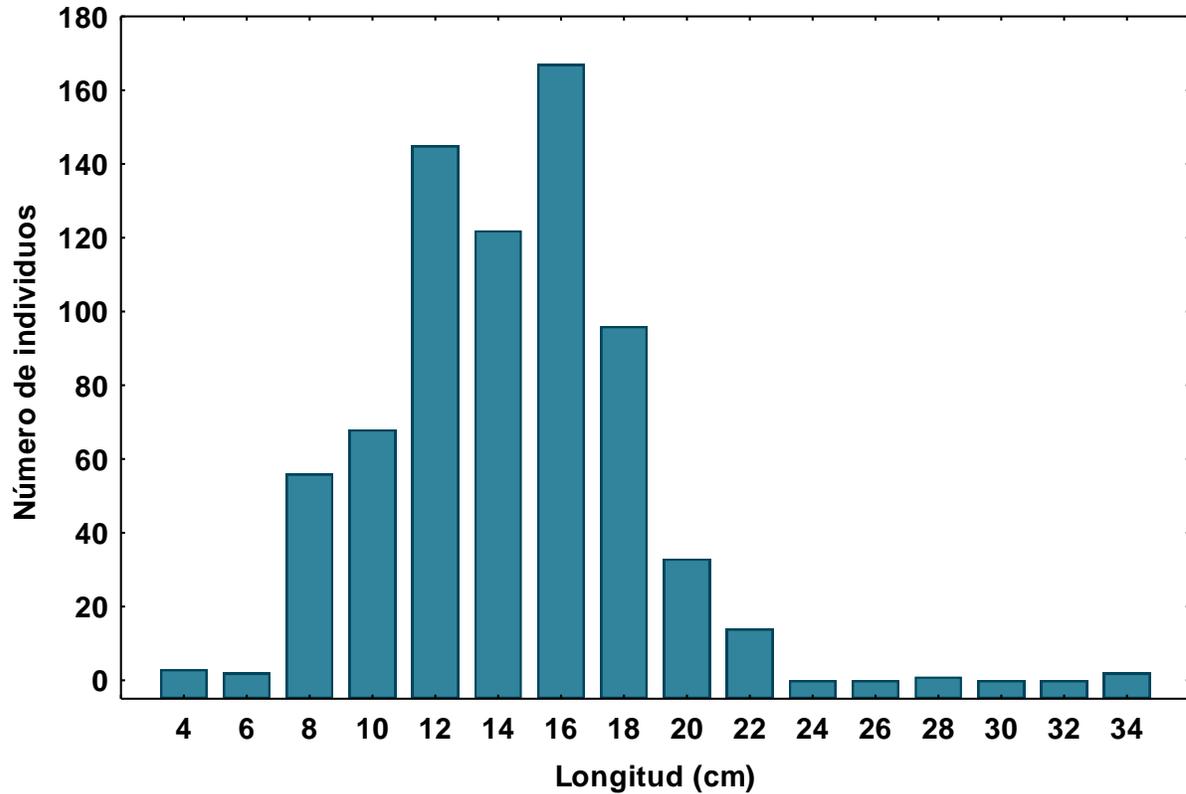


Figura 8. Distribución de tallas de *Cathorops aguiladulce* en el sistema Pom-Atasta.

Proporción de sexos

La población estuvo representada por un mayor número de hembras (393 individuos), con intervalo de longitud de 9.6 a 29.1 cm LT, y menor proporción de machos (249 individuos) con intervalo de longitud de 8.6 a 34.1 cm LT. No fue posible determinar el sexo de 67 individuos (Indeterminados) con intervalo de longitud de 5.5 a 10.05 cm LT. (Fig.9). Machos (Fig. 10 A) y hembras (Fig. 10 B) predominaron con tallas promedio de 12, 14, 16 y 18 cm LT, los individuos de 24 a 34 cm LT. (Fig. 11) fueron escasos.

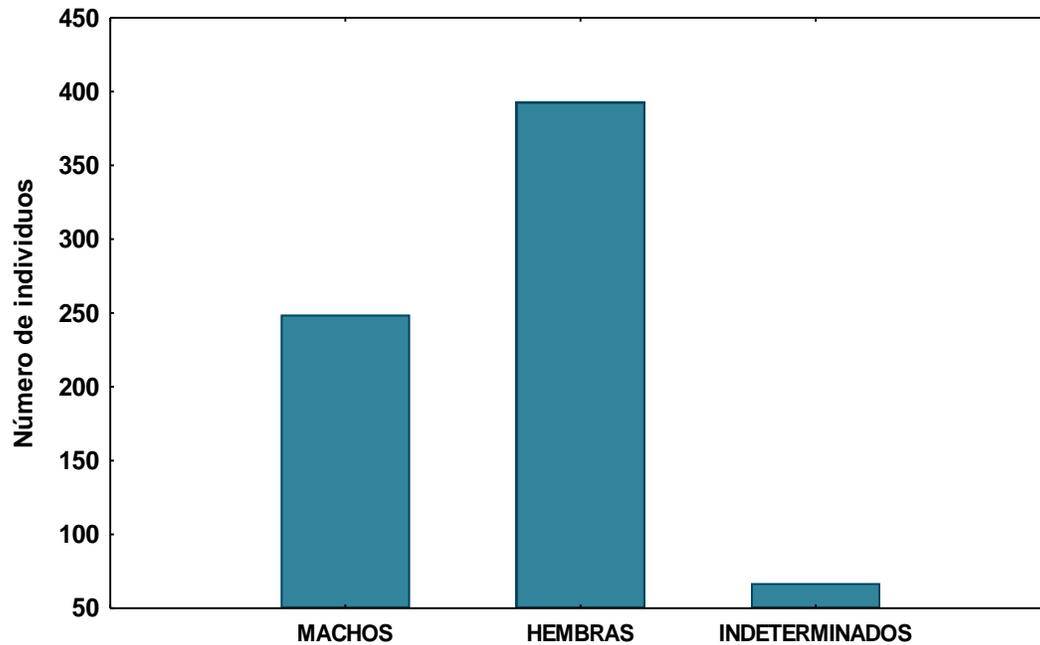


Figura 9. Proporción del número de individuos por sexo de *Cathorops agaudulce* en el sistema Pom-Atasta.



Figura 10. Gónada de Macho (A) y Hembra (B) *Cathorops agaudulce* (15 cm LT).

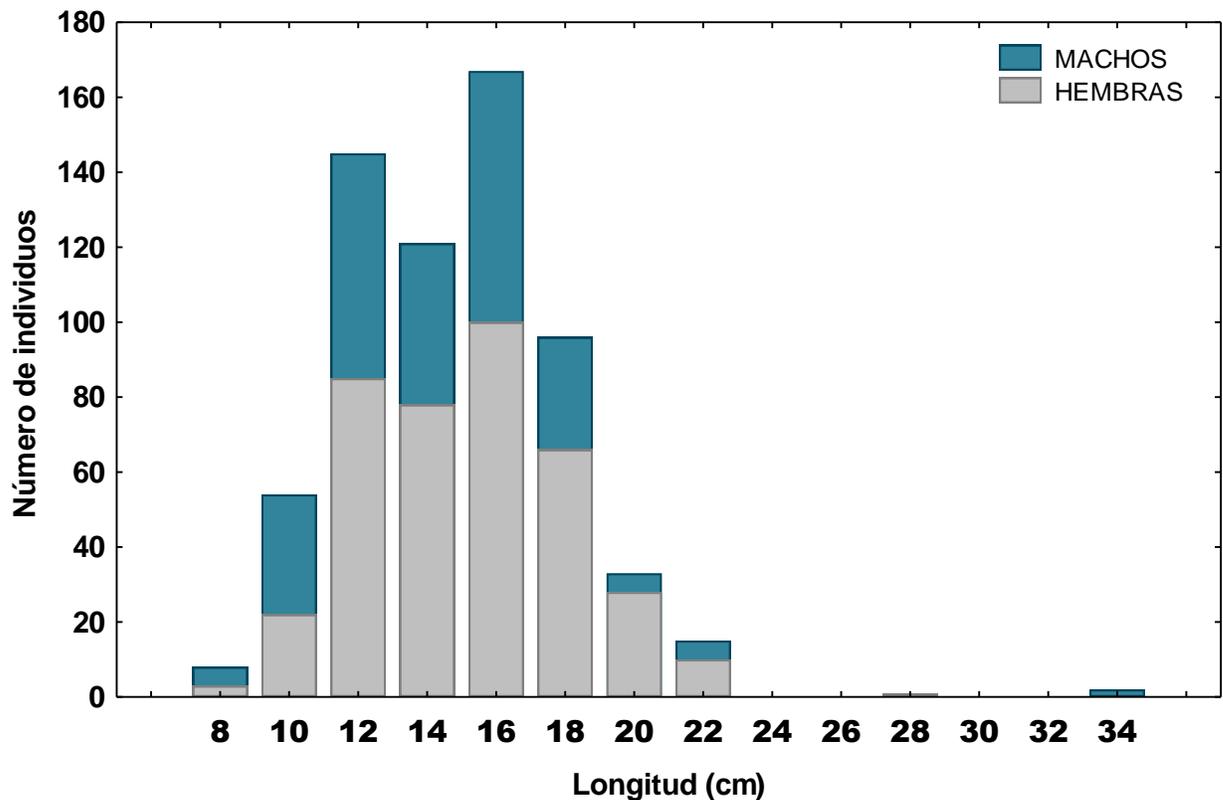


Figura 11. Distribución de tallas de hembras y machos *Cathorops aguadulce* en el sistema Pom-Atasta.

En **escala espacial** se presentó el mayor número de hembras y machos en la estación 7, en tanto que el menor número de hembras se registró en la estación 1 y de machos en la estación 10 (Fig. 12 A). La presencia de los tres machos con incubación oral (Fig. 13), característica de las especies de la familia Ariidae se encontraron en la estación 3. Por otra parte, los individuos indeterminados registraron el mayor número de individuos en la estación 4 y el menor número en la 10. La relación de la longitud total y sexo analizada indicó que los machos presentaron mayor longitud en las estaciones 7 y 8, y menor en las estaciones 3 y 4. Las hembras con mayor longitud se registraron en las estaciones 5 y 9, y menor en las estaciones 1, 4 y 6 (Tabla 5).

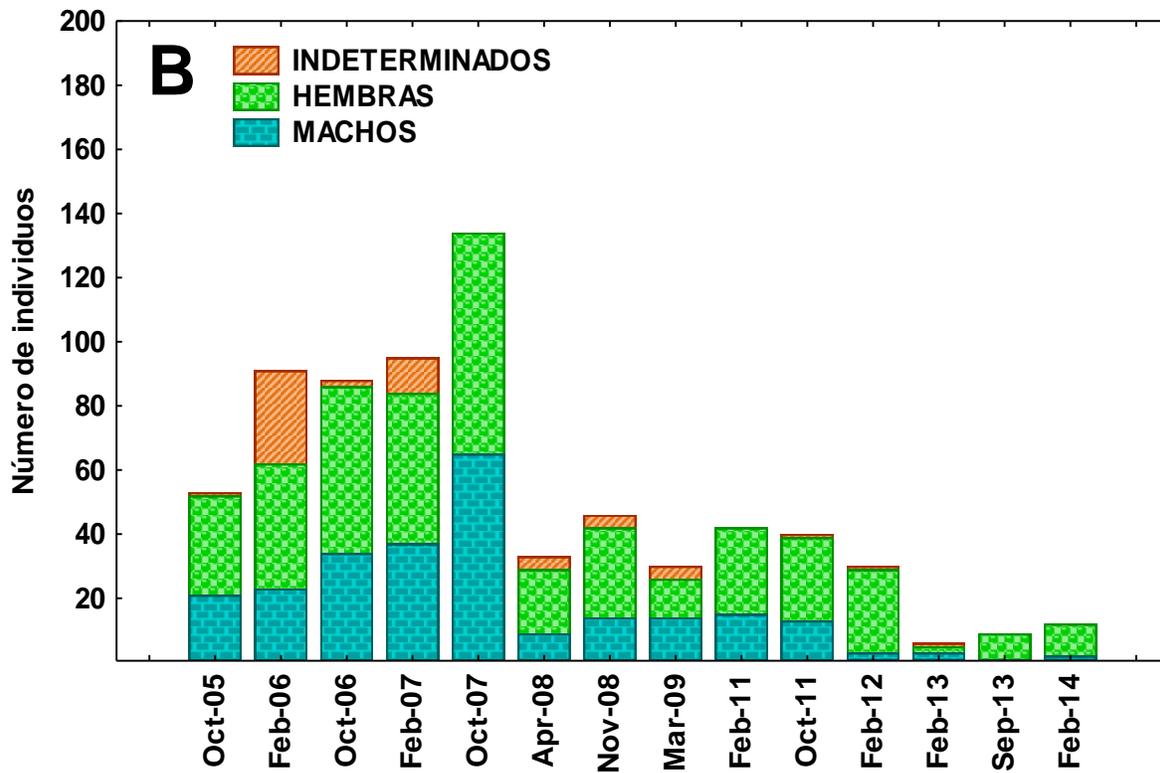
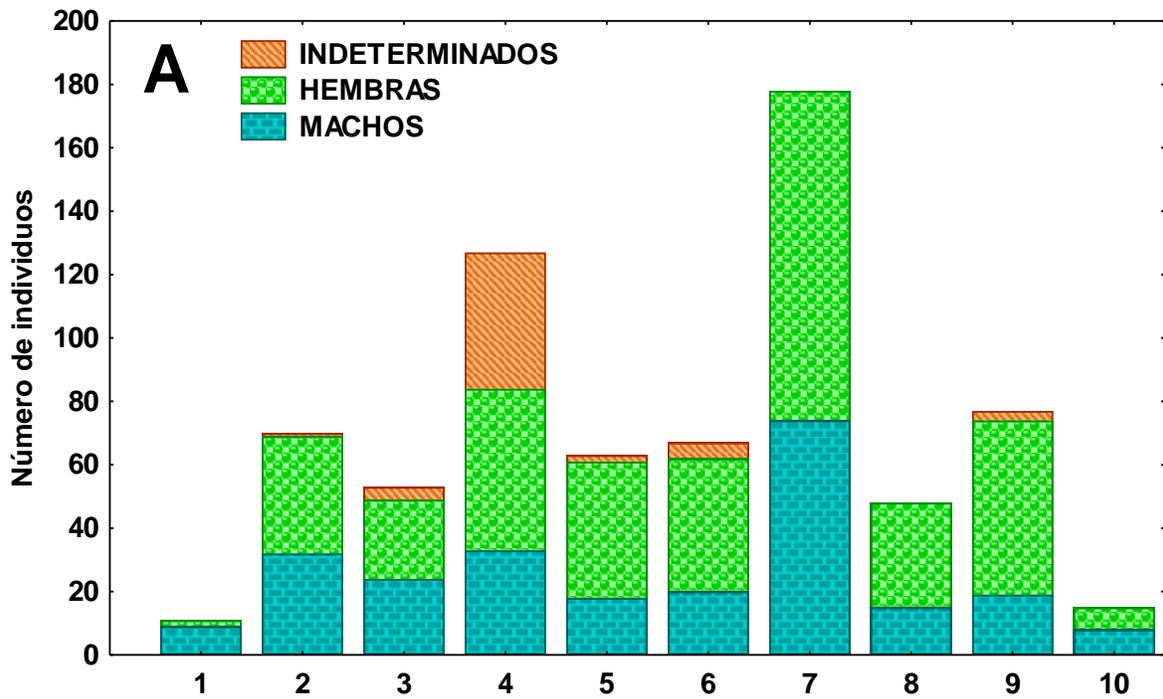


Figura 12. Variación espacial (A) y temporal (B) de la proporción de sexos de *Cathorops agaudulce* en el sistema Pom-Atasta.



Figura 13. Macho *Cathorops aguadulce* con presencia de crías y huevos en la boca (18.2 cm LT.)

Tabla 5

Variación espacial (2005-2014) del intervalo de longitud de hembras, machos e indeterminados de *Cathorops aguadulce* en el sistema Pom-Atasta.

Estación	MACHOS	Intervalo de longitud (cm)	HEMBRAS	Intervalo de longitud (cm)	INDETERMINADOS	Intervalo de longitud (cm)
1	9	9.9-18.7	2	9.6-17.5	0	-
2	31	9.8-21.0	37	9.6-22.3	2	5.6-9.9
3	24	9.8-22.5	24	11.0-21.0	5	8.6-9.8
4	31	10.1-22.3	48	9.6-21.4	48	7.7-10.5
5	18	12.2-21.6	43	10.3-29.1	2	5.5
6	20	10.5-19.6	41	11.0-21.5	6	9.6-10.8
7	74	10.9-34.1	104	10.8-22.9	0	-
8	15	11.5-34.1	33	12.2-22.5	0	-
9	19	11.5-20.5	55	11.0-23.3	3	9.6-10.3
10	8	12.5-19.6	6	13.8-22	1	9.8

En **escala temporal** se presentó el mayor número de hembras y machos en octubre 2006 y 2007, los machos con incubación oral se registraron en octubre 2005, así mismo, el mayor número de individuos indeterminados se registró en febrero 2006. El menor número de machos se registró en septiembre 2013 y hembras en febrero 2013, respecto a los individuos indeterminados en 4 de los 14 meses de muestreo no se registró ningún individuo (Fig. 12 B). La relación entre la longitud total y sexo indicó que los machos con mayor longitud se registraron en marzo 2009 y febrero 2014, los de menor longitud se presentaron en octubre 2005, febrero y octubre 2006, febrero 2007, noviembre 2008 y marzo 2009. Las hembras tuvieron mayor longitud en octubre 2005 y febrero 2012 y las de menor longitud en febrero y octubre 2006, febrero 2007 y noviembre 2008 (Tabla 6). En tanto que los individuos indeterminados, predominaron longitudes de 7 a 10.5 cm en febrero 2006.

Tabla 6

Variación temporal (2005-2014) del intervalo de longitud de hembras, machos e indeterminados de *Cathorops aguiladulce* en el sistema Pom-Atasta.

Mes	MACHOS	Intervalo de longitud (cm)	HEMBRAS	Intervalo de longitud (cm)	INDETERMINADOS	Intervalo de longitud (cm)
oct-05	21	9.9-22.3	31	10.3-29.1	1	5.5
feb-06	20	12.2-20.3	35	10.5-21.4	36	7.7-10.5
oct-06	32	11.0-22.3	49	10.8-20.3	7	8.0-10.5
feb-07	37	9.9-22.5	47	9.6-21.4	11	5.5-10.5
oct-07	65	10.9-17.5	69	11.0-22.9	0	-
abr-08	10	10.5-18.7	21	11.0-22.0	2	9.6-9.9
nov-08	15	9.6-16.2	28	9.6-21.0	3	9.6-10.3
mar-09	12	9.8-34.1	14	10.1-22.0	4	7.9-9.8
feb-11	15	12.2-19.6	27	15.3-20.3	0	-
oct-11	13	11.3-18.7	26	10.9-19.0	1	5.6
feb-12	3	13.6-18.5	26	12.4-23.3	1	10.8
feb-13	3	18.7-20.5	2	20.9-22.5	1	10.1
sep-13	1	19.5	8	19.9-21.7	0	-
feb-14	2	20.5-34.1	10	19.6-23.0	0	-

Madurez gonádica

Las fases de madurez en relación al sexo indicaron el predominó de individuos indeterminados, machos y hembras en fase I, con menor abundancia las fases II y III, en tanto que las fases IV, V y VI se encontraron escasamente representadas por hembras (Fig. 14).

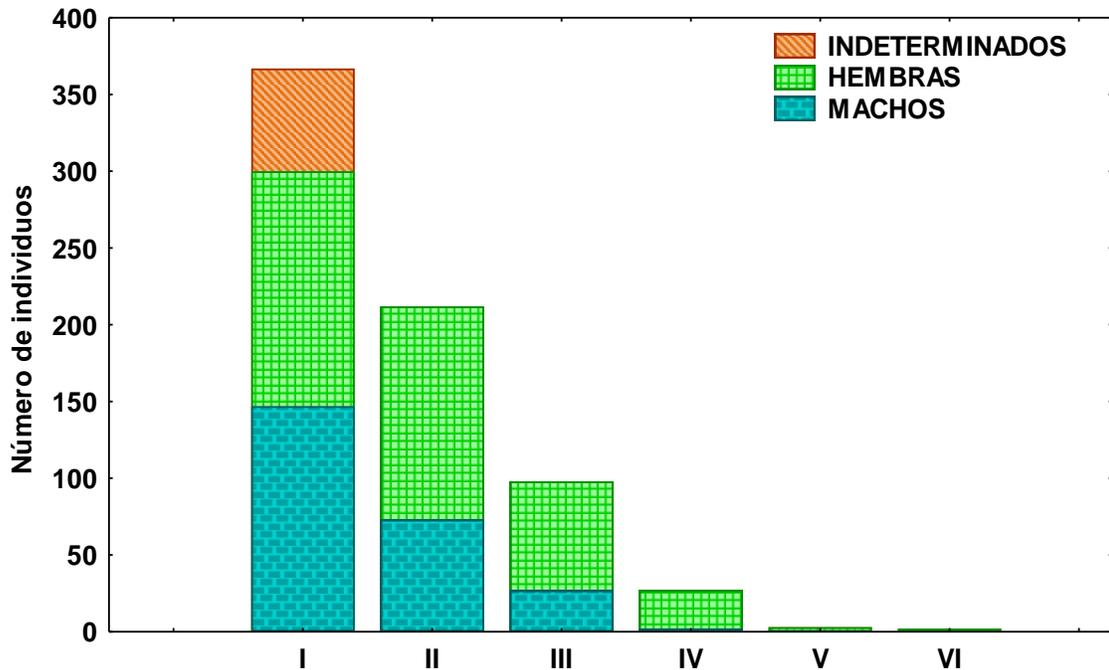


Figura 14. Distribución de fases gonádicas en relación al sexo de *Cathorops agudulce* en el sistema Pom-Atasta

En **escala espacial** se presentó el mayor número de individuos de las fases I, II, III y IV en la estación 7, en tanto que el menor número de individuos en fase I y II se presentó en la estación 1, escasamente las fases V y VI en la estación 5 y 7 (Fig. 15 A).

En **escala temporal** las fases de madurez gonádica I y III registraron el mayor número en octubre 2007 en donde se encontraron representadas todas las fases, en tanto que la fase II presentó su mayor número en febrero 2007, escasamente las fases IV, V y VI se presentaron en octubre 2007, abril y noviembre 2008 (Fig. 15 B) los valores más bajos se registraron en los meses de febrero y septiembre 2013 y febrero 2014.

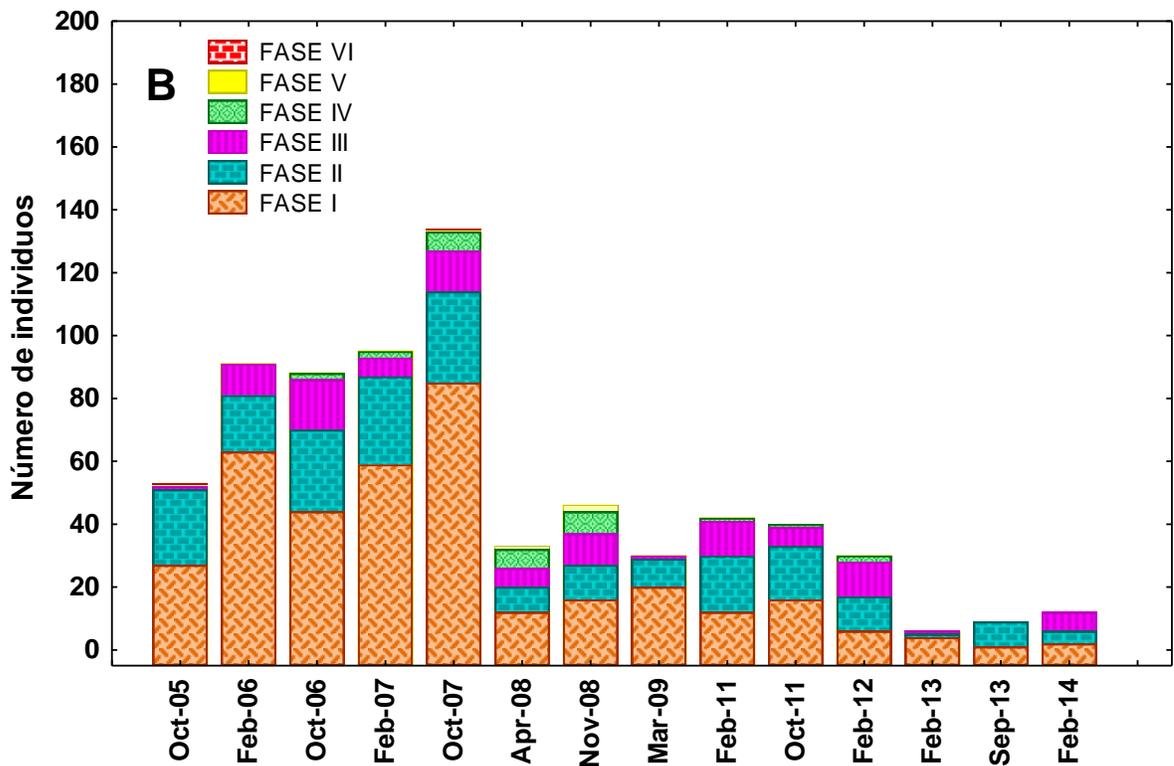
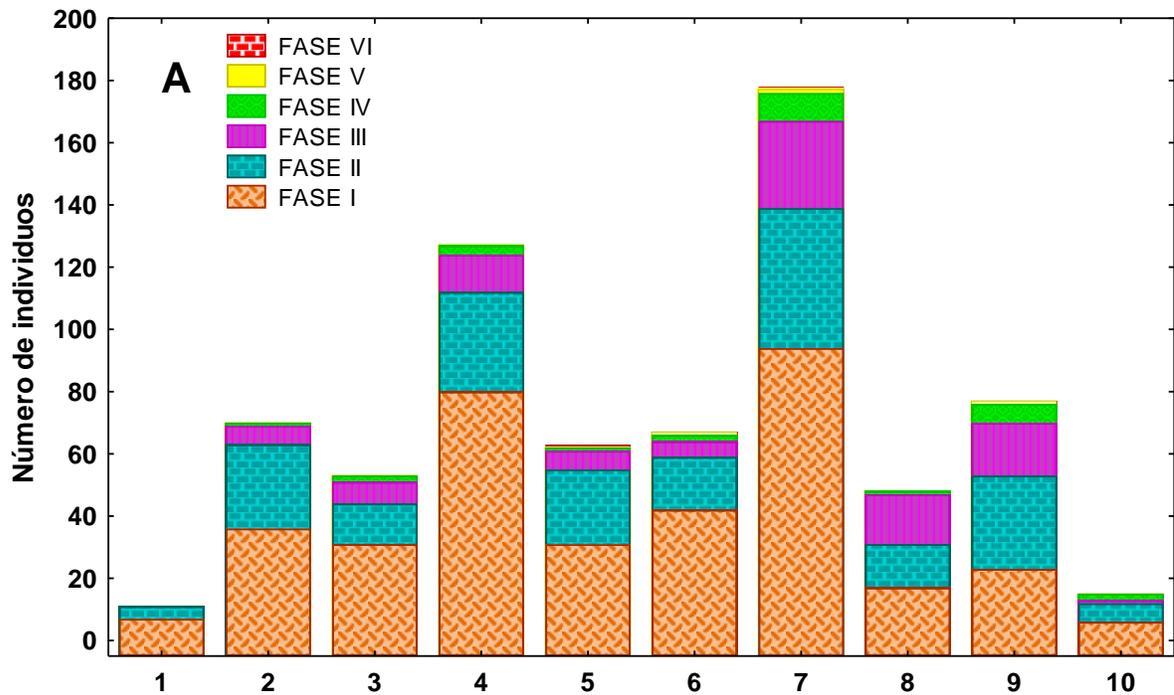


Figura 15. Variación espacial (A) y temporal (B) de la proporción de fases de madurez gonádica de *Cathorops agaudulce* en el sistema Pom-Atasta

***Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830)**



Eugerres plumieri (15.9 cm LT). Fotografía: Mariela Gazca.

Estructura de tallas

Durante el periodo de estudio (2005-2014) se capturaron 559 individuos de la especie *Eugerres plumieri*, con intervalo de longitud de 2.0 a 32.1 cm LT y peso total de 32.5 kg. Del total de los individuos, fueron analizados 375 dentro del intervalo de longitud referido. La población estuvo representada por un mayor número de individuos juveniles que adultos, las tallas de 12 a 22 cm LT. (Fig. 16), fueron más abundantes.

Proporción de sexos

La población estuvo representada por mayor número de hembras (169 individuos), con intervalo de longitud de 7.5 a 32.1 cm LT y machos (158 individuos) con intervalo de longitud de 6.1 a 28.3 cm LT, en tanto que se registraron 48 individuos

indeterminados que presentaron un intervalo de longitud de 5.2 a 9.5 cm LT. (Fig.17). Machos (Fig. 18 A) y hembras (Fig. 18 B) predominaron con tallas promedio de 14 a 22 cm LT, siendo escasas las tallas 26 a 32 cm de LT (Fig. 19).

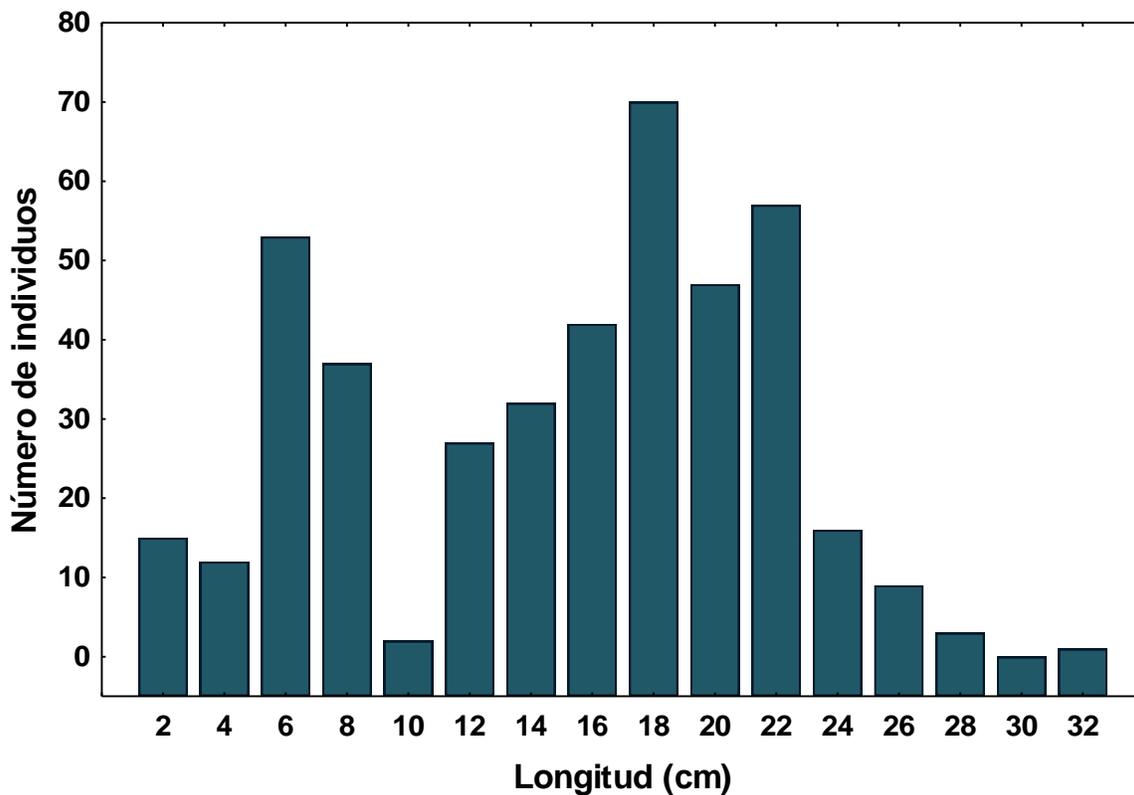


Figura 16. Distribución de tallas de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta

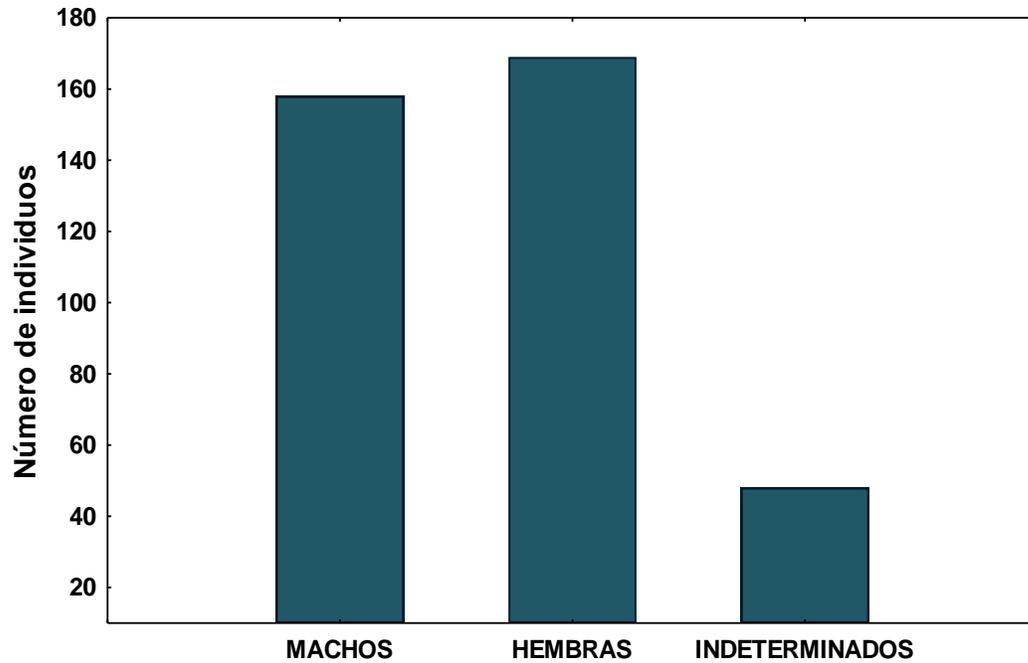


Figura 17. Proporción del número de individuos por sexo de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta.

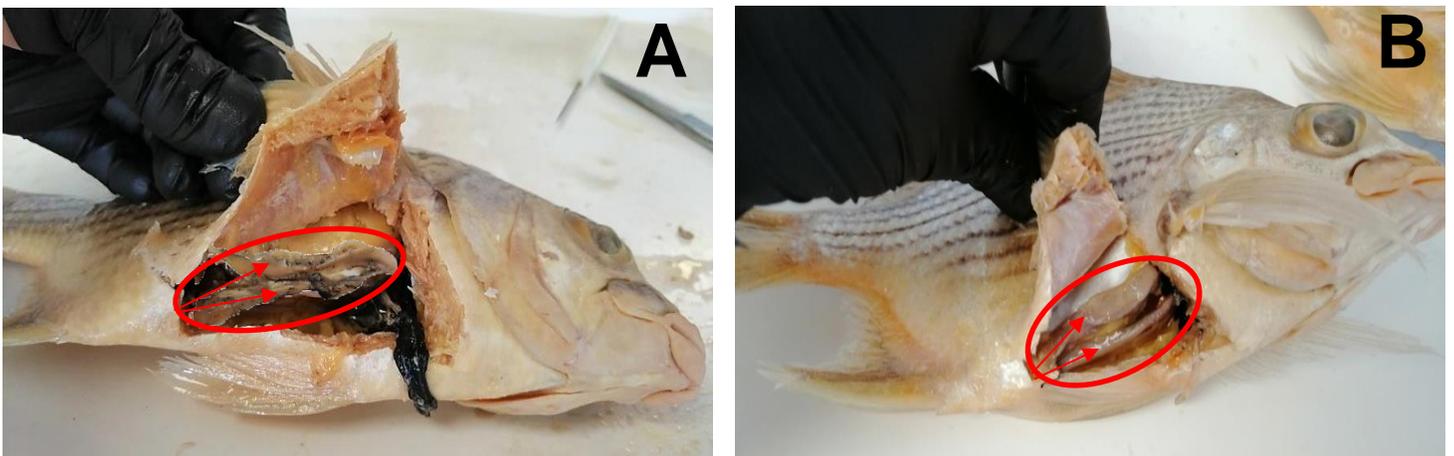


Figura 18. Gónada de Macho (A) y Hembra (B) *Eugerres plumieri* (23 cm LT).

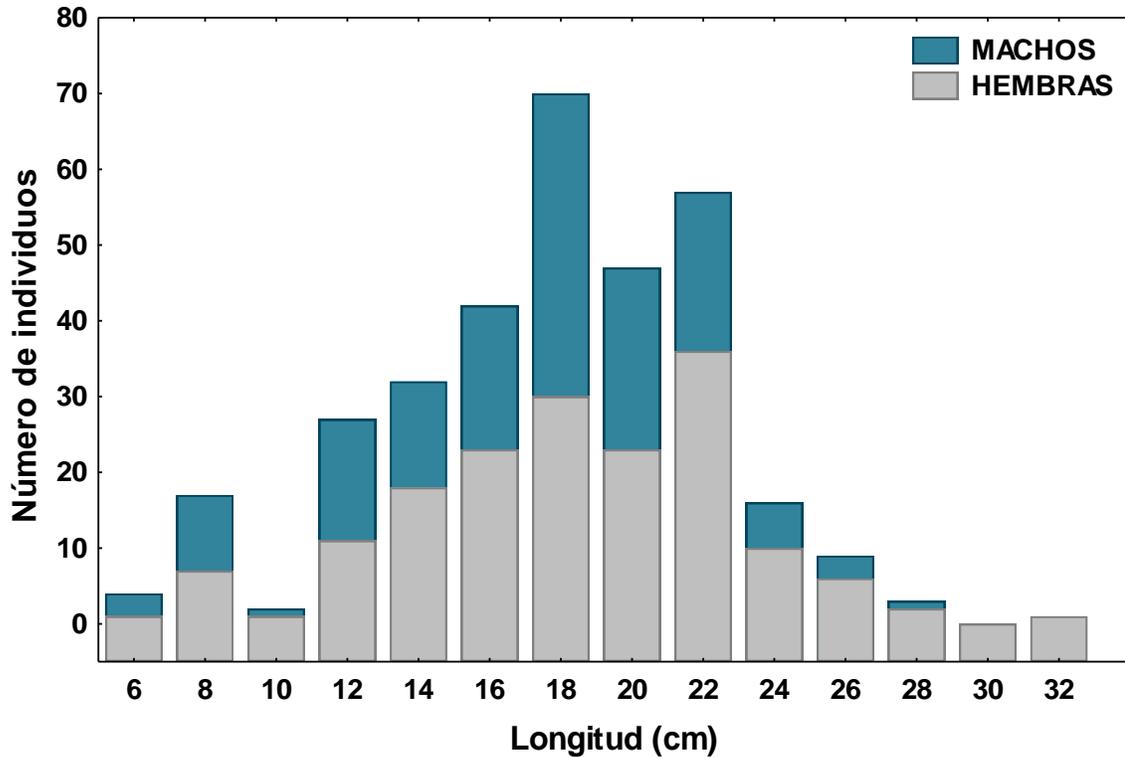


Figura 19. Distribución de tallas de hembras y machos *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta

En **escala espacial** se presentó el mayor número de hembras y machos en la estación 5, en tanto que el menor número de hembras se registró en la estación 1 y de machos en la estación 10 (Fig. 20 A). Los individuos indeterminados registraron el mayor número de individuos en la estación 6 y el menor número en las estaciones 5, 8 y 9. La relación de la longitud total y sexo indicó que los machos presentaron mayor longitud en las estaciones 2, 6, 8 y 9, y menor en las estaciones 6 y 7. Las hembras con mayor longitud se registraron en las estaciones 2, 5, 9 y 10, y menor en las estaciones 4 y 8 (Tabla 7).

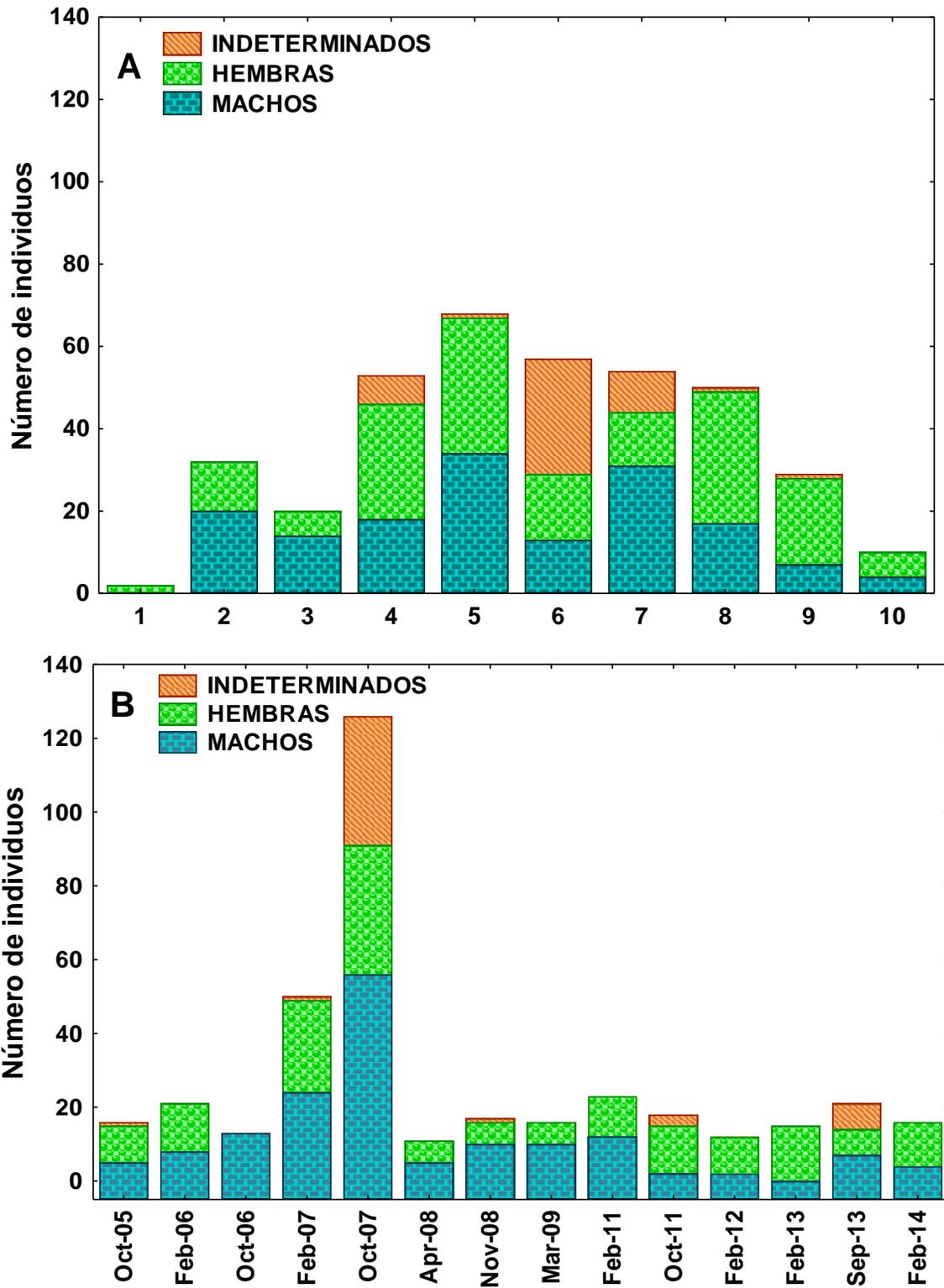


Figura 20. Variación espacial (A) y temporal (B) de la proporción de sexos de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta.

Tabla 7

Variación espacial (2005-2014) del intervalo de longitud de hembras, machos e indeterminados de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta.

Estación	MACHOS	Intervalo de longitud (cm)	HEMBRAS	Intervalo de longitud (cm)	INDETERMINADOS	Intervalo de longitud (cm)
1	0	-	2	19.2-21.1	0	-
2	20	13.7-27.8	12	18.3-27.9	0	-
3	14	9.8-24.9	6	12.9-22.4	0	-
4	18	8.2-22.0	28	7.5-24.2	7	7.3-7.7
5	34	9.0-23.2	33	13.5-28.5	1	6.4
6	13	6.1-28.3	16	13.3-23.4	28	5.2-9.5
7	31	7.0-23.8	13	15.1-23.5	10	7.2-9.5
8	17	13.4-23.0	32	8.1-27.1	1	6.4
9	7	19.0-26.2	21	17.0-32.1	1	6.4
10	4	19.7-23.2	6	13.0-23.4	0	-

En **escala temporal** se presentó el mayor número de hembras, machos e individuos indeterminados en octubre 2007, el menor número de machos se registró en octubre 2011 y febrero 2012 en tanto que las hembras en abril y noviembre 2008, respecto a los individuos indeterminados en 8 de los 14 meses de muestreo no se registró ningún individuo (Fig. 20 B). La relación de la longitud total y sexo indicó que los machos con mayor longitud se registraron en febrero 2006, octubre 2007 y febrero 2014, los de menor longitud se presentaron en octubre 2005, octubre 2006, octubre 2007 y febrero 2011. Las hembras tuvieron mayor longitud en octubre 2007, febrero y septiembre 2013 así como en febrero 2014 y las de menor longitud en febrero y octubre 2006, febrero 2007 y noviembre 2008 (Tabla 8). En tanto que los individuos indeterminados, predominaron longitudes de 5.2 a 9.5 cm en octubre 2007.

Tabla 8

Variación temporal (2005-2014) del intervalo de longitud de hembras, machos e indeterminados de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta.

Mes	MACHOS	Intervalo de longitud (cm)	HEMBRAS	Intervalo de longitud (cm)	INDETERMINADOS	Intervalo de longitud (cm)
oct-05	5	6.1-22.6	10	14.3-24.8	1	5.2
feb-06	8	13.5-26.9	13	13.9-24.5	0	-
oct-06	13	9.8-28.3	0	-	0	-
feb-07	24	12.1-24.2	25	12.9-24.2	1	6.4
oct-07	56	7.0-26.2	35	12.9-27.2	35	6.5-9.5
abr-08	5	17.7-24.1	6	16.7-23.5	0	
nov-08	10	13.8-24.9	6	15.1-22.4	1	6.4
mar-09	10	13.0-23.2	6	20.3-24.1	0	-
feb-11	12	9.7-24	11	8.1-22.8	0	-
oct-11	2	19.2-19.7	13	8.2-23.4	3	6.3-7.5
feb-12	2	21.5-22.0	10	13.4-24.1	0	-
feb-13	0	-	15	18.9-26.2	0	-
sep-13	7	8.2-22.4	7	8.4-27.2	7	7.3-7.7
feb-14	4	16.0-27.8	12	7.5-32.1	0	-

Madurez gonádica

Las fases de madurez en relación al sexo indicaron el predominio de individuos indeterminados, machos y hembras en fase I, con menor abundancia las fases II y III, en tanto que las fases IV, V y VI se encontraron escasamente representadas por machos (Fig. 21).

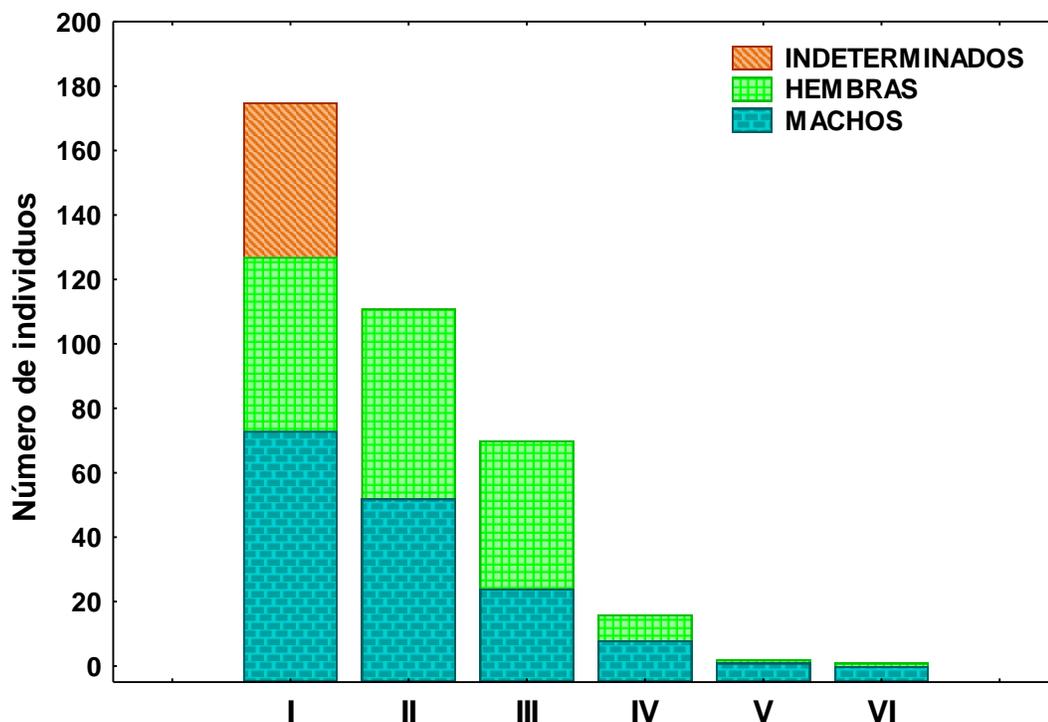


Figura 21. Distribución de fases gonádicas en relación al sexo de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta

En **escala espacial** se presentó el mayor número de individuos de las fases I, II y III en la estación 5 y 6, en tanto que el menor número de individuos en fase I y II se presentó en la estación 1, las fases IV, V y VI fueron escasas y se registraron en la estación 9 (Fig. 22 A).

En **escala temporal**, las fases de madurez gonádica I, II y III registraron el mayor número en octubre 2007, escasamente las fases IV, V se presentaron en febrero 2014 (Fig. 22 B), mientras que los valores más bajos se registraron en abril 2008.

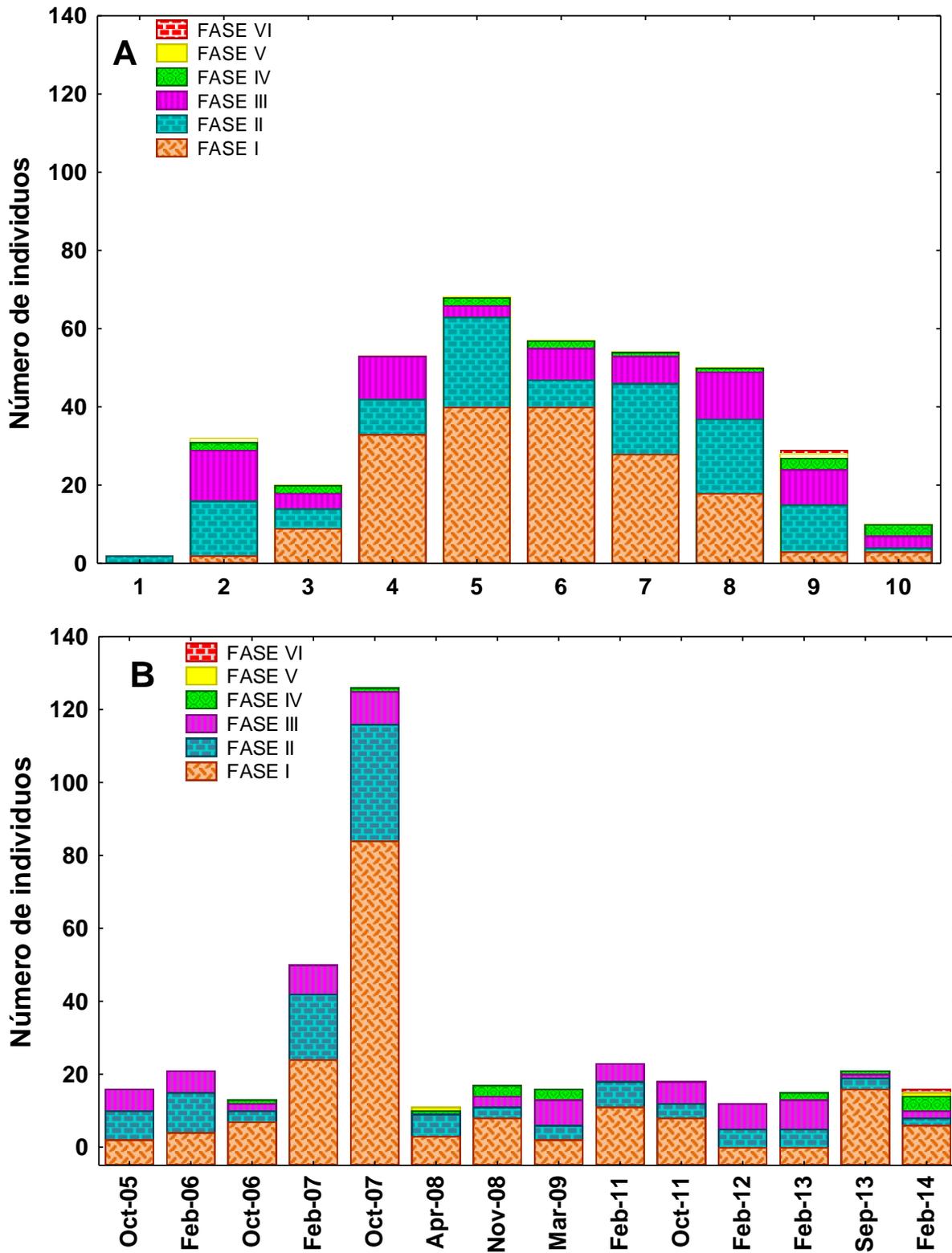


Figura 22. Variación espacial (A) y temporal (B) de la proporción de fases de madurez gonádica de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta.

***Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829)**



Diapterus rhombeus (6.0 cm LT). Fotografía: Mariela Gazca.

Estructura de tallas

Durante el periodo de estudio (2005-2014) se capturó un total de 1,283 individuos de la especie *Diapterus rhombeus* con un intervalo de longitud de 2.6 a 11.1 cm LT y peso total de 5 kg. Del total de los individuos fueron analizados 331 dentro del intervalo de longitud referido. La población estuvo representada en su mayoría por individuos juveniles y una proporción muy baja de pre adultos, siendo más abundantes las tallas de 6 a 8 cm LT. (Fig. 23).

Proporción de sexos

La población estuvo representada por un mayor número de machos (162 individuos) con intervalo de longitud de 4.7 a 11.1 cm LT y hembras (143 individuos) de 4.9 a 10.9 cm LT, así mismo se registraron 26 individuos indeterminados con intervalo de longitud total de 3.4 a 7.6 cm LT (Fig.24). Machos (Fig. 25 A) y hembras (Fig. 25 B) predominaron con tallas promedio de 6 a 8 cm LT, siendo escasas las tallas de 10 a 12 cm LT (Fig. 26).

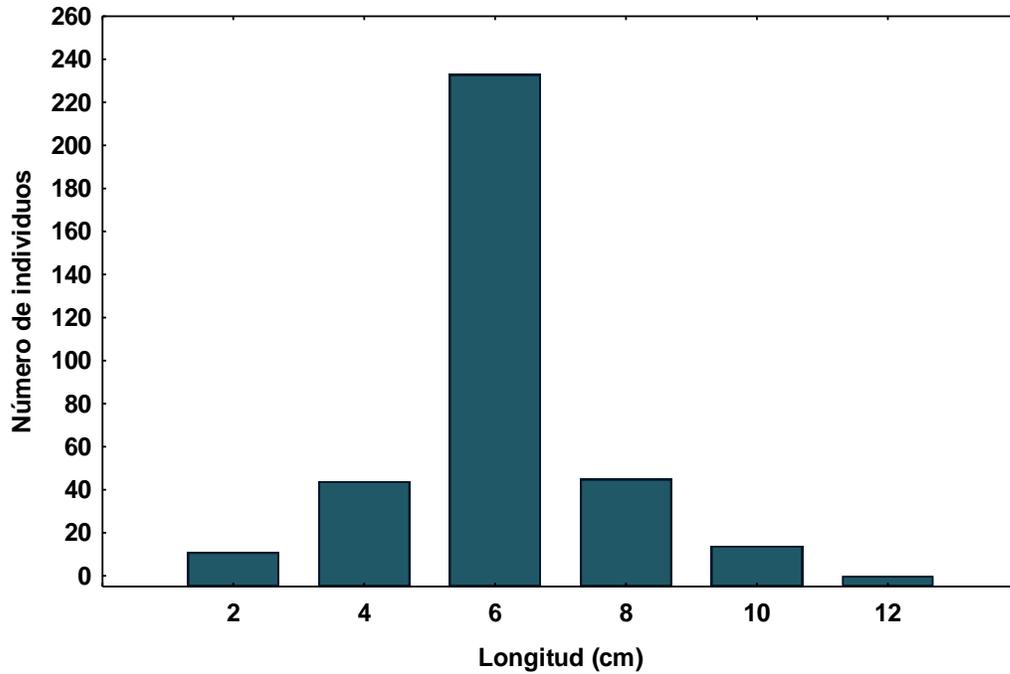


Figura 23. Distribución de tallas de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

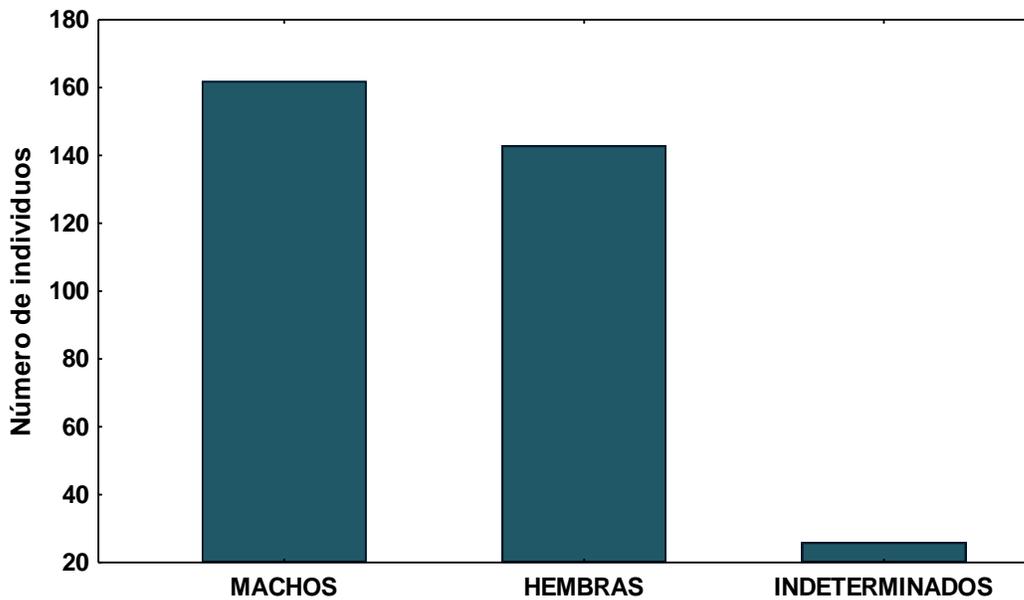


Figura 24. Proporción del número de individuos por sexo de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta

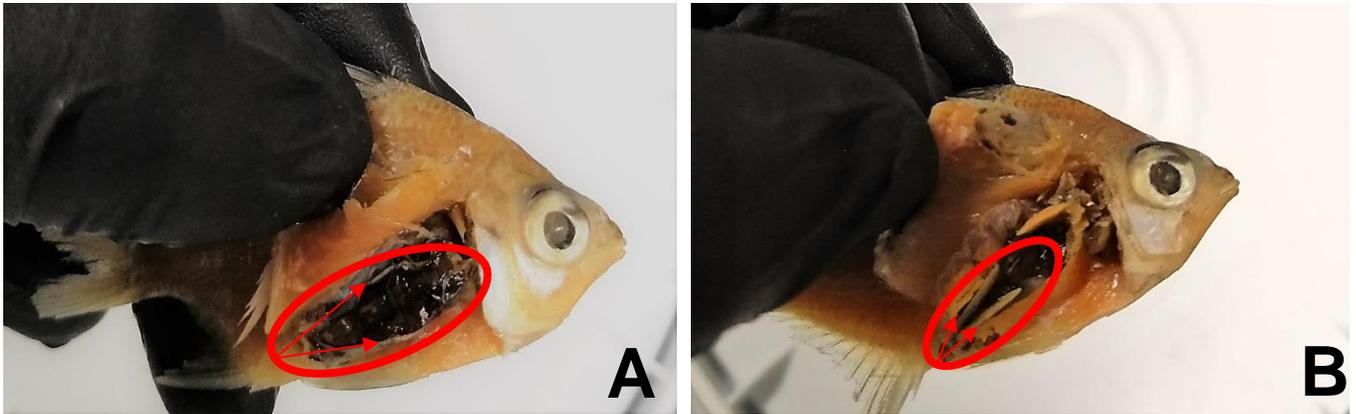


Figura 25. Gónada de Macho (A) y Hembra (B) *Diapterus rhombeus* (7.2 cm LT).

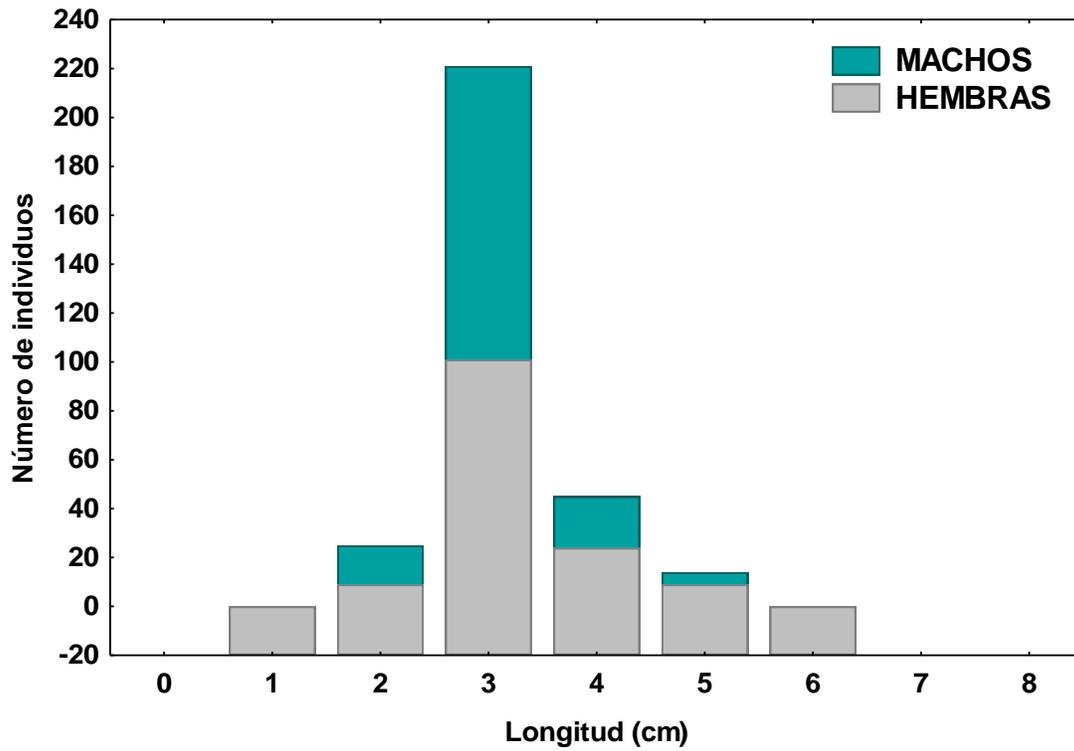


Figura 26. Distribución de tallas de hembras y machos de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

En **escala espacial** se presentó el mayor número de machos (45 individuos), hembras (35 individuos) e individuos indeterminados (10 individuos) en la estación 4, en tanto que los valores más bajos se registraron en las estaciones 8-10 (Fig. 27 A). La relación de la longitud total y sexo analizada indicó que los machos presentaron mayor longitud en las estaciones 2, 4 y 6, y menor en las estaciones 1, 4, 5 y 8. Las hembras con mayor longitud se registraron en las estaciones 2-4, y menor en las estaciones 3-5 y 7 (Tabla 9).

Tabla 9

Variación espacial (2005-2014) del intervalo de longitud de hembras, machos e indeterminados de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

Estación	MACHOS	Intervalo de longitud (cm)	HEMBRAS	Intervalo de longitud (cm)	INDETERMINADOS	Intervalo de longitud (cm)
1	24	4.7-8.7	29	6.2-8.5	2	5.2-6.3
2	18	6.0-10.3	17	6.0-10.9	2	4.8-5.7
3	19	5.9-9.6	26	5.9-9.9	6	4.6-6.7
4	45	5.3-11.1	35	4.9-10.6	10	3.4-6.8
5	24	5.3-8.4	9	5.9-8.3	5	4.0-6.7
6	10	6.2-10.7	10	6.4-8.9	0	-
7	10	6.4-7.9	15	5.9-8.2	1	4.5
8	7	5.4-7.69	1	6.3	0	-
9	3	7.1	0	-	0	-
10	0	-	1	6.5	0	-

En **escala temporal** se presentó el mayor número de machos (36 individuos) en octubre 2007, las hembras (37 individuos) en marzo 2009 y los individuos indeterminados (7 individuos) en octubre 2005, en tanto que el menor número de machos se registró en octubre 2006 y las hembras en febrero 2014, los individuos indeterminados registrados durante los meses fueron pocos, en 5 de los 14 meses de muestreo no se registró ningún individuo (Fig. 27 B). La relación de la longitud total y sexo, indicó que los machos con mayor longitud se registraron en octubre 2007 y abril 2008, los de menor longitud se presentaron en noviembre 2008, febrero y septiembre 2013. Las hembras tuvieron mayor longitud en abril 2008 y marzo 2009 y las de menor longitud en septiembre 2013 (Tabla 10).

Tabla 10

Variación temporal (2005-2014) del intervalo de longitud de hembras, machos e indeterminados de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

Mes	MACHOS	Intervalo de longitud (cm)	HEMBRAS	Intervalo de longitud (cm)	INDETERMINADOS	Intervalo de longitud (cm)
oct-05	4	6.8-8.4	3	6.8-9.4	7	5.5-6.7
feb-06	4	6.1-8.9	8	6.9-8.6	0	-
oct-06	1	6.1	0	-	2	4.9-5.7
feb-07	5	6.4-7.9	7	6.2-7.0	1	4.8
oct-07	36	6.1-9.6	19	6.0-9.9	5	6.4-6.8
abr-08	17	6.7-11.1	14	7.5-10.9	1	4.8
nov-08	4	5.3-8.5	5	5.9-7.9	3	4.3-4.6
mar-09	25	5.9-7.9	37	5.9-10.7	0	-
feb-11	6	6.6-8.1	5	6.6-7.2	0	-
oct-11	10	4.7-7.4	5	6.1-8.5	5	3.4-7.6
feb-12	20	6.2-7.9	22	6.4-7.9	1	6.3
feb-13	20	5.4-8.7	9	5.2-8.5	1	5.2
sep-13	10	5.3-8.5	7	4.9-8.9	0	-
feb-14	0	-	2	5.2-6.9	0	-

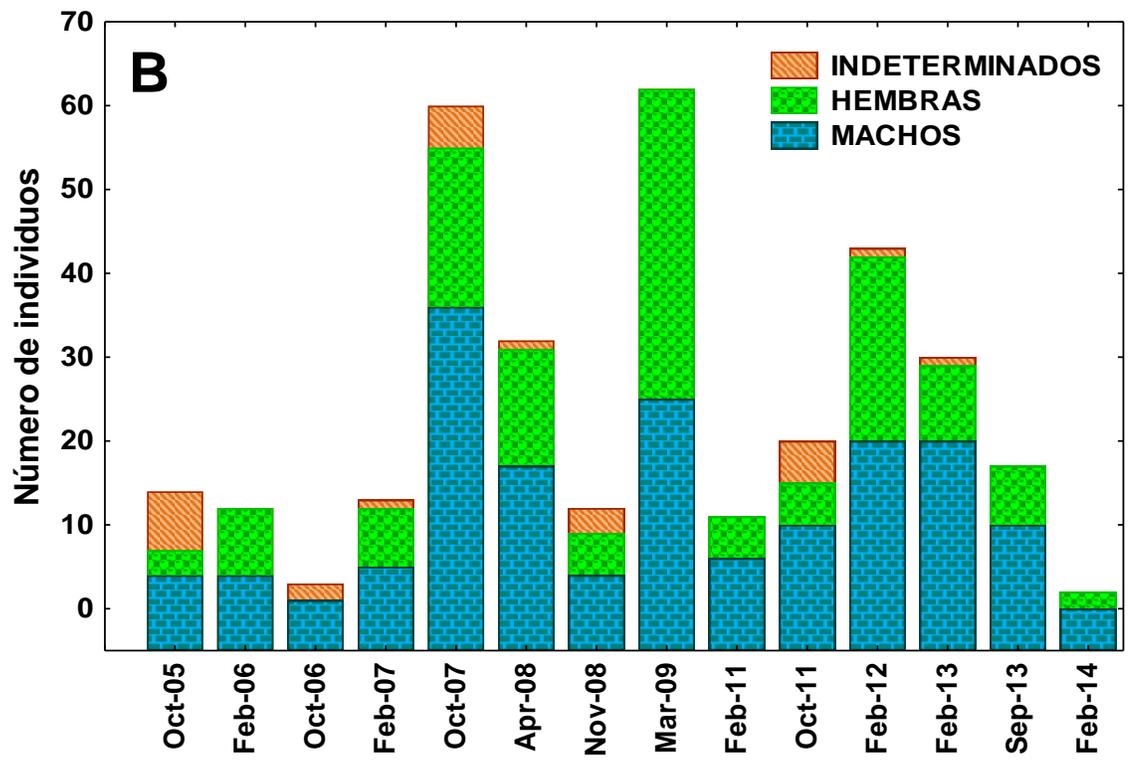
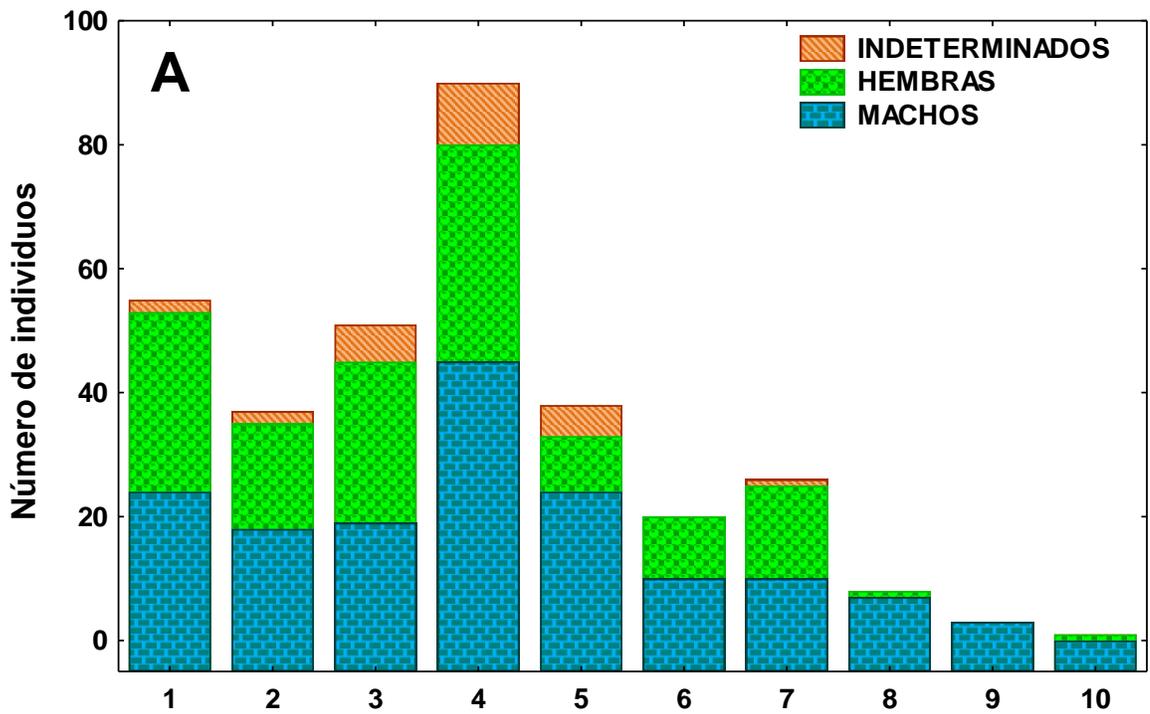


Figura 27. Variación espacial (A) y temporal (B) de la proporción de sexos de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

Madurez gonádica

Las fases de madurez en relación al sexo, indicaron el predominio de individuos juveniles. Los individuos indeterminados, machos y hembras fueron abundantes en fase I. Las fases II y III registraron una menor abundancia, en tanto que la fase IV se encontró escasamente representadas por machos y hembras (Fig. 28).

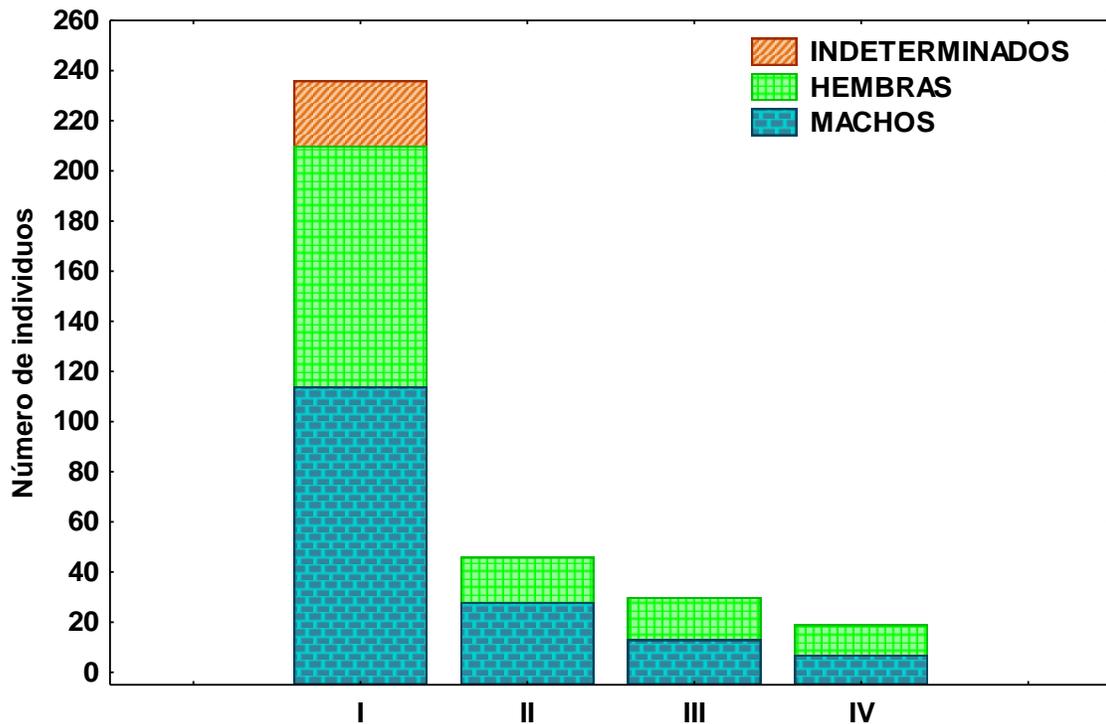


Figura 28. Distribución de fases gonádicas en relación al sexo de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

En **escala espacial** se presentó el mayor número de individuos de las fases I y II en la estación 4, los valores más bajos se presentaron en las estaciones 9 y 10. Individuos en fase III presentaron el mayor número de individuos en las estaciones 2 y 3. La fase IV fue escasa y presentó los valores más altos en la estación 2 y 4 (Fig. 29 A).

En **escala temporal** se presentó el mayor número de individuos en fase I en marzo 2009 y el más bajo en febrero 2014. La fase II presentó el mayor número de individuos en octubre 2007 y el menor en septiembre 2013. Los individuos en fase III y IV fueron escasos, sin embargo, registraron el mayor número de individuos en abril 2008 (Fig. 29 B).

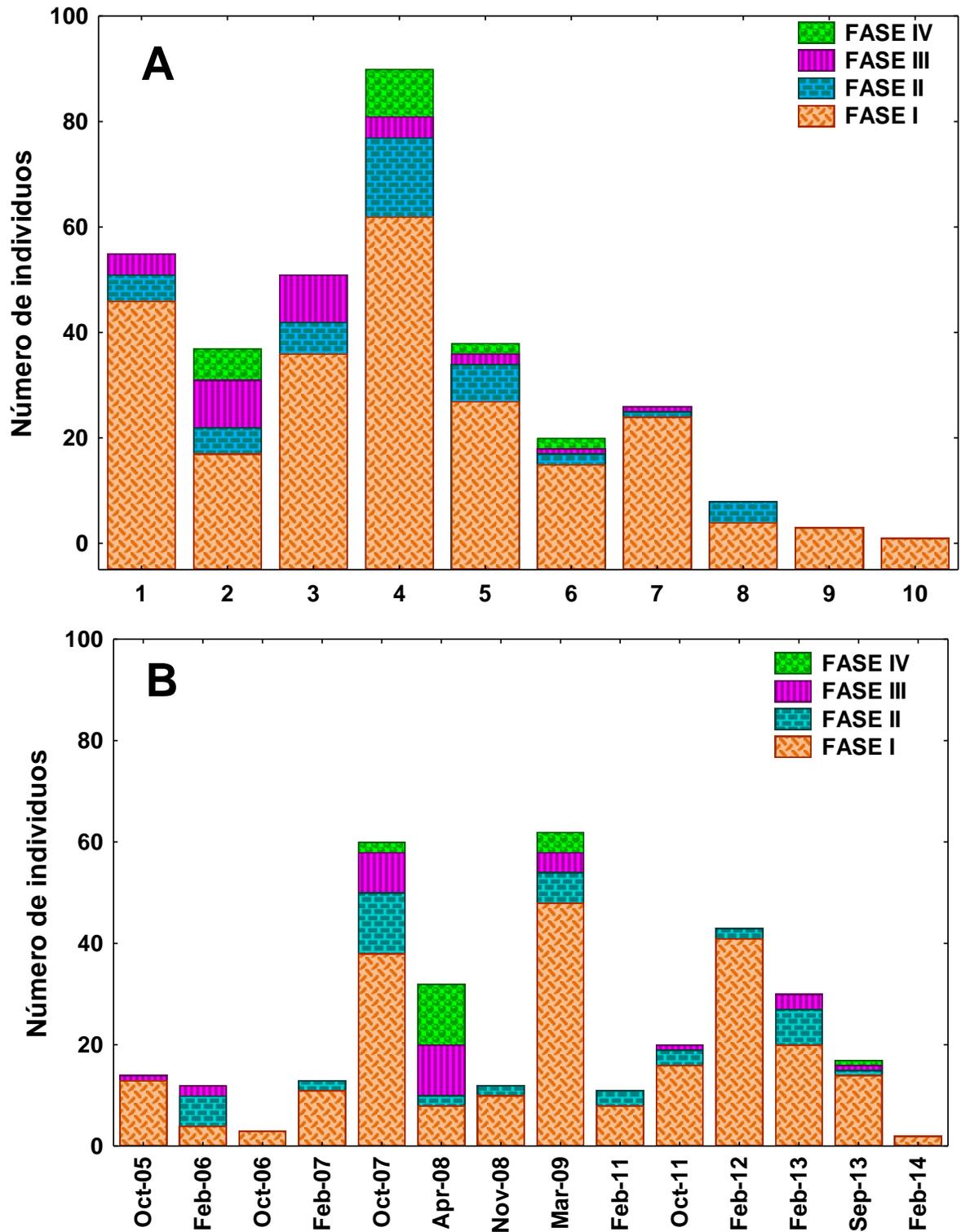


Figura 29. Variación espacial (A) y temporal (B) de la proporción de las fases de madurez gonádica de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta.

MODELOS DIAGRAMÁTICOS DE LOS CICLOS DE VIDA

Los modelos diagramáticos de las tres especies dominantes se construyeron con base en la estructura poblacional de tallas, la distribución, la abundancia, el peso de los individuos y aspectos reproductivos como la proporción de sexos y las fases de madurez gonádica. Se presentan los modelos para cada especie.

Cathorops aguilula

Fue la especie mejor representada en Pom-Atasta tanto en número como en biomasa. Presentó el mayor número de individuos y peso en el hábitat oligohalino. En relación con las épocas climáticas, el mayor número de individuos se presentó en época de nortes, en tanto que la mayor longitud promedio se registró en época de secas (tabla 11). La evaluación de los estadios de madurez permitió determinar que la mayoría de las hembras y machos capturados aún eran juveniles, principalmente en fases I y II (tabla 12) y los individuos en etapas adultas fueron escasos. La especie se distribuye en todo el sistema, no obstante, se muestran diferencias en la abundancia, biomasa, talla y madurez en los distintos hábitats de Pom Atasta, estableciendo patrones de uso distintos durante las épocas climáticas, esto puede ilustrarse en el modelo de la figura 30. Durante la época de nortes se observó que prevalece una población juvenil (fase I y II) de machos y hembras en el hábitat mesohalino (estaciones 1 a 4), donde las condiciones son de menor profundidad y transparencia, los individuos indeterminados son escasos en este hábitat, cabe destacar que durante esta época se registraron 3 individuos con presencia de huevos y crías en la boca. Hembras y machos en maduración,

maduros y en reproducción son menos abundantes, sin embargo, se presentaron con mayor frecuencia en el hábitat oligohalino (estaciones 5 a 10), principalmente en las lagunas de Pom y Atasta donde las condiciones son de mayor profundidad y transparencia. Durante la época de secas, predominó una mayor cantidad de hembras y machos juveniles (fase I y II), en tanto que los individuos indeterminados fueron abundantes en el hábitat mesohalino. Las hembras y machos fueron más abundantes en el hábitat oligohalino, en tanto que los individuos maduros y en reproducción fueron escasos. Durante la época de lluvias solo se realizó un muestreo, por lo cual se presentó la menor cantidad de individuos, y no se registraron individuos en el hábitat mesohalino, las hembras juveniles fueron escasas en el hábitat oligohalino.

Tabla 11

Número de individuos, peso y longitud promedio de *Cathorops aguadulce* durante la época de secas, lluvias y nortes.

Estación	Número de individuos			Peso total (g)			Longitud Promedio (cm)		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
1	4	0	6	71.70	0	102.90	13.3	0	12.8
2	6	0	64	170.00	0	1801.33	15.0	0	14.5
3	32	0	21	781.90	0	552.13	13.8	0	14.4
4	108	0	19	2569.82	0	453.23	13.4	0	14.0
5	30	0	33	998.27	0	1255.76	15.8	0	16.0
6	38	2	27	1098.75	146.35	802.99	15.0	21.2	14.7
7	26	1	151	1204.72	77.78	3621.89	18.3	21.5	14.5
8	31	1	16	1395.78	71.56	598.72	18.0	20.4	16.6
9	51	5	21	2445.05	368.58	547.16	17.4	20.5	14.3
10	12	0	3	370.31	0	156.60	15.7	0	18.5
Total	338	9	361	8536.48	664.27	9892.71	15.5	8.4	15

Tabla 12

Proporción de sexos y fases de madurez gonádica de *Cathorops aguiladulce* durante secas, lluvias y nortes (**M:** Machos, **H:** Hembras, **Ind:** Indeterminados).

Estación	Proporción de sexos			Fases de madurez		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
1	M: 4		M:4 H:2	Fase I: 3 Fase II: 1		Fase I: 4 Fase II: 2
2	M:1 H:5		M:30 H:32 Ind:2	Fase I: 4 Fase II: 1 Fase IV: 1		Fase I: 32 Fase II: 26 Fase III: 6
3	M:12 H:15 Ind:5		M:12 H:9	Fase I:23 Fase II:6 Fase III:2 Fase IV:1		Fase I: 8 Fase II: 7 Fase III: 5 Fase IV: 1
4	M:25 H:39 Ind:44		M:6 H:9 Ind: 4	Fase I:70 Fase II:27 Fase III:9 Fase IV:2		Fase I: 10 Fase II: 5 Fase III: 3 Fase IV: 1
5	M:9 H:20 Ind:1		M:9 H:23 Ind: 1	Fase I:13 Fase II:13 Fase III:4		Fase I: 18 Fase II: 11 Fase III: 2 Fase IV: 1 Fase VI: 1
6	M:12 H:23 Ind:3	H: 2	M:8 H: 16 Ind: 3	Fase I: 25 Fase II:10 Fase III:3	Fase II: 2	Fase I: 17 Fase II: 5 Fase III: 2 Fase IV: 2 Fase V: 1
7	M:8 H:18	H: 1	M:66 H:85	Fase I:8 Fase II:10 Fase III:8	Fase II: 1	Fase I: 86 Fase II: 34 Fase III: 20 Fase IV: 9 Fase V: 1 Fase VI: 1

Tabla 12
(Continuación)

Estación	Proporción de sexos			Fases de madurez		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
8	M:9 H:22	H: 1	M: 6 H: 10	Fase I:14 Fase II:7 Fase III:10	Fase II: 1	Fase I: 3 Fase II: 6 Fase III: 6 Fase IV: 1
9	M:13 H:37	M: 1 H:4	M: 5 H: 14 Ind: 2	Fase I:12 Fase II:18 Fase III:15 Fase IV:5 Fase V:1	Fase I: 1 Fase II: 4	Fase I: 10 Fase II: 8 Fase III: 2 Fase IV: 1
10	M:8 H:3 Ind:1		H: 3	Fase I:6 Fase II:3 Fase III:1 Fase IV:2		Fase II: 3

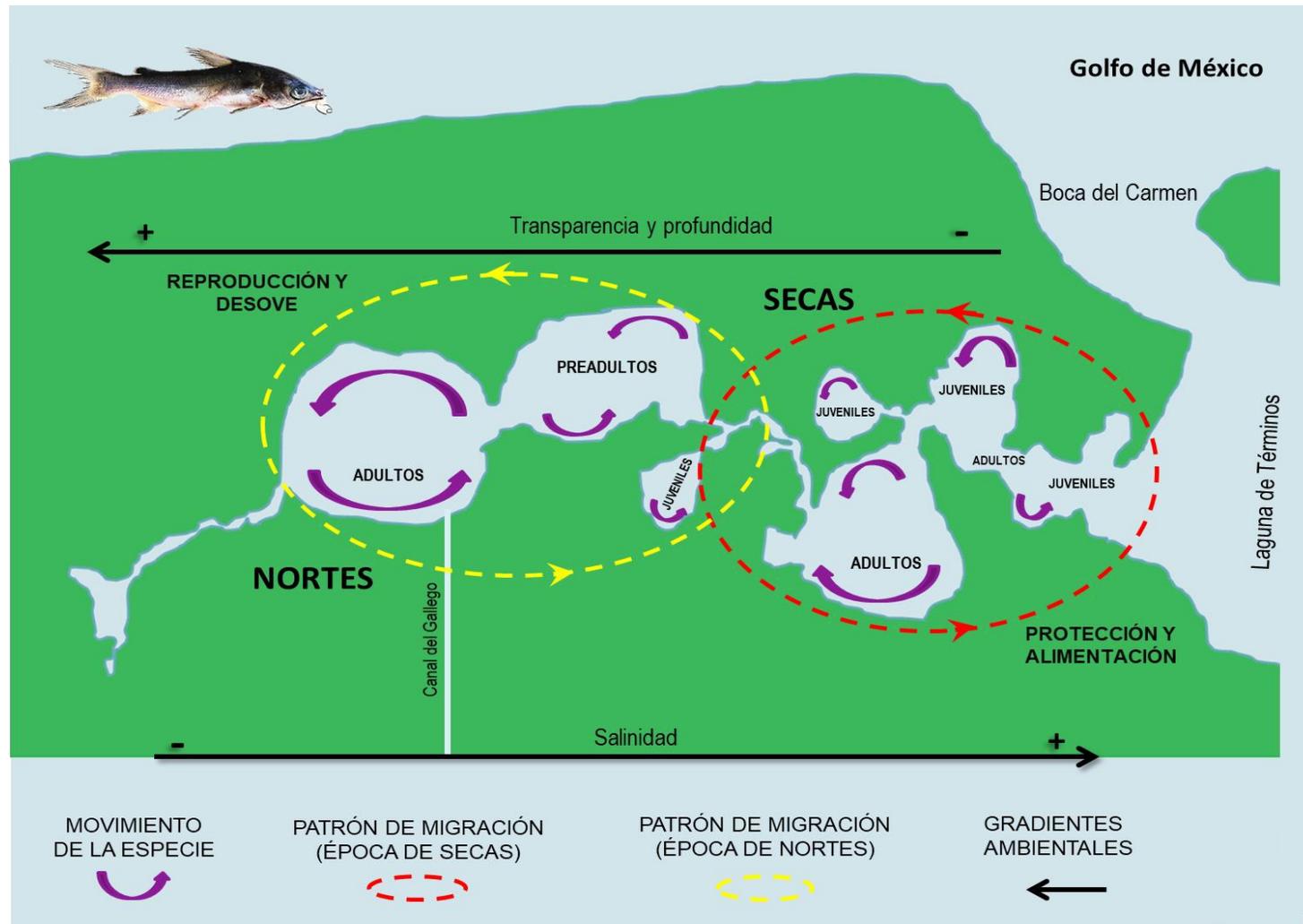


Figura 30. Modelo del ciclo de *Cathorops aguilae* en el sistema Pom-Atasta, se ilustra el patrón de migración de juveniles, preadultos y adultos en el sistema.

La población de *Eugerres plumieri* presentó el mayor número de individuos y peso en el hábitat oligohalino. En relación a las épocas climáticas, se presentó el mayor número de individuos en nortes, en tanto que el mayor peso y longitud promedio se presentó en secas (tabla 13). La evaluación de los estadios de madurez permitió determinar que la mayoría de las hembras y machos capturados aún eran juveniles, principalmente en fases I y II (tabla 14), mientras que los individuos en etapas adultas fueron escasos. La especie se distribuye en los distintos hábitats de Pom-Atasta, sin embargo, con los datos abundancia, biomasa, talla y madurez se pudo establecer un patrón de utilización durante las distintas épocas climáticas (Fig. 31). Durante la época de nortes prevalece una población juvenil (fase I y II) de machos, hembras e individuos indeterminados en el sistema, sin embargo, se presentó un mayor número de estos en el hábitat oligohalino (estaciones 5 a 10), donde las condiciones son de mayor profundidad y transparencia. Así mismo, los individuos en maduración, maduros y en reproducción son menos abundantes y se presentaron con mayor frecuencia en este hábitat, principalmente en la laguna de Atasta.

Durante la época de secas predominó una mayor cantidad de hembras y machos juveniles (fase I y II), en el hábitat oligohalino, durante esta época solo se presentó 1 individuo indeterminado, los individuos madurando (fase III) presentaron su mayor abundancia en la laguna de Atasta, en tanto que individuos maduros y en reproducción fueron escasos, solo se presentó 1 individuo desovado (fase VI) en la laguna de Pom. En la época de lluvias se presentó la menor cantidad de individuos, sin embargo, la mayor abundancia se presentó en el hábitat mesohalino

principalmente con individuos indeterminados. Los individuos en maduración y maduros (fase III y IV) fueron escasos y se presentaron en el hábitat oligohalino, en la laguna de San Carlos.

Tabla 13

Número de individuos, peso y longitud promedio de *Eugerres plumieri* durante la época de secas, lluvias y nortes.

Estación	Número de individuos			Peso (g)			Longitud Promedio (cm)		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
1	1	0	1	65.4		69.2	19.2		18.1
2	12	0	19	1608.25		2675.8	21.87		21.5
3	6	1	13	365.58	85.9	891.3	17.5	19.6	17.3
4	34	12	7	2235	82.2	277.3	17.3	7.8	13.8
5	26	2	41	2266.89	419.5	2425.2	18.6	26.7	16.4
6	18	0	58	1325.14		1028.6	18.84		8.9
7	13	2	39	1085.95	280.7	2079.2	19.67	22.7	15.1
8	28	4	18	2788.98	158.9	1518.2	19.05	15.27	18.7
9	17	0	12	2934.73		1057.1	23.22		19.1
10	8	0	2	887.89		201.1	20.2		19
Total	163	21	210	15563.81	1027.20	12223	19.5	18.4	16.8

Tabla 14

Proporción de sexos y fases de madurez gonádica de *Eugerres plumieri* durante secas, lluvias y nortes (**M:** Machos, **H:** Hembras, **Ind:** Indeterminados).

Estación	Proporción de sexos			Fases de madurez		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
1	H: 1		H:1	Fase II: 1		Fase II: 1
2	M: 8 H: 4		M: 12 H: 7	Fase I: 1 Fase II: 3 Fase III: 5 Fase IV: 2 Fase V: 1		Fase I: 1 Fase II: 10 Fase III: 8
3	M: 3 H: 3	H: 1	M: 11 H: 2	Fase I: 3 Fase II: 1 Fase III: 2	Fase II: 1	Fase I: 6 Fase II: 3 Fase III: 2 Fase IV: 2
4	M: 13 H: 21	M: 4 H: 1 Ind: 7	M: 1 H: 6	Fase I: 16 Fase II: 8 Fase III: 10	Fase I: 12	Fase I: 5 Fase II: 1 Fase III: 1
5	M:11 H: 14 Ind: 1	H: 2	M: 24 H: 17	Fase I: 10 Fase II: 13 Fase III: 1 Fase IV: 1	Fase III: 1 Fase IV: 1	Fase I: 29 Fase II: 11 Fase III: 1
6	M: 7 H:11		M: 5 H: 5 Ind: 48	Fase I: 5 Fase II: 7 Fase III: 5 Fase IV: 1		Fase I: 54 Fase III: 3 Fase IV: 1
7	M: 9 H: 4	M: 1 H: 1	M: 21 H: 8 Ind: 10	Fase I: 3 Fase II: 4 Fase III: 5 Fase IV: 1	Fase II: 2	Fase I: 25 Fase II: 12 Fase III: 2
8	M: 8 H: 20	M: 2 H: 2	M:7 H:10 Ind: 1	Fase I: 9 Fase II: 11 Fase III: 7 Fase IV: 1	Fase I: 4	Fase I: 5 Fase II: 8 Fase III: 5

Tabla 14
(Continuación)

Estación	Proporción de sexos			Fases de madurez		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
9	M: 3		M: 4	Fase II: 8		Fase I: 3
	H: 14		H: 7	Fase III: 5		Fase II: 4
			Ind: 1	Fase IV: 2		Fase III: 4
				Fase V: 1		Fase IV: 1
10	M: 3		M: 1	Fase I: 2		Fase I: 1
	H: 5		H: 1	Fase II: 1		Fase IV: 1
				Fase III: 3		
				Fase IV: 2		

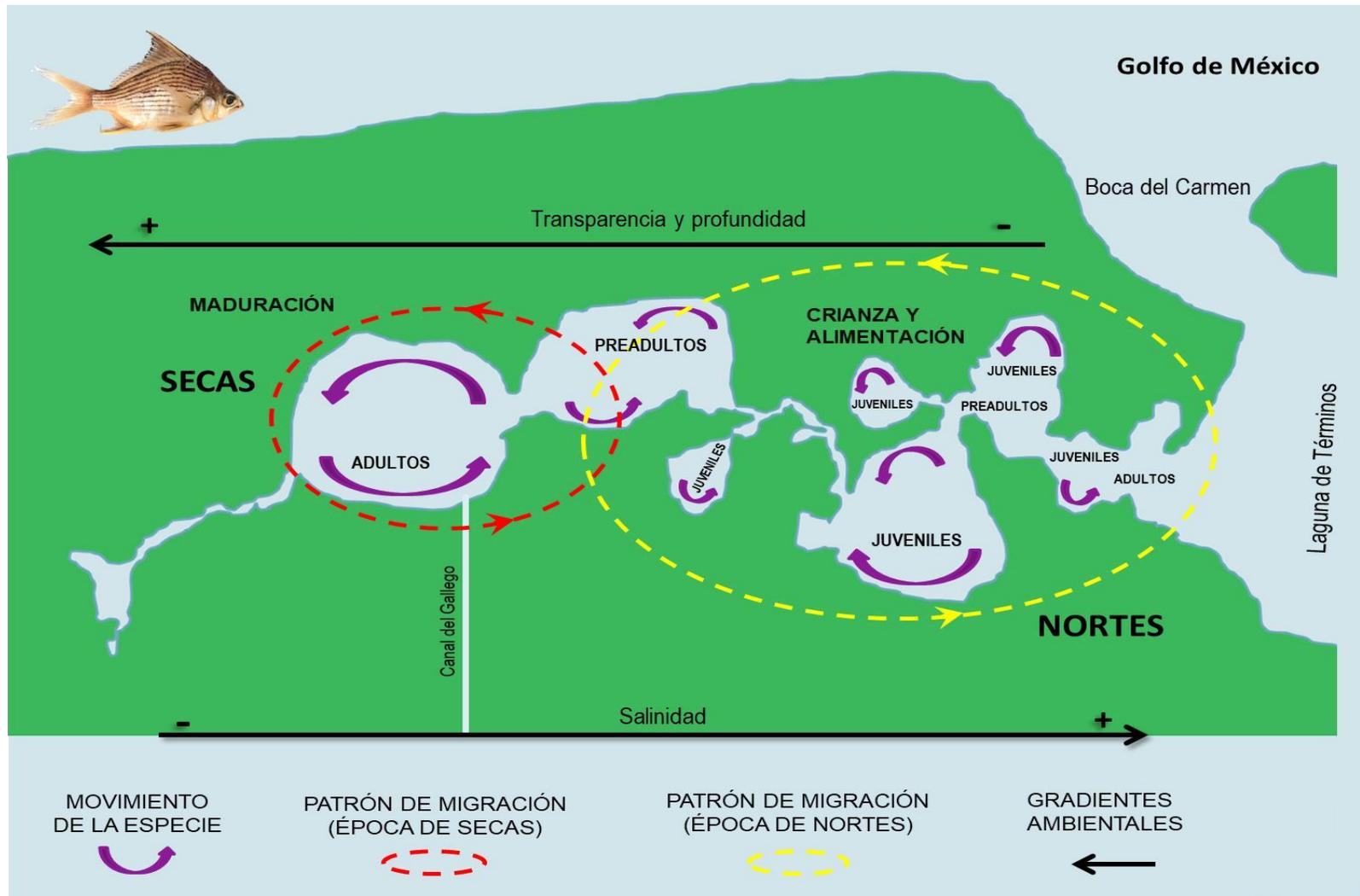


Figura 31. Modelo del ciclo de *Eugerres plumieri* en el sistema Pom-Atasta, se ilustra el patrón de migración de juveniles, preadultos y adultos en el sistema.

La población de *Diapterus rhombeus* presentó el mayor número de individuos y peso en el hábitat mesohalino. En relación a las épocas climáticas, se presentó el mayor número de individuos y peso en época de secas, en tanto que la mayor longitud promedio se presentó en época de nortes (tabla 15). La evaluación de los estadios de madurez permitió determinar que la mayoría de las hembras y machos capturados aún eran juveniles, principalmente en fase I (tabla 16), los individuos en etapas adultas fueron escasos. La especie se distribuye en los distintos hábitats de Pom-Atasta, la variación en los datos abundancia, biomasa, talla y madurez durante las distintas épocas climáticas permitió establecer un patrón de uso de la laguna Pom-Atasta por la especie (Fig. 32). De manera general, durante las épocas de secas, lluvias y nortes se observó que prevalece una población juvenil (fase I y II) de machos y hembras en el hábitat mesohalino (estaciones 1 a 4), donde las condiciones son de menor profundidad y transparencia. Durante la época de secas se presentó el mayor número de individuos madurando (fase III) y maduros (fase IV) en el hábitat oligohalino.

Tabla 15

Número de individuos, peso y longitud promedio de *Diapterus rhombeus* durante la época de secas, lluvias y nortes.

Estación	Número de individuos			Peso (g)			Longitud Promedio (cm)		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
1	45	0	9	173.5	0	23.6	7.26	-	6.3
2	23	3	12	228.34	9.8	29.8	8.87	5.7	6.4
3	23	0	28	91.66	0	128.09	7.15	-	7.4
4	60	14	20	268.69	32.8	44.1	7.05	6.3	6.1
5	1	0	37	0.86	0	122.79	4.8	-	6.9
6	20	0	0	77.39	0	-	7.29	-	
7	25	0	1	89.47	0	0.6	7.04	-	4.5
8	7	0	1	19.66	0	2.5	6.57	-	6.1
9	0	0	3	0	0	9.2	0	-	7.1
10	1	0	0	3.1	0	0	6.5	-	
Total	205	17	111	952.6	42.6	360.6	6.3	6	6.4

Tabla 16

Proporción de sexos y fases de madurez gonádica de *Diapterus rhombeus* durante secas, lluvias y nortes (**M**: Machos, **H**: Hembras, **Ind**: Indeterminados).

Estación	Proporción de sexos			Fases de madurez		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
1	M: 20		M: 4	Fase I: 37		Fase I: 7
	H: 23		H: 5	Fase II: 3		Fase II: 2
	Ind: 2			Fase III: 3		
2	M: 20	M: 2	M: 7	Fase I: 4	Fase I: 3	Fase I: 10
	H: 23	H: 1	H: 4	Fase II: 3		Fase II: 2
	Ind: 1		Ind: 1	Fase III: 9		
3	M: 8		M: 11	Fase I: 19		Fase I: 17
	H: 15		H: 11	Fase II: 2		Fase II: 4
			Ind: 6	Fase III: 2		Fase III: 7
4	M: 30	M: 8	M: 7	Fase I: 33	Fase I: 11	Fase I: 18
	H: 26	H: 6	H: 3	Fase II: 12	Fase II: 1	Fase II: 2
	Ind: 4		Ind: 10	Fase III: 3		Fase III: 1
				Fase IV: 8	Fase IV: 1	

Tabla 16
(Continuación)

Estación	Proporción de sexos			Fases de madurez		
	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes
5	Ind: 1		M: 24 H: 9 Ind: 4			Fase I: 26 Fase II: 7 Fase III: 2 Fase IV: 2
6	M: 10 H: 10			Fase I: 15 Fase II: 2 Fase III: 1 Fase IV: 2		
7	M: 10 H: 15		Ind: 1	Fase I: 23 Fase II: 1 Fase III: 1		Fase I: 1
8	M: 6 H: 1		M: 1	Fase I: 3 Fase II: 4		Fase I: 1
9			M: 3	Fase I: 3		Fase I: 3
10	H: 1			Fase I: 1		

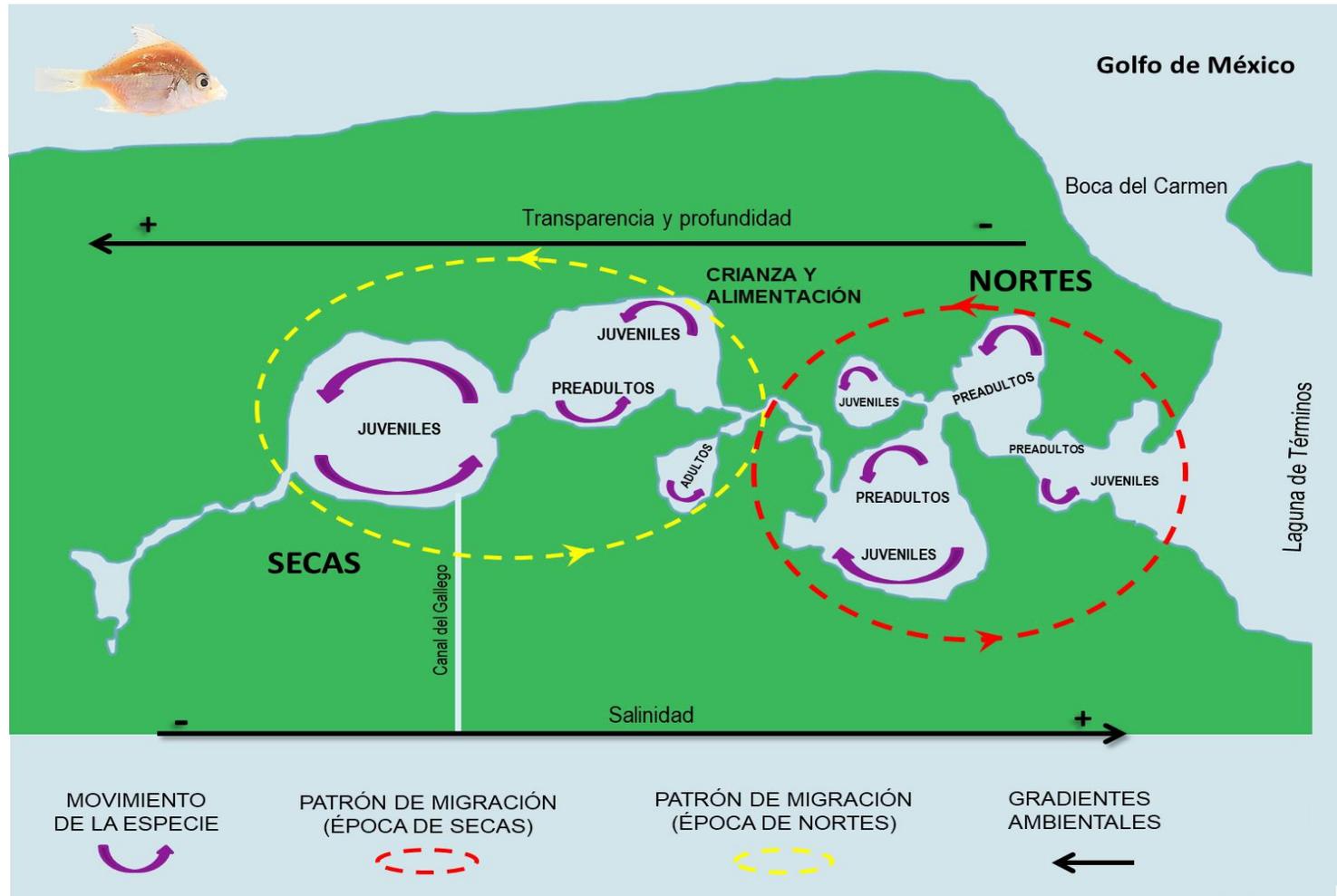


Figura 32. Modelo del ciclo de *Diapterus rhombeus* en el sistema Pom-Atasta, se ilustra el patrón de migración de juveniles, preadultos y adultos en el sistema.

DISCUSIÓN

Comportamiento ambiental

En el sistema Pom-Atasta la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en escala espacial y temporal están determinados por procesos hidrometeorológicos estacionales de la región, tal como la precipitación y el régimen de vientos dominantes del sureste en primavera-verano y del norte en otoño-invierno, así como el patrón de circulación del agua de la Laguna de Términos y su influencia sobre el sistema (Aguirre-León *et al.*, 2010). Relacionado con lo anterior, Yáñez-Arancibia y Day (1988) han reconocido que en el sur del Golfo de México se pueden distinguir tres épocas climáticas (lluvias, secas y nortes), estos cambios estacionales influyen en las variaciones espaciales y temporales de las variables fisicoquímicas y estos, con los atributos de la comunidad (Kjerfve, 1994; Sanderson y Taylor, 2003).

La variación espacial de la salinidad, presentó un comportamiento similar durante los muestreos, presentando características mesohalinas en la parte este del sistema (estaciones 1 a 4), debido a la interacción de la boca de conexión de Pom-Atasta con la Laguna de Términos, que permite mayor entrada de agua estuarina y oligohalino en el extremo oeste (estaciones 5 a 10), ya que la longitud del canal Río Torno Largo atenúa el intercambio de agua y el efecto de la marea al interior del sistema (Gutiérrez-Estrada *et al.*, 1982). Este comportamiento hidrológico se presenta durante las tres épocas climáticas en el sistema (Aguirre-León *et al.*, 1998).

La variación temporal de la salinidad en Pom-Atasta muestra una tendencia relacionada con las épocas climáticas en la región. Se registraron valores altos durante febrero en los diferentes años estudiados, así como en abril 2008 y marzo 2009 que corresponden a la época de secas, esto como resultado en la disminución de la precipitación y el incremento en la insolación y evaporación. Por el contrario en los meses de la época de “nortes” se registraron los valores de salinidad más bajos como ocurrió en octubre 2005 y noviembre 2008 relacionado con los vientos del norte en esta época, que mueven el agua de menor salinidad hacia la boca de conexión contrarrestando el efecto de la marea en el sistema (Aguirre-León *et al.*, 2010).

No obstante, que en la superficie del agua se registró valores más altos de temperatura no se observó una estratificación térmica. La poca variación entre estaciones se debe a que es un sistema somero y con buena mezcla vertical generada por los vientos, y el recambio de agua por la interacción con Laguna de Términos (Aguirre-León *et al.*, 1998). Este comportamiento ha sido observado en otros sistemas lagunares similares como la Laguna de la Mancha en Veracruz (Snedden *et al.* 2013; Díaz-Ruiz *et al.* 2018).

La variación temporal se relacionó con patrones climáticos en la región, durante los meses de febrero que termina la época de nortes y principia la época de secas se registraron los valores más bajos de temperatura, debido a que la temperatura del agua en la región desciende durante meses de nortes (Aguirre-León *et al.* 2010).

Con respecto a los niveles de oxígeno en la columna de agua, la concentración es mayor en superficie como resultado de los procesos de advección. El oxígeno es mayor en la parte este del sistema debido a los procesos de mezcla y corrientes que ocurren en las cercanías de la boca de conexión del sistema (Lara-Domínguez *et al.*, 2006). Los valores bajos se presentaron en la laguna de Pom, al ser una laguna encerrada se presenta una dinámica del agua tranquila y una mayor acumulación de materia orgánica, que tiene como consecuencia que la concentración de oxígeno disuelto disminuya rápidamente (Lazarus *et al.*, 2006).

Temporalmente, la mayor y menor concentración de oxígeno se presentó en época de nortes, mayor en los meses de febrero como resultado del efecto constante de los vientos más fríos que favorece la disolución del oxígeno en la columna de agua (Aguirre-León *et al.*, 2014) y menor durante los meses de octubre que comienza esta época, es importante destacar que el oxígeno es uno de los constituyentes no-conservativos más estudiados en ecosistemas acuáticos (Packard *et al.*, 1969), por lo cual se presentan variaciones distintas.

La profundidad del sistema refleja la dinámica de sus aguas determinadas por la interacción con laguna de Términos, siendo menos profundo en su boca de conexión y más profundo hacia la cabecera. La transparencia es menor en la parte este del sistema por efecto de la mezcla e intercambio de agua a través de la boca de conexión del sistema con la Laguna de Términos (Aguirre-León *et al.*, 1998).

Temporalmente la profundidad es mayor durante los meses de octubre, debido a que es el término de la temporada de lluvias en la región. La transparencia es mayor en temporada de secas debido a que en esta época disminuye la precipitación y predominan los vientos del sureste presentándose una dinámica del agua más tranquila condicionada por la entrada de agua desde la Laguna de Términos.

Composición ictiofaunística

El análisis de la composición de especies registradas fue de 59, en otros estudios realizados en este sistema Amezcuca Linares y Yáñez Arancibia (1980) registraron 33 especies, mientras que Aguirre-León *et al.*, (1998) reportaron 53 especies y Ayala-Pérez (2006) 49 especies. Cabe destacar que se trata de estudios de diferentes periodos de tiempo, por lo que ocurren cambios significativos en la composición. Sin embargo, con base en el registro de especies en el estudio y la síntesis de la literatura antes mencionada de registros de Pom-Atasta, la comunidad está formada al menos por 87 especies. Dentro de la composición, a partir del año 2007, se registró la presencia de especies exóticas en el sistema como *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo), *Pterygoplichthys pardalis* y *Pterygoplichthys disyuntivus* (pez diablo), las cuales han sido identificadas como uno de los riesgos ambientales más críticos (Hopkins, 2001), a los que actualmente se enfrentan los hábitats acuáticos por los cambios en las características físicas del agua, así como por el desplazamiento y competencia de las especies nativas. La especie *O. niloticus* ha sido reportada como dominante en el sistema lagunar Chica-Grande (Veracruz) por Aguirre-León *et al.*, (2014) en ambientes de baja salinidad y mayor descarga de los ríos. Esta especie también ha sido reportada por Castillo-Rivera *et al.*, (2005), Díaz-

Ruiz *et al.*, (2003) y Velázquez-Velázquez *et al.*, (2008). Así mismo, los bagres loricáridos (*P. pardalis* y *P. disyuntivus*) denominados plecós o peces diablo, han sido reportados en el estado de Chiapas y en el estado de Tabasco, en numerosos lugares de los ríos Usumacinta y Grijalva (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007). Particularmente, en el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos y en los sistemas fluvio-lagunares Pom-Atasta y Palizada del Este en estudios previos a 2006, dichas especies no formaban parte de las comunidades de peces (Amezcuá-Linares y Yáñez-Arancibia 1980; Aguirre-León *et al.*, 1998 y Ayala-Pérez, 2006). Sin embargo, Ayala-Pérez *et al.*, (2014) ya identifica esta especie como dominante en el sistema Palizada del Este y abundante en Pom-Atasta. Durante este estudio el primer registro fue en octubre 2007. Pom-Atasta no tiene ríos asociados, sin embargo, estas especies se registraron en estaciones de condiciones de baja salinidad como la laguna Pom, esto sugiere que han desarrollado estrategias que le permiten penetrar al sistema para realizar etapas de su ciclo de vida, convirtiéndose en un riesgo actual de la modificación de las características del hábitat y de la estructura de la comunidad íctica de Pom-Atasta.

Diversidad de la comunidad

En el sistema, la diversidad y riqueza espacial mostraron una relación estacional con la salinidad, con valores altos en el hábitat mesohalino (estaciones 1 a 4), debido a la mayor concurrencia de especies marinas como la especie *Syngnathus lousinae* y *Syngnathus scovelli* del componente marino estenohalino, además de las especies marinas eurihalinas como *Caranx hippos*, *Chloroscombrus chrysurus* y *Menticirrhus americanus*. Este comportamiento es similar a lo reportado para otras

lagunas, como en la Laguna de Pueblo Viejo (Castillo-Rivera *et al.*, 2002) y laguna La Mancha (Díaz-Ruiz *et al.*, 2018), donde la mayor diversidad y riqueza se presentaron en ambientes cercanos a la boca de conexión. Los valores más bajos se presentaron en las lagunas de Pom y Atasta, donde las condiciones son oligohalinas, mostrando que son pocas las especies que poseen las estrategias biológicas y ecológicas para permanecer en este hábitat (Able, 2005), como la especie *Thorichthys helleri* del componente dulceacuícola y las especies *C. aguadulce*, *E. plumieri*, *D. rhombeus* y *H. sabinus* del componente marino eurihalino.

Se ha señalado que en los ecosistemas acuáticos la vegetación sumergida genera heterogeneidad del hábitat, influyendo de manera favorable en la composición de especies de peces permitiendo una mayor riqueza y diversidad (Rozas y Odum, 1988; Lubbers *et al.*, 1990; Hook, 1991), los ceibadales en Pom-Atasta actualmente son escasos como lo reportaron Gutiérrez-Estrada *et al.*, (1982) y Barreiro-Guemes y Aguirre-León (1995). Sin embargo, se ha establecido la importancia ecológica de otras áreas de vegetación como manglar que son hábitats que proporcionan zonas de reproducción, protección y crecimiento de numerosas especies de peces en ausencia de vegetación sumergida (Aguirre-León y Díaz-Ruiz 2000; Díaz-Ruiz *et al.*, 2003; Márquez y Jiménez, 2002). Pom-Atasta es un sistema con una superficie significativa de mangle rojo en sus riberas, lo cual determina que las especies de peces utilicen estos ambientes de manera regular (Aguirre-León *et al.*, 1998 y 2010), ya que propician oportunidades de alimentación y protección muy importante para peces juveniles (Tse *et al.*, 2008).

Los cambios temporales de la diversidad y riqueza están determinados por las condiciones hidrológicas del sistema. Así, la diversidad fue mayor en la época de secas (abril 2008) debido a la mayor abundancia de especies como *E. gula* y *Sphoeroides testudineus*, así como a la presencia de especies marinas eurihalinas como *O. beta*, *Symphurus civitatum*, *T. lepturus* y *Synodus foetens* que solo se presentaron durante este mes. La riqueza mostró los valores más altos hacia el final de la temporada de lluvias (septiembre) y principio de nortes (octubre) debido a que ingresan al sistema un mayor número de especies de origen marino para desovar (Aguirre-León *et al.*, 1998), y al incremento de grandes cantidades de materia orgánica alóctona y nutrientes dentro del sistema por escurrimientos, incrementando la disponibilidad de alimento y favoreciendo el ingreso de más especies al sistema como lo observó Castillo-Rivera *et al* (1994) en la Laguna de Pueblo Viejo en la costa norte de Veracruz. El comportamiento espacial y temporal de la equitatividad está relacionado con las variaciones de la abundancia de especies dominantes como *C. aguadulce* y *E. plumieri*.

Abundancia de la comunidad

La densidad y biomasa en el sistema fueron mayores en áreas cercanas a la boca de conexión en el hábitat mesohalino, debido al desplazamiento de especies del mar hacia Laguna de Términos y los sistemas asociados. Este comportamiento ha sido observado en otras lagunas costeras del Golfo de México por Aguirre-León *et al.* (2014) y Díaz-Ruiz *et al.* (2018). El peso promedio presentó los valores más altos en el hábitat oligohalino, principalmente en la laguna de Pom, debido a los patrones de migración estacional de las especies *C. aguadulce*, *E. plumieri* y *D.*

rhombeus durante sus ciclos de vida (Arceo-Carranza *et al.*, 2010; Díaz-Ruiz *et al.*, 2012).

Relación especies-hábitat

La relación especies-hábitat mostró que la salinidad, temperatura, profundidad y transparencia fueron las variables más importantes en la variación de la composición y distribución de la comunidad de peces de Pom-Atasta. De esta manera el conjunto de especies asociadas a condiciones de menor salinidad con abundancias bajas a intermedias son principalmente del componente marino eurihalino como *Bagre marinus*, *Bairdiella chrysoura*, *Cynoscion nothus*, *Chloroscombrus chrysurus* y *Symphurus plagiusa* que han sido reportadas como especies que utilizan el sistema con fines de crianza y alimentación, cabe destacar que las especies exóticas *Pterygoplichthys pardalis*, *Pterygoplichthys disyuntivus* y *Oreochromis niloticus*, también se encuentran en este grupo. Especies como *Thorichthys helleri* y *Atractosteus tropicus* del componente dulceacuícola se registraron en laguna Loros (estación 2) durante la época de nortes, debido a que las condiciones son de menor salinidad. Así mismo especies como *Synodus foetens*, *Caranx hippos*, *Archosargus probatocephalus*, *Gobionellus oceanicus* y *Trichiurus lepturus* no muestran una afinidad por alguno de los hábitats presentes, debido a que estas especies son consideradas como visitantes ocasionales (Amezcu-Linares y Yáñez-Arancibia, 1980) y no muestran un patrón estacional definido. El grupo de especies con alta abundancia son *C. aguadulce*, *E. plumieri* y *D. rhombeus* que se caracterizan por tolerar amplias variaciones de salinidad y utilizan el sistema para reproducción, crianza, protección, alimentación y

maduración. Las asociaciones de peces observadas en Pom-Atasta, son similares a las encontradas en otros sistemas costeros del Golfo de México (Díaz-Ruiz *et al.*, 2003; Arceo-Carranza *et al.*, 2010; Díaz-Ruiz *et al.*, 2018).

Análisis de poblaciones y modelos diagramáticos

El análisis de las especies dominantes reflejo sus adaptaciones y ciclos de vida típicamente estuarinos en Pom-Atasta, su alta abundancia y distribución reflejan su éxito ecológico favoreciendo su permanencia durante la mayoría de los muestreos realizados. La población de ***Cathorops aguilace*** está conformada por individuos con tallas mayores a las reportadas por otros estudios realizados en la región costera de Campeche (Lara-Domínguez *et al.* 1981; Ayala-Pérez *et al.* 2008) y otros sistemas como la Laguna de Mecoacán (Reyes-Ramírez *et al.* 2017). Se distribuye con mayor abundancia de hembras y machos juveniles en el hábitat mesohalino donde la salinidad es mayor y la transparencia menor, así, este bagre utiliza este hábitat con fines de crianza y alimentación. Individuos preadultos y adultos prevalecen con mayor abundancia en el hábitat oligohalino principalmente en las lagunas de Pom y Atasta, debido a que la especie desova e incuba en condiciones de baja salinidad, alta turbidez y temperatura (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez 1988). Las características fisicoquímicas durante las épocas climáticas cambian en los hábitats de Pom-Atasta y condicionan la distribución y abundancia de esta especie, así, durante la época de secas prevalece una abundante población juvenil debido a que durante esta época la especie se encuentra escasamente representada en Laguna de Términos, siendo más abundante en los sistemas fluvio-deltaicos (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985). Durante la época de nortes el hábitat

oligohalino de la especie se amplía, como resultado de los vientos del Norte que durante esta época empujan el agua en dirección a la boca de conexión con Laguna de Términos (Aguirre-León *et al.*, 1998), registrándose individuos maduros en las lagunas de Puerto Rico, Palmas y San Carlos. La presencia de individuos en fase reproductiva durante ambas épocas climáticas, indican que la especie tiene un comportamiento de reproducción continuo (Lara-Domínguez *et al.* 1981; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez *et al.* 1988), evidenciando la importancia de sistemas como Pom-Atasta para el desarrollo de su ciclo de vida. Se ha reportado que durante el periodo de lluvias ocurre la época de reproducción para esta especie en los sistemas fluvio lagunares (Lara-Domínguez *et al.* 1981), sin embargo, debido a que en este estudio son escasos los muestreos durante esta época no se registró ningún individuo adulto, registrando la menor abundancia de individuos.

La población de *Eugerres plumieri* está conformada por individuos con tallas mayores a las reportadas en estudios realizados en Laguna de Términos (Aguirre-León *et al.* 1982), (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia 1986) y el sistema Pom-Atasta (Aguirre-León y Díaz-Ruiz 2000), así como en otros sistemas lagunares (Venezuela) como la Laguna de Tacarigua (Gassman y López-Rojas 2015). Esta mojarra se distribuye preferentemente con mayor abundancia de juveniles, preadultos y adultos en el hábitat oligohalino, donde la profundidad y transparencia es mayor, no obstante que en el hábitat mesohalino la abundancia es menor, también se registran individuos juveniles y preadultos, al ser una especie típicamente estuarina con gran capacidad euritermohalina migra a este sistema en busca de áreas de crianza y alimentación (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia 1986), por lo cual se encuentran en

todo el sistema. Durante la época de secas prevalece una mayor abundancia de individuos preadultos y adultos a diferencia de la época de nortes donde la población está conformada en su mayoría por individuos juveniles. Así individuos adultos están mejor representados en los sistemas fluvio lagunares y en el litoral interno de la Isla del Carmen, durante la época de secas (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia 1986).

No obstante que las fases reproductivas fueron escasas, la presencia de individuos en fase reproductiva durante las épocas climáticas, indican que la especie tiene un amplio periodo de reproducción, razón por la que esta mojarra destaca como especie importante de ambientes estuarinos por su abundancia numérica y biomasa a lo largo del año, por lo que es un recurso comercial en la región y en otras lagunas costeras del Golfo (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia 1986).

La población de ***Diapterus rhombeus*** en Pom-Atasta está conformada por individuos de tallas menores a las reportadas en Laguna de Términos (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia 1986) y en Pom-Atasta por Aguirre-León y Díaz-Ruiz (2006). La preferencia de esta especie por los ambientes lagunares es de tallas juveniles (Aguirre-León *et al.* 1982), sin embargo, se han reportado tallas adultas (40 cm LT) en estos ambientes, particularmente en aguas estuarinas de Venezuela (Cervigón 1966). Esta mojarra se distribuye como juvenil preferentemente en el hábitat mesohalino, no obstante, se registran muy pocos individuos en el hábitat oligohalino. De acuerdo con lo anterior, la distribución espacial y temporal está relacionada con estrategias alimenticias, crecimiento y maduración de su ciclo biológico, ya que durante las distintas épocas climáticas prevalece una población juvenil, sin

embargo, durante la época de nortes se registran pocos individuos preadultos, lo que sugiere que durante esta época *D. rhombeus* utiliza otros ambientes de la región para madurar. La escasa presencia de individuos maduros corresponde con lo propuesto por Aguirre-León y Yáñez-Arancibia (1986) para el sur del Golfo de México, quienes sugieren que la especie migra a zonas someras de la plataforma continental adyacente a la Laguna de Términos para realizar su reproducción.

El análisis de la distribución de las tres especies dominantes reflejó sus adaptaciones en la utilización en el sistema Pom-Atasta, observándose una alternancia estacional y espacial de las especies en los dos hábitats. Al respecto *Cathorops aguadulce* es la especie que predomina en todo el sistema, en tanto que *Eugerres plumieri* muestra afinidad por el hábitat oligohalino y *Diapterus rhombeus* por el hábitat mesohalino, lo que indica que han podido adaptar sus estrategias alimenticias, reproductivas de crianza y protección, favoreciendo la coexistencia, así como la explotación óptima de los recursos en Pom-Atasta, lo cual evidencia su permanencia y éxito ecológico.

CONCLUSIÓN

Las variación espacial y temporal de las variables ambientales condicionan la distribución y abundancia de la comunidad de peces en Pom-Atasta, principalmente la salinidad. Así mismo, el análisis de la información presentada permitió comprender el estado actual de la dinámica de la comunidad de peces del sistema, identificando el declive de poblaciones y la presencia de especies exóticas en Pom-Atasta. Esto constituye un punto de partida actual para evaluaciones posteriores, que permitan comparar y dar cuenta del efecto que tiene la pesca artesanal, así como la captura incidental y la presencia de especies exóticas en Pom-Atasta. Así mismo, priorizar la dependencia ecológica de las especies de peces y sus estrategias biológicas acopladas a estos hábitats en distintas escalas espacio-temporales. Este estudio permite comprender los procesos ecológicos que ocurren en ecosistemas similares e identificar hábitats prioritarios para poder proporcionar las bases necesarias y contribuir a la conservación de su biodiversidad y protección como área prioritaria de alimentación, crianza, protección y reproducción de los recursos pesqueros en la región, lo cual permita actualizar de manera adecuada el Plan de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”, el cual también cuenta con categoría de sitio Ramsar.

BIBLIOGRAFÍA

Able, K. W. 2005. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 6, 5-17.

Aguirre-León, A., Yáñez-Arancibia A., y Amezcua-Linares, F. 1982. Taxonomía, diversidad, distribución y abundancia de las mojarra de la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces: Gerreidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 9(1), 213–250.

Aguirre-León, A., y Yáñez-Arancibia, A. 1986. Las mojarra de la Laguna de Términos, Campeche: Taxonomía, biología, ecología y dinámica trófica (Pisces: Gerreidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 13, 369-444.

Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S., y Bernal-Becerra, A. 1998. Ecología de peces en sistemas Fluvio-Deltaicos: Estudio para el Sistema Pom-Atasta en Campeche. Serie Académicos. México: CBS, UAM-Xochimilco.

Aguirre-León, A., y Díaz-Ruiz, S. 2000. Estructuras de tallas, madurez gonádica y alimentación de *Eugerres plumieri* (Gerreidae) en el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, México. *Ciencias Marinas*, 26(2), 253-273.

Aguirre-León, A., y Díaz-Ruiz, S. 2006. Estructura de tallas, madurez gonádica y alimentación del pez *Diapterus rhombeus* en el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, Campeche. México. *Revista de Biología Tropical*, 54 (2), 599-611.

Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S., y Ramírez-Huerta, A. 2010. Ecología de peces dominantes costeros tropicales. Estudio para el sistema fluvio-deltaico Pom Atasta, Campeche. Serie Académicos. México: CBS, UAM-Xochimilco.

Aguirre-León, A., Pérez-Ponce, H. E., y Díaz-Ruiz, S. 2014. Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 62, 145-163.

Amezcu-Linares, F., y Yáñez-Arancibia, A. 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 69-118.7 (1).

Arceo-Carranza, D., Vega-Cendejas, M. E., Montero-Muñoz, J. L., y Hernández de Santillana, M. J. 2010. Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 823-837.

Ayala-Pérez, L. A. 2006. Modelo de simulación de la comunidad de peces en el área natural protegida Laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México, D.F. 208.

Ayala-Pérez, L. A., Ramos-Miranda, J., Flores-Hernández, D., Vega-Rodríguez, B. I., y Moreno-Medina, U. C. 2008. Biological and ecological characterization of the catfish *Cathorops melanopus* off the coast of Campeche, Mexico. *Ciencias Marinas*, 34 (4), 453-465.

Ayala-Pérez, L. A., Terán-González, G. J., Flores-Hernández, D., Ramos-Miranda, J., y Sosa-López, A. 2012. Spatial and temporal variability of fish community abundance and diversity off the coast of Campeche, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(1): 63-78.

Ayala-Pérez, L. A., Pineda-Peralta, A. D., Álvarez-Guillen, H., y Amador-Del Ángel, L. E. 2014. El pez diablo (*Pterygoplichthys spp.*) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. En A. M. Low-Pfeng, A. Quijón y E. Peters-Recagno (Eds.), *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México* (pp. 313–336). México, D.F.: Semarnat/INECC-UPEI.

Barreiro-Güemes, M.T., y Aguirre-León, A. 1995. Estructura y producción primaria de la comunidad de pastos marinos en el sistema fluvio-lagunar Pom-Atasta, Campeche, México. Memoria VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Mar del Plata, Argentina, 26.

Castillo-Rivera, M., Moreno, G., y Iniestra, R. 1994. Spatial, seasonal, and diel variation in abundance of the Bay Anchovy, *Anchoa mitchilli* (Teleostei: Engraulidae) in a tropical coastal lagoon of México. *The Southwestern Naturalist*, 39(3), 263-268.

Castillo-Rivera, M., Zavala-Hurtado, A., y Zárate-Hernández, R. 2002. Exploration of spatial and temporal patterns of fish diversity and composition in a tropical estuarine system of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 167-177.

Castillo-Rivera, M., Zárate-Hernández, R., y Ortiz-Burgos, S. 2005. Variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Revista Hidrobiológica*, 18, 227-238.

Castro-Aguirre, J. L., Espinosa-Pérez, H., y Schmitter-Soto, J. J. 1999. Ictiofauna Estuarino-Lagunar y Vicaria de México. *Limusa*, México. 704.

Cervigón, M. F. 1966. Los peces marinos de Venezuela. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación la Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Monografía. 11 y 12: 1-951.

Cervigón, M. F. 1991-1994. Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, 1-4.

Chávez López, R., Rocha Ramírez, A., y Ramírez Rojas, A. 2005. Cambios en los ensamblajes de peces del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Revista Digital Universitaria*, 6(8), 3-19.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2014. Peces comerciales de México: Golfo y Caribe. Fuentes de información: Arreguín-Sánchez, F., y Arcos Huitrón, E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y usos de los ecosistemas. *Revista Hidrobiológica*, 21(3):431-462; CONAPESCA, SAGARPA. 2012. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011 México; D.F. Diario Oficial de la Federación. 2012. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación, 24 de agosto de 2012; Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85. Elsevier: 450–59; IUCN 2016. La Lista Roja de Especies Amenazadas. Versión 2016.2.

De la Cruz-Agüero, G. 1994. ANACOM Sistema para el análisis de comunidades. Versión 3.0. México: CICIMAR-IPN

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Diario Oficial de la Federación. 6 marzo 2002, México D.F.

Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., y Pérez-Solís, O. 2000. Distribución y abundancia de *Syngnathus louisianae* y *Syngnathus scovelli* (Syngnathidae) en la Laguna de Tamiahua, Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 26 (1), 125-143.

Díaz-Ruiz, S., Pérez-Hernández, M. A., y Aguirre-León, A. 2003. Caracterización de los conjuntos de peces en una laguna costera tropical del noroeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 29(4B): 631-644.

Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., Calva-Benítez, L. G., y Barba-Macías, E. 2012. Comportamiento ambiental y estructura comunitaria de peces en el sistema Carretas-Pereyra, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas. En A. J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara, y R. Brito-Pérez (Eds.), Recursos acuáticos costeros del sureste (415-434 p). México: CONCIYTEY-UNAM.

Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., Mendoza-Sánchez, E., y Lara-Domínguez, A. L. 2018. Environmental factors influencing the ichthyofauna of the La Mancha lagoon, Ramsar site, Gulf of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 66(1): 246-265.

EPOMEX, 1993. Diagnóstico integral de la problemática ambiental de la region de Atasta, Campeche. Informe Técnico para PEMEX Exploración y Producción, Región Marina. ECOMAR, Programa de Ecología Pesquerías y Oceanográfica del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 128 p.

Etchevers, S.L. 1978. Maturity, spawning, growth and ectoparasites of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Pisces: Gerreidae) South of Margarita Island, Venezuela. *Bulletin of Marine Science*, 28, 385-3912.

Froese, R. y D. Pauly. 2019. FishBase. World Wide Web Electronic Publication. www.fishbase.org.

Gassman, J., y López-Rojas, H. 2015. Dinámica poblacional y explotación de la mojarra *Eugerres plumieri* en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua, Venezuela. *Ciencia*, 23, 181-188.

Gutiérrez-Estrada, M., Malpica Cruz, V. M., y Martínez-Reyes, J. M. 1982. Geomorfología y sedimentos recientes del sistema lagunar Pom-Atasta, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 9(1), 89-100.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., y Black, W.C. 2001. *Multivariate data analysis*. Madrid, España: Prentice Hall.

Hook, J. 1991. Seasonal variation in relative abundance and species diversity of fishes in South Bay. *Contributions in Marine Science*, 52, 127–141.

Hopkins, C.C.E. 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard, Research report 2001-1, Directorate for Nature Management.

Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoon Processes. Elsevier. New York 577.

Lara-Domínguez A.L., Yáñez-Arancibia, A., y Amezcua-Linares, F. 1981. Biología y ecología del bagre *Arius melanopus* Gunther (Pisces: Ariidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 8(1), 267–304.

Lara-Domínguez, A. L., Day, J. W., Yáñez-Arancibia, A., y Sainz-Hernández, E. 2006. A dynamic characterization of water flux through a tropical ephemeral inlet, La Mancha Lagoon, Gulf of Mexico. En V.P. Singh, y Y. Ju-Xu (Eds.), *Coastal hydrology and processes*, 413-422 p. Colorado: Water Resources Publication.

Lazarus, D., Bittniok, B., Diester-Haass, L., Meyers, P., y Billups, K. 2006. Comparison of radiolarian and sedimentologic paleoproductivity proxies in the latest Miocene–Recent Benguela Upwelling System. *Marine Micropaleontology*, 60: 269-294.

Levene, H. 1960. Robust test for equality on variance. En I. Olkin, S. G. Ghurye, W. Hoeffding, W. G. Madow, y H. B. Mann (Eds.), *Contributions of probability and statistics* (pp. 278-292). California: Stanford University.

Lubbers, L., Boynton, W. R. y Kemp, W. M. 1990. Variations in structure of estuarine fish communities in relation to abundance of submersed vascular plants. *Marine Ecology Progress Series*, 65: 1-14.

Margalef, R. 1969. *Perspectives in Ecological Theory*. The University of Chicago: University of Chicago.

Márquez, B., y Jiménez, M. 2002. Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 50, 1101-1112.

McGarigal, K., Cushman, S., y Stafford, S. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer-Verlag, Nueva York, EEUU.

Miller, R. R. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. México. CONABIO 559 p.

Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press Inc., New York, 352.

Packard, T. T. 1969. The estimation of the oxygen utilization rate in seawater from the activity of the respiratory electron system in plankton, Ph.D. Thesis, University of Washington, Seattle.

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13:131-144.

RAMSAR. 2008. Ficha informativa de los humedales de Ramsar. Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. 2008. 27:17.

Reyes-Ramírez, H. F., Álvarez-Pliego, R., Nicolás, Sánchez, Alberto J., y Salcedo, M. Á. 2017. Hábitos alimenticios de *Cathorops agudulce* (Siluriformes: Ariidae) en un ecosistema estuarino al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 27(2), 163-173.

Rozas, L. P., y Odum, W. E. 1988. Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes: Testing the roles of food and refuge. *Oecologia*, 77(1), 101-106.

Sanderson, P. G., y Taylor, D. M. 2003. Short-term water quality variability in two tropical estuaries, Central Sumatra. *Estuaries* 26 (1), 156-165.

Shannon, E.C. y Wiener, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, 119.

Snedden, G. A., Cable, J. E., y Kjerfve, B. 2013. Estuarine geomorphology and coastal hidrology. En J. W. Day, B. C. Crump, W. M. Kemp, y A. Yáñez-Arancibia (Eds.), *Estuarine ecology*, 19-38 p. Nueva Jersey: Willey & Sons.

Ter Braak, C. J. F., y Verdonschot, P. F. M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Science*, 57, 255-289.

Tse, P., Nip, T. H. M., y Wong, C.K. 2008. Nursery function of mangrove: A comparison with mudflat in terms of fish species composition and fish diet. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80, 235–242.

Velázquez-Velázquez, E., Vega-Cendejas, M. E., y Navarro-Alberto, J. 2008. Spatial and temporal variation of fish assemblage in a coastal lagoon of the Biosphere Reserve La Encrucijada, Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56, 557-574.

Venice System, 1959. The final resolution of the symposium on the classification of brackish waters. *Archives of Oceanography and Limnology*, 11 (supplement), 243-248.

Wakida-Kusunoki, A. T., Ruiz-Carus, R., y Amador del Ángel, E. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae) another exotic species established in Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 52 (1), 141-144.

Yáñez-Arancibia A., Lara-Domínguez, A. L., y Álvarez-Guillén, H. 1985. Fish community ecology and dynamic in estuarine inlets. En: Yáñez-Arancibia A. (Ed.). *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons*. UNAM-ICMyL, México. 685.

Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A. L., Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S., Amezcua Linares, F., Flores, D., y Chavance, P. 1985. Ecology of dominant fish population in tropical estuaries: Environmental factors regulating biological strategies and production. En A. Yáñez-Arancibia (Ed.), *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards an ecosystem integration* (pp. 311-366). México: Editorial Universitaria-UNAM.

Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos*. AGT, México. 189.

Yáñez-Arancibia, A., y Aguirre-León, A. 1988. Pesquerías en la región de la Laguna de Términos. En: Yáñez-Arancibia, A y J.W. Day Jr. (Eds.). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos*. Coast. Ecol. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México Inst. Coastal Studies Institute. Louisiana State University*. Ed. Universitaria. México.

Yáñez-Arancibia, A., y Day, J.W. 1988. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of Mexico. En: A. Yáñez-Arancibia y J.W. Day Jr. (Eds.), *Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. UNAM-ICMyL. México. 518.

Yáñez-Arancibia, A., y Lara-Domínguez, A. L. 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem southern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 49, 215-230.

Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A. L., Sánchez-Gil, P., y Day, J.W. 2007. Estuary-sea ecological interactions: a theoretical framework for the management of coastal environment. *In*: Withers, K.y Nipper, M. (Eds.) Environmental analysis of the Gulf of Mexico. The Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Special Publication No. 1. Corpus Christi (TX), Texas A & M University.

Zar, J. H. 1999. *Bioestadistical Analysis*. 4th Edition. Departament of Biological Sciences Northern Illiniois University. Prentice Hall. 663.