



# EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

Densidad y distribución espacio-temporal de los manatíes en el  
río San Pedro, Tabasco, México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría en Ciencias en  
Recursos Naturales y Desarrollo Rural

Con orientación en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales

Por

Biól. Gissel Puc Carrasco

2016



# El Colegio de la Frontera Sur

Jueves, 15 de diciembre de 2016.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Gissel Puc Carrasco

---

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

Densidad y distribución espacio-temporal de los manatíes en el río San Pedro,  
Tabasco, México

---

Para obtener el grado de **Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

	Nombre	Firma
Director	<u>Benjamín Morales Vela</u>	
Asesor	<u>David González Solís</u>	
Asesor	<u>León David Olivera Gómez</u>	
Sinodal adicional	<u>Dr. José Rogelio Cedeño Vázquez</u>	
Sinodal adicional	<u>Dra. María Angélica Navarro Martínez</u>	
Sinodal suplente	<u>Dra. Laura Carrillo Bibriezca</u>	

## **Dedicatoria**

A mis padres, quienes con su ejemplo, apoyo y amor me han convertido en la persona que soy, ustedes son el mejor regalo de mí vida. ¡Los amo!

Las sirenas poseen un arma aún más letal que su canto: su silencio y es posible que alguien haya logrado escapar de su canto; pero de su silencio, ciertamente jamás.

(Anónimo).

## **Agradecimientos**

A mi familia, que ha estado en todo momento conmigo y que, a pesar de la distancia, he sentido su apoyo incondicional. Un especial agradecimiento a mi madre, la Sra. Lilia Carrasco Gómez, por todo el amor y dedicación que me ha brindado para que yo realice mis sueños. A mi padre, que, aunque no esté en cuerpo, siempre vive en mi mente y en mi corazón.

A ti Carlos Clemente Acosta Tafoya por tus comentarios, apoyo y amor incondicional que siempre me has brindado a pesar de la distancia.

A Juan Enrique Mendoza Martínez por siempre ayudarme con mis dudas, y tenerme mucha pero mucha paciencia, pero sobre todo gracias por tu amistad y por el tiempo compartido.

A Manuel Hernández May y Carlos Clemente Acosta Tafoya por todo su apoyo en campo, y hacer un poco más feliz mis salidas a la aventura.

Al Dr. Benjamín Morales Vela director del trabajo de tesis, por su confianza, interés, apoyo y sugerencias para la mejora de este documento. Al Dr. León David Olivera Gómez por su apoyo incondicional, acertados consejos, entusiasmo, paciencia en la aclaración de mis dudas y amistad. De igual forma, quiero agradecer al Dr. David González Solís por siempre tener un espacio y tiempo para atender todas y cada una de mis dudas.

A mis sinodales Dr. José Rogelio Cedeño Vázquez, Dra. María Angélica Navarro Martínez y Dra. Laura Carrillo Bibriezca por todos sus comentarios para la mejora de este trabajo. Gracias por su atención y su tiempo.

Mil gracias a la familia Cruz-Flores por todo el apoyo en campo, por brindarme un techo y las mejores atenciones, pero sobre todo por adoptarme como un integrante más de su familia.

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por brindar todo lo necesario para realizar la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me permite ser parte de la maestría en el periodo 2015-2016 en El Colegio de la Frontera Sur.

Al proyecto: Distribución, movimientos, uso de hábitat y conectividad entre sitios clave para la población de manatíes en la cuenca hidrológica del Río Usumacinta y distribución espacial de la nutria de Río, por el apoyo económico para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos y colegas que me han acompañado en este viaje desde el principio; que hicieron más ameno, divertido y feliz la travesía por la maestría.

A aquellos amigos que aún sobreviven a pesar del tiempo y la distancia. En verdad gracias, pues a pesar de todo siguen conmigo dándome ánimos en todo el camino, compartiendo risas y aventuras. ¡Los quiero!

## CONTENIDO

Resumen .....	10
Introducción.....	11
Antecedentes .....	14
Justificación.....	16
Hipótesis .....	18
Preguntas de investigación.....	19
Objetivos .....	19
General.....	19
Específicos .....	19
Materiales y métodos .....	20
<i>Área de estudio</i> .....	20
<i>Disminución de errores de detección</i> .....	21
<i>Diseño de muestreo</i> .....	22
<i>Detección de manatíes y procedimiento de confirmación positiva</i> .....	24
<i>Variables monitoreadas</i> .....	25
<i>Conducta general</i> .....	26
<i>Análisis estadístico</i> .....	28
<i>Abundancia y densidad</i> .....	28
<i>Distribución espacio-temporal</i> .....	29
Resultados .....	31

**Discusión ..... 48**

**Conclusiones ..... 56**

**Literatura citada..... 58**

**Anexos..... 64**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (a) Parte sur de río Usumacinta y ubicación del río San Pedro, río Limón, arroyos Susil y Balmoc y el brazo sobre el Usumacinta (b) Área de estudio evaluada con sonar de barrido lateral. En gris área recorrida sólo en cuatro de doce sesiones. . 21
- Figura 2.** Diseño de transecto en zig-zag para la búsqueda de manatíes sobre la desembocadura del río San Pedro al río Usumacinta. La línea negra indica el transecto recorrido sobre el brazo..... 24
- Figura 3.** Mapa del sistema del río San Pedro donde se muestran las cinco secciones en las que se dividió para el estudio (desembocadura, río San Pedro, confluencias, arroyos y río Limón) de enero a junio de 2016. .... 26
- Figura 4.** Representación de las partes (centro, orillas) en las que se dividió el cauce principal del río San Pedro. .... 28
- Figura 5.** Valores promedio del número de manatíes registrados por sesión de muestreo en el sistema del río San Pedro, de enero a junio de 2016. .... 33
- Figura 6.** Valores promedio del número de manatíes detectados dividido en dos secciones (río y arroyos), durante las doce sesiones de muestreo y su relación con la profundidad..... 34
- Figura 7.** Valores promedio de las variables ambientales (a- velocidad de corriente, b- profundidad, c- vegetación, d- temperatura) registradas durante enero-junio de 2016 en el sistema del río San Pedro. Las barras indican las desviaciones estándar alrededor del promedio estimado por cada sesión de muestreo. .... 38
- Figura 8.** Diagrama del análisis de correspondencia canónica entre los sitios con registros de manatíes y las sesiones de muestreo y variables ambientales. Las “S” con los números indican la sesión de monitoreo. Los nombres de los sitios en letras negras y las variables ambientales en letras azules..... 42
- Figura 9.** Distancia a la que se registraron los manatíes sobre el río San Pedro en los tres diferentes intervalos de horario, durante cinco sesiones. .... 47



## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Número de manatíes detectados en los recorridos de cada una de las sesiones de muestreo, durante enero-junio de 2016. Promedio ( $\bar{X}$ ), Desviación Estándar (D.E.), Coeficiente de Variación (CV%).....	32
<b>Cuadro 2.</b> Estimación de la media de la población y sus intervalos de confianza (IC) con un grado de confiabilidad del 95%. n= número total de recorridos. ....	35
<b>Cuadro 3.</b> Densidad promedio de manatíes en el sistema del río San Pedro durante las 12 sesiones de muestreo de enero a junio de 2016. Los símbolos situados a un costado de las sesiones indican que no hubo diferencias significativas entre esas sesiones cuando presentan el mismo símbolo y una diferencia significativa cuando es el símbolo es diferente.....	36
<b>Cuadro 4.</b> Valores del modelo de regresión logística para explicar la presencia de manatíes, en función de las características ambientales en el río San Pedro, de enero a junio de 2016. ....	39
<b>Cuadro 5.</b> Valores del modelo de regresión logística que explican la presencia de manatíes, en función de las características ambientales en los arroyos Susil y Balmoc, de enero a junio de 2016.....	40
<b>Cuadro 6.</b> Porcentaje de manatíes avistados y variables ambientales en cada sección del sistema durante las 12 sesiones de muestreo.....	42
<b>Cuadro 7.</b> Especies de plantas colectadas en el área de estudio.....	45

## Resumen

En sistemas fluvio-lagunares, la abundancia y distribución de los manatíes está relacionada con las características ambientales y con los cambios generados por las temporadas climáticas. En las planicies asociadas a los ríos Grijalva y Usumacinta, los cambios en los niveles de agua son un fenómeno anual. La importante presencia de manatíes en la región y esta dinámica propia de los cuerpos de agua motivaron la realización de esta tesis, que tiene por objetivo general determinar la densidad y distribución espacio-temporal de los manatíes durante el periodo de vaciante y creciente en el río San Pedro. De enero a junio de 2016, se realizaron dos sesiones de evaluación por mes, con tres recorridos consecutivos por sesión. Se navegó en una lancha a una velocidad máxima de 10 km/h sobre un transecto de 23 km de longitud en el río San Pedro y sus afluentes. Se usó un sonar de barrido lateral de imágenes para detectar a los manatíes. Se registraron las variables de profundidad, velocidad de corriente, disponibilidad de vegetación y temperatura en los transectos, para describir los cambios generales a lo largo de los recorridos y en el tiempo del estudio. Se obtuvo una densidad promedio de 11.33 manatíes/km<sup>2</sup> (rango de 1.90 y 22.36 manatíes/km<sup>2</sup>) en el sistema del río San Pedro. La densidad presentó cambios por efecto de los periodos de crecientes y vaciantes. La distribución espacial mostró que los manatíes ocuparon todo el sistema, pero en momentos diferentes, asociados a las variables de profundidad ( $p= 0.000610$ ), disponibilidad de la vegetación ( $p= 0.000104$ ) y velocidad de corriente ( $p= 1.19e-13$ ). Se establece que el río San Pedro, arroyos y lagunas asociadas son un sistema de alta importancia para los manatíes en el Usumacinta, por su constante presencia, hembras con crías y probable nacimiento de una de ellas en el sistema. Se recomienda continuar con el monitoreo de la densidad en este sistema y otros conectados al Usumacinta para conocer lo que sucede en un ciclo anual y de esta manera sustentar propuestas de manejo y conservación a una escala local y regional para la protección de los manatíes.

**Palabras claves:** Manatí del Caribe, pulsos de inundación, densidad, Usumacinta, distribución.

## **Introducción**

Una forma común de estudiar a una población es mediante la evaluación de su distribución y abundancia en un área determinada. La abundancia nos señala la relación que existe entre el número de individuos y el espacio en el que viven, y por lo tanto, con los recursos que dispone esa población para sobrevivir y las condiciones ambientales que el hábitat debe cumplir para su establecimiento (Smith y Smith 2006).

Es posible estimar el tamaño de la población a través de parámetros que están relacionados, pero no significan lo mismo, como la abundancia y la densidad. La abundancia es el número de individuos presentes en un hábitat determinado y la densidad es el número de individuos por unidad de área o superficie (Mandujano-Rodríguez 2011). La ventaja de la densidad sobre la abundancia es la estandarización de los valores, lo que permite realizar comparaciones en tiempo y espacio (Martella et al. 2012).

La distribución y el tamaño de las poblaciones varían en tiempo y espacio, en respuesta a las condiciones ambientales y a las características propias de la población, como la natalidad, mortalidad, inmigración y emigración. El estudio de las poblaciones a través de la densidad nos permite revelar su estado en un momento dado, pero estudiarla a largo plazo nos revelará sus variaciones en el tiempo y espacio (Ojasti 2000; Vargas y Rodríguez 2008).

Los estudios sobre el estado de las poblaciones de manatíes en México, aún es muy escasa, y mucho tiene que ver la complejidad y turbidez de los cuerpos de aguas de las regiones donde se distribuye la especie. Principalmente, los sistemas fluvio-lagunares que se encuentran en la región del Golfo de México.

Las principales variables asociadas a la distribución espacial de los manatíes en las zonas de ríos y arroyos son la disponibilidad de alimento (Axis-Arroyo et al. 1998; Bermúdez-Romero et al. 2004), velocidad de la corriente (Gallegos et al. 1994; Jiménez 2005; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014), profundidad, cursos de agua interconectados, transparencia y preferencia hacia el uso de lagunas amplias

(Bermúdez-Romero et al. 2004; Jiménez 2005; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014).

Los registros de manatíes en distintas partes de los ríos Grijalva y Usumacinta muestran una distribución diferencial entre los ambientes que componen los sistemas fluvio-lagunares (río, arroyos y lagunas). Esta distribución diferencial se debe, principalmente, a los cambios estacionales, sobre todo en los ríos que se encuentran asociados a planicies de inundación (Colmenero-Rolón y Hoz-Zavala 1986; Álvarez Flores et al. 1988; Castelblanco-Martínez et al. 2009). En el caso del manatí del Amazonas (*Trichechus inunguis*), se ha descrito un comportamiento estacional asociado a los pulsos de inundación, al moverse de las lagunas a los ríos secundarios con mayor profundidad en la temporada de secas (Arraut et al. 2010).

En los ríos de Tabasco y sus afluentes, los movimientos de los manatíes también están asociados a las variaciones del nivel del agua, sobre todo en la parte baja del río Usumacinta (Colmenero-Rolón 1985; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014), región que abarca desde la salida del cañón Boca del Cerro hasta desembocar en el Golfo de México (March-Mifsut y Castro 2010). Se reconocen cuatro momentos generales estacionales delimitados por los pulsos de inundación. Un período de creciente (localmente conocido como “rezumo”), el cual refleja una elevación en el nivel del agua. Le continúa el periodo de inundación, en el que permanecen inundadas grandes planicies, con un máximo de profundidad en lagunas y ríos secundarios. Este último, es seguido de un período de vaciante, donde los niveles del agua descienden, hasta que finalmente se llega al período seco, donde el nivel de muchas lagunas y arroyos permanece bajo. Esto limita parcial o totalmente los movimientos de entrada o salida de los manatíes (González-Socoloske 2013; Olivera-Gómez com. pers.).

Una de las áreas que presentan estos procesos dinámicos de las aguas es el río San Pedro, donde se ha observado una importante presencia de manatíes (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014; Puc-Carrasco et al. en prensa; Morales-Vela com. pers.). Por lo tanto, es factible hacer una evaluación más precisa de la densidad y los movimientos de los manatíes asociados a los arroyos, lagunas y al río Usumacinta, en respuesta a los periodos de vaciante y creciente del sistema.

Los datos cuantitativos que se generen con esta investigación son necesarios para sustentar y actualizar la información sobre la importancia que tiene esta zona para la permanencia de los manatíes. Además, permitirán orientar las estrategias de manejo y conservación, ya que la cuenca del río Usumacinta actualmente es un blanco de proyectos de modificación hidrológica que pueden afectar la dinámica de la población de manatíes y de las especies con las que comparte el hábitat.

## **Antecedentes**

En la región sureste de México, donde fluyen los ríos Grijalva y Usumacinta, se ha dificultado el estudio de los manatíes, principalmente por la turbidez que presentan sus aguas. Históricamente, se ha recopilado información a través de entrevistas, reportes y navegaciones en bote (Colmenero-Rolón 1985; Colmenero-Rolón y Hoz-Zavala 1986; Arriaga y Contreras 1993), y solo recientemente se han utilizado hidrófonos (Daniel-Rentería et al. 2012) y ecosondas (Rodas-Trejo et al. 2008; González-Socoloske et al. 2009; Daniel-Rentería et al. 2012; González-Socoloske 2012). A través de estas herramientas, se ha obtenido información fragmentada sobre su presencia y distribución en la región del Golfo de México, comprendida por los estados de Veracruz, Chiapas, Tabasco y Campeche.

En Veracruz, Daniel-Rentería et al. (2012) reportan 13 avistamientos de manatíes en el Sistema Lagunas de Alvarado, e indican que su distribución en el sistema no es uniforme, ya que tienen preferencias por cuerpos de agua interiores, como ríos y lagunas. Suárez-Achaval (2010) realizó una caracterización de este mismo sistema, e indicó que los manatíes se distribuyen en lagunas costeras, con preferencia a los cuerpos de aguas con poca salinidad, con avistamientos en un rango de profundidad de 0.70-2.30 m.

En los humedales de Catazajá, Chiapas, Rodas-Trejo et al. (2008) encontraron mayor presencia de manatíes en los ríos pequeños, canales y bordes de las lagunas permanentes, que se asocian generalmente a concentraciones de vegetación acuática.

A finales de 1970 y mediados de los 1980, se registró una presencia importante de manatíes en la Laguna de Términos, Campeche (Colmenero-Rolón y Hoz-Zavala 1986). Datos más recientes, obtenidos en 2011 y 2012, mantienen la presencia de manatíes con nueve registros para esta misma laguna (Jiménez-Domínguez et al. 2013).

En el estado de Tabasco, se reportaron 92 avistamientos de manatíes en los sistemas fluvio-lagunares de la cuenca baja del río Usumacinta (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). En la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla (RBPC) y dos sitios

fuera de ella (ríos González y San Pedro), se registraron 51 manatíes, con mayor abundancia en la zona sureste de la RBPC (Puc-Carrasco et al. en prensa).

En cuanto a la relación entre las características del hábitat y la presencia de los manatíes en el estado de Tabasco, destacan las variables de transparencia, distancia a la confluencia entre ríos secundarios y río principal, profundidad, velocidad de corriente, y vegetación acuática (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). Las áreas de humedales que se encuentran conectadas a los ríos Grijalva y Usumacinta se encuentran sujetas a cambios muy claros en el nivel del agua, que afectan el tamaño de los cuerpos de agua y la disponibilidad de la vegetación (González-Socoloske 2013), lo que origina movimientos locales en los manatíes (Colmenero-Rolón y Hoz-Zavala 1986).

Un patrón similar se ha observado con los manatíes en Puerto Carreño, Colombia, parte central del río Orinoco y Puerto Ayacucho, Venezuela (Castelblanco-Martínez et al. 2005; Rivas-Rodríguez et al. 2012). En estas áreas, la variable que influye en la distribución y abundancia del manatí es la disponibilidad de alimento, que está directamente relacionada con las variaciones estacionales del nivel del agua (Bermúdez-Romero et al. 2004). En la parte central del río Orinoco se confirmó que en los periodos de aguas bajas, los manatíes se encuentran en los arroyos y ríos, y por el contrario, en los periodos de aguas altas, los manatíes se dispersan hacia los sistemas lagunares (Rivas-Rodríguez et al. 2012). En el río Orinoco (Castelblanco-Martínez et al. 2009) y en los humedales de Costa Rica y Nicaragua (Jiménez 2005), también la profundidad se menciona como una variable de importancia, con mayor número de observaciones en las zonas más profundas. Otra de las variables que influye en la presencia de los manatíes es la velocidad de corriente (Jiménez 2005; Rivas-Rodríguez et al. 2012; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). Las altas velocidades de corrientes pueden interferir en el desplazamiento de los manatíes, por ello tienden a buscar aguas tranquilas para descansar o alimentarse (Hartman 1979).

Otra especie de sirenio que se encuentra sujeta a cambios en su distribución por efecto de los pulsos de inundación, es el manatí Amazónico. Arraut et al. (2010) demostraron que los manatíes, durante las aguas altas, se mantienen en los humedales inundados,

mientras que durante el descenso del agua, los manatíes migran hacia el río principal para pasar la temporada seca y reducir el riesgo de varamientos y depredación.

## **Justificación**

En México, los sistemas fluvio-lagunares que se ubican en la región sureste del territorio nacional, son parte importante del hábitat del manatí. Dada la alta dificultad para su estudio, por la presencia de aguas turbias y complejos canales interconectados, se tienen pocos datos acerca de las características ambientales asociadas a ellos y de cómo estas influyen en su distribución espacial (SEMARNAT/CONANP 2010). La atención de la problemática actual de la especie en los ambientes dulceacuícolas resalta la necesidad de conocer el estado de sus poblaciones y su relación con las características y condiciones del hábitat, ya que se trata de una especie en peligro de extinción (SEMARNAT 2010).

Este trabajo sobre la densidad y distribución espacio-temporal de los manatíes, a una escala local, nos puede mostrar como la distribución y densidad pueden ser modificadas por las fluctuaciones en la profundidad, disponibilidad de vegetación y velocidad de corriente, principalmente. El río Usumacinta es uno de los pocos ríos en México cuyas avenidas aparecen sin modificación (March-Mifsut y Castro 2010) y establecen una dinámica de pulsos de inundación relacionada con muchos de los procesos biológicos que se presentan en su área de influencia, tal es el caso del río San Pedro.

Es claro que la conducta del manatí en esta región está bien acoplada a las condiciones que propician los pulsos de inundación y a la variación en las características del hábitat. Razón del interés de estimar la densidad y conocer la distribución espacio-temporal de los manatíes durante los periodos de vaciante y creciente en la microcuenca del río San Pedro, ubicado en una región que sufre cambios importantes y recurrentes en los niveles de agua y en otras variables ambientales.

Los resultados generados por esta investigación permitirán conocer la importancia del sitio para el establecimiento del manatí y cómo el hábitat es ocupado en momentos



diferentes (vaciante y creciente), lo que servirá para orientar y respaldar estrategias de conservación y manejo a escala local y regional.

## Hipótesis

1. La densidad de los manatíes en el sistema de río San Pedro será alta y presentará variaciones por los periodos de crecientes y vaciantes establecidos por los pulsos de inundación.
2. Durante la vaciante, la presencia de manatíes será mayor sobre el río San Pedro, como resultado de los menores niveles de agua de los arroyos tributarios, que tienen conexión con las lagunas y que dejan la vegetación fuera del alcance de los manatíes, lo que obliga a los animales a moverse a sitios con mayor profundidad y disponibilidad de vegetación.
3. En el periodo en que los niveles de agua se encuentran muy bajos en el río San Pedro y sus afluentes (secas), la presencia de manatíes será mayor en el delta con el río Usumacinta y en el brazo cercano al mismo.
4. En el “rezumo” (creciente), la densidad de manatíes será mayor sobre los arroyos que se encuentran conectados con las lagunas. Esto, considerando que el nivel del agua aumenta y las áreas de vegetación estarán disponibles en esos sitios y en las lagunas, y a que la velocidad de corriente es menor en los arroyos y lagunas, en comparación con la de los ríos principales.

## **Preguntas de investigación**

¿Cuál es la abundancia y densidad de los manatíes en el sistema del río San Pedro?

¿Cómo varía la densidad por efecto de los cambios en el nivel del agua que se rigen por los periodos de vaciantes y crecientes?

¿Cómo los periodos de vaciantes y crecientes modifican la distribución espacial de los manatíes?

## **Objetivos**

### **General**

Determinar la densidad y distribución espacio-temporal de los manatíes durante el periodo de vaciante y creciente en el sistema del río San Pedro y en un brazo cercano de aguas someras sobre el río Usumacinta.

### **Específicos**

1. Estimar la abundancia y densidad de manatíes y su variación en el tiempo y el espacio en el sistema del río San Pedro y en un sitio cercano sobre el río Usumacinta
2. Determinar la distribución espacial-temporal de los manatíes en los diferentes momentos (rezumo, vaciante) que se presentan en el sistema.
3. Caracterizar ambientalmente, a través de las variables de profundidad, velocidad de corriente, disponibilidad de vegetación y temperatura, los sitios donde se localicen los manatíes.
4. Relacionar las características ambientales con los cambios en la densidad del manatí durante los periodos de vaciante y creciente.

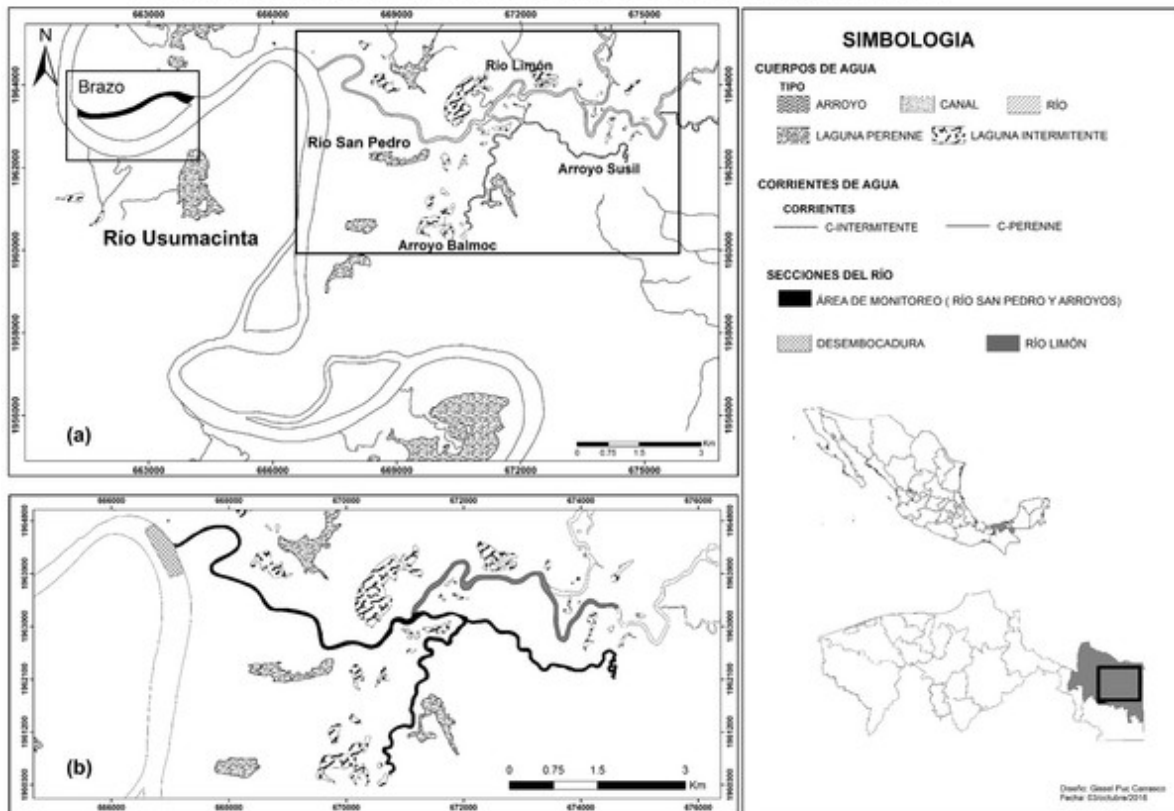
## **Materiales y métodos**

### *Área de estudio*

El río Usumacinta, al igual que el río San Pedro, nace en Guatemala y entra a tierras mexicanas por Boca del Cerro, en el municipio de Tenosique, Tabasco, donde inicia su recorrido de 385 km hasta su desembocadura en el Golfo de México (Toledo 2003). Presenta tres afluentes importantes en su parte sur, los ríos Chico, San Antonio y San Pedro. El río San Pedro está situado en la zona sur del municipio de Balancán, Tabasco, en la cuenca del Usumacinta (18°10'-17° 26' N; 90° 59'-91° 42' O) (INEGI 2006). La zona sur de Balancán presenta cuerpos de agua que son alimentados por el río Usumacinta (Estrada-Loreto et al. 2013) y se encuentra sujeta a importantes cambios en el nivel del agua. Durante el periodo de inundación, los ríos vierten sus aguas en grandes extensiones de humedales y pastizales (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). En contraste, en la temporada seca, los ríos descienden los niveles de sus cauces, formando paredes de más de 6 m de altura (González-Socoloske 2013) (Fig. 1). El clima de la región es cálido húmedo, con lluvias de mayo a octubre, y un máximo nivel del agua en verano (2500 mm); su temperatura promedio anual es de 32° C. Las precipitaciones pluviales promedio son de 1500 mm (INEGI 2006).

Los tipos de vegetación dominante en los alrededores de los ríos San Pedro y Usumacinta son asociaciones vegetales de tipo bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio mediano, bosque espinoso perennifolio, pucteal, apompal, tintal, anonal, tucuyal, gusanal, sausal, tasistal, guanál, jaguactal, acahual arbóreo, acahual arbustivo, julubal, mucal, guayabillal, zarzal, manglar, tular, carrizal, sibal y popal (Ochoa-Gaona et al. 2014).

## ÁREA DE ESTUDIO, RÍO SAN PEDRO, BALANCÁN, TABASCO



**Figura 1.** (a) Parte sur de río Usumacinta y ubicación del río San Pedro, río Limón, arroyos Susil y Balmoc y el brazo sobre el Usumacinta (b) Área de estudio evaluada con sonar de barrido lateral. En gris área recorrida sólo en cuatro de doce sesiones.

### *Disminución de errores de detección*

En general, se reconocen tres tipos de errores durante los conteos: error de percepción (cuando el objeto está presente y visible o detectable, pero no se contabiliza), error de disponibilidad (presente pero no visible), y error de ausencia (cuando el objeto está fuera de nuestra área de visión al momento de la evaluación) (Reynolds et al. 2012). Para disminuir estos errores, la tripulación siempre estuvo integrada por un motorista local con experiencia en ver manatíes y sus rastros y un observador con experiencia en la detección de manatíes con sonar. Se usó un sonar de barrido lateral (Humminbird® 899SI), que sirvió para detectar a los manatíes sumergidos. Este modelo de sonar emite ondas de alta frecuencia hacia el fondo y a los lados del cuerpo de agua en forma de abanico, y cubre toda la columna de agua sobre un ángulo de 90° por lado. También

registra la profundidad y temperatura superficial del agua. Esta técnica ha sido utilizada en estudios previos para la detección de manatíes en cuerpos de agua con alta turbidez (Olivera-Gómez et al. 2008; González-Socoloske et al. 2009; González-Socoloske y Olivera-Gómez 2012; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014) y aparentemente, el sonido que emite el sonar no asusta a los manatíes ni los hace huir al percibirlo con anticipación. Los manatíes pueden presentar una reacción negativa cuando este sonido es detectado de manera inesperada al encender el equipo en su presencia (Olivera-Gómez com. pers.).

Para este estudio, el sonar se calibró a 25 m por cada lado de la lancha, formando así un transecto de 50 m de ancho. La mayoría de los cuerpos de agua no rebasaron los 60 m de ancho (a excepción del río Usumacinta y puntos de confluencias entre arroyos), lo que permitió disminuir el error de detección del observador. Por este mismo motivo, no se evaluaron las lagunas, debido a que presentan extensas áreas que no son posibles de cubrir con el sonar de manera efectiva. En los puntos donde se rebasó el ancho establecido, se optó por un movimiento de "zig zag" o recorrer ambas orillas de esa fracción del transecto para disminuir el error de detección.

Para minimizar el error de percepción del observador, se realizaron paradas estratégicas para descansar y consumir alimentos y, de esta manera, evitar la distracción, sueño o fatiga. También se utilizó una sombrilla o camisola para generar sombra, lo cual mejoró la visibilidad de la pantalla del sonar, que puede ser afectada por los rayos del sol.

### *Diseño de muestreo*

Se hicieron dos recorridos preliminares en una embarcación de fibra de vidrio con motor fuera de borda en dos horarios, por la mañana (7:00-11:00 am), y en la tarde (12:00-16:00 pm), con el propósito de observar si existía alguna diferencia en la detección de manatíes entre los distintos horarios. No se observaron diferencias significativas, por lo que se optó por usar el horario de la mañana. Sin embargo, en algunas sesiones de muestreo, donde la densidad fue mayor que en los recorridos preliminares, la demanda del tiempo requerido para la toma de los datos también fue mayor, por lo que se tienen

registros de manatíes fuera de este horario. Por las noches no se hicieron recorridos por seguridad, ya que en el cauce se detectó la presencia de troncos sumergidos, lo que hace peligrosa la navegación.

Los recorridos se realizaron de enero a junio de 2016, y abarcaron 500 m a cada lado de la unión del río San Pedro con el Usumacinta, el río San Pedro, y los arroyos Susil y Balmoc (Fig.1). Estos sitios fueron recorridos el mismo día, en dos sesiones no consecutivas por mes; cada sesión comprendió recorridos de tres días consecutivos (seis recorridos por mes). Con este esquema de muestreo, se acumuló un total de 12 sesiones de muestreo y 36 recorridos. Además, sobre el cauce del río San Pedro, se detectó la presencia de “pozas” (sitios de mayor profundidad), las cuales fueron revisadas durante los muestreos.

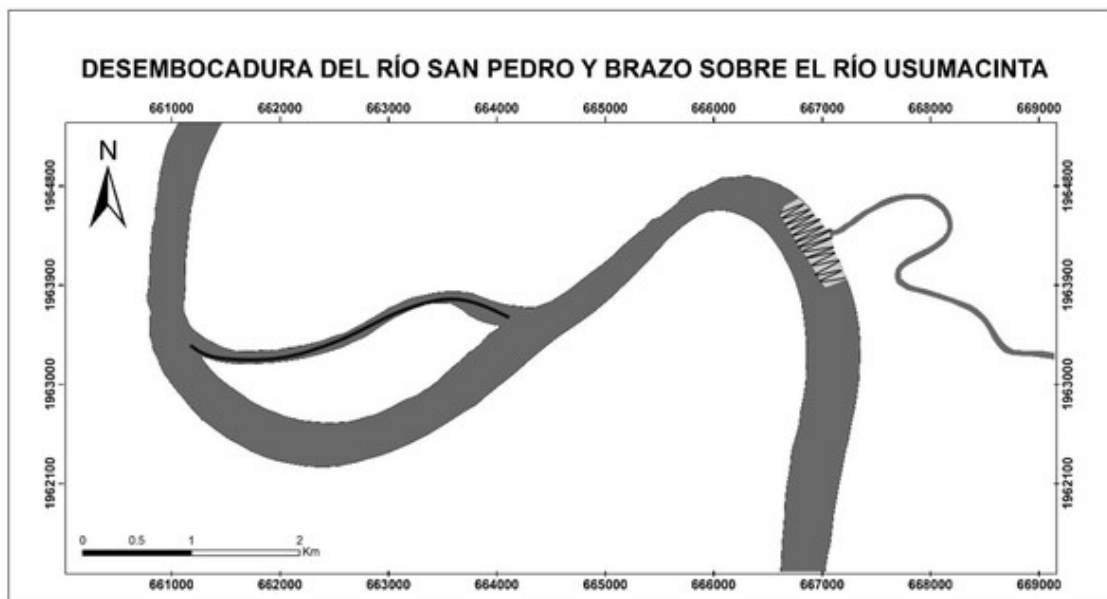
Los recorridos se realizaron sobre un transecto central y paralelo a la orilla de los cuerpos de agua, con una longitud lineal de 23 km x 50 m de ancho. En el río Usumacinta, se hizo un transecto a manera de “zig zag”, el cual abarcó 500 m de cada lado de la desembocadura y 200 m hacia el centro del río (Fig. 2). Además, se navegó un canal somero (brazo) sobre el Usumacinta, ubicado a 3 km de la desembocadura (Fig. 2). Este brazo se seleccionó de tres evaluados previamente en la salida prospectiva, por su cercanía a la entrada del San Pedro y porque presentaba un ancho que podía ser cubierto por el sonar.

Los arroyos en las sesiones ocho (abril), nueve y diez (mayo) y el brazo sobre el río Usumacinta en las sesiones ocho, nueve, diez, once y doce no fueron recorridos por los bajos niveles de agua que los hicieron inaccesibles. En las sesiones de mayo y junio (sesiones nueve, diez, once y doce), se recorrieron los primeros 5 km del río Limón (Fig. 3), con el propósito de saber si los manatíes se dispersaban hacia esa porción del río cuando las condiciones del sistema del río San Pedro se reducían drásticamente en el periodo de vaciante.

El sistema del río San Pedro fue el nombre que se le dio al conjunto de secciones conformadas por la desembocadura (1 km), río San Pedro (6.5 km), arroyos Susil (3.5 km) y Balmoc (4 km) y el río Limón (5 km). Las confluencias se contemplan dentro de

los 6.5 km del río San Pedro. Esta agrupación se realizó para hacer más fácil la referencia cuando se trate de este conjunto de sitios.

Como confluencias, se refiere a las zonas de intercepción entre dos ríos o arroyos (Fig. 3) que se caracterizan por formar “pozas”, como se les conocen localmente. Estas pozas son formadas por el efecto de la erosión de la corriente, por lo general, guardan mayores profundidades que los ríos y arroyos asociados (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014).



**Figura 2.** Diseño de transecto en zig-zag para la búsqueda de manatíes sobre la desembocadura del río San Pedro al río Usumacinta. La línea negra indica el transecto recorrido sobre el brazo.

### *Detección de manatíes y procedimiento de confirmación positiva*

Cuando se detectó un manatí con el sonar, se grabó una imagen y se navegó un par de veces sobre el punto donde se localizó inicialmente, con la finalidad de verificar si el objeto detectado se movía, como indicio de que se trata de un manatí. Simultáneamente, se realizó un barrido visual para buscar rastros, como la resuspensión de sedimento en la superficie, presencia de burbujas sobre el espejo de agua (creadas por el desplazamiento), excretas flotando, rastros de forrajeo (plantas mordisqueadas), o en el mejor de los casos, ver al manatí. El objeto capturado en las imágenes debió cumplir los criterios de: la forma del objeto, tamaño, proyección de la



sombra y reflexión acústica (los pulmones de los manatíes se pueden reflejar como líneas blancas y brillantes en el dorso, efecto lomo plateado).

Como un segundo procedimiento para minimizar los errores de percepción y disponibilidad de los manatíes presentes en el transecto, se tomaron videos de los recorridos e imágenes de todos los registros potencialmente positivos para una segunda revisión, basada en los criterios antes mencionados. De esta manera, se tuvo la certeza sobre los registros de manatíes. Se llevó una bitácora en campo para recopilar información sobre los avistamientos de los manatíes, que incluyó la fecha, hora, posición geográfica, número de la imagen del sonar, actividad que realizaba el individuo y datos sobre variables ambientales.

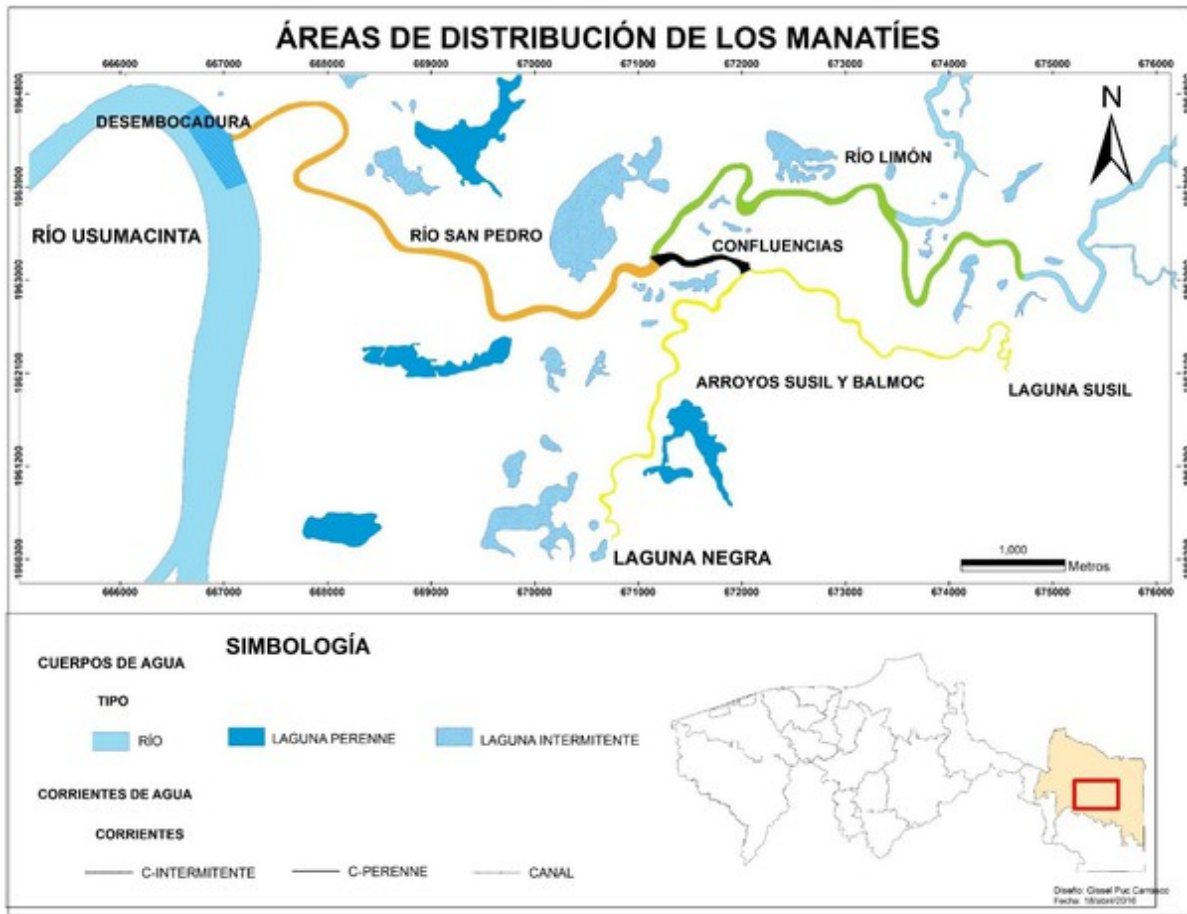
#### *Variables monitoreadas*

Las variables registradas en el área de estudio fueron: la profundidad, velocidad de corriente, disponibilidad de vegetación y temperatura superficial del agua. Estas variables fueron tomadas cuando se registraba a un manatí y en cinco puntos control que se establecieron dentro del sistema y dos sobre el río Usumacinta con el fin de observar los cambios a lo largo de los recorridos y de las visitas durante el periodo de estudio. La velocidad de corriente se tomó con tarjeta de deriva, mientras que, para la disponibilidad de la vegetación, se realizó un barrido visual sobre unos 50 m de las orillas, para calcular el porcentaje de la vegetación que se encontraba sobre el espejo de agua y el tipo de plantas.

Se hicieron recolectas de la vegetación en los mismos puntos donde se tomaron las variables y en los sitios de avistamientos. Las muestras recolectadas fueron prensadas y secadas, para su posterior identificación, para lo cual se contó con el apoyo del M. en C. Jesús Manuel Ascencio Rivera y Dr. Carlos Manuel Burelo Ramos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ambos especialistas en plantas.

Para determinar la distribución espacio-temporal, el área de estudio fue dividida en cinco secciones: desembocadura, río San Pedro, confluencias, arroyos y río Limón (Fig. 3). Además, se construyó un cuadro con el porcentaje de avistamientos en cada

sección y sesión; así como las características ambientales que se presentaron en ese sitio (Cuadro 6).



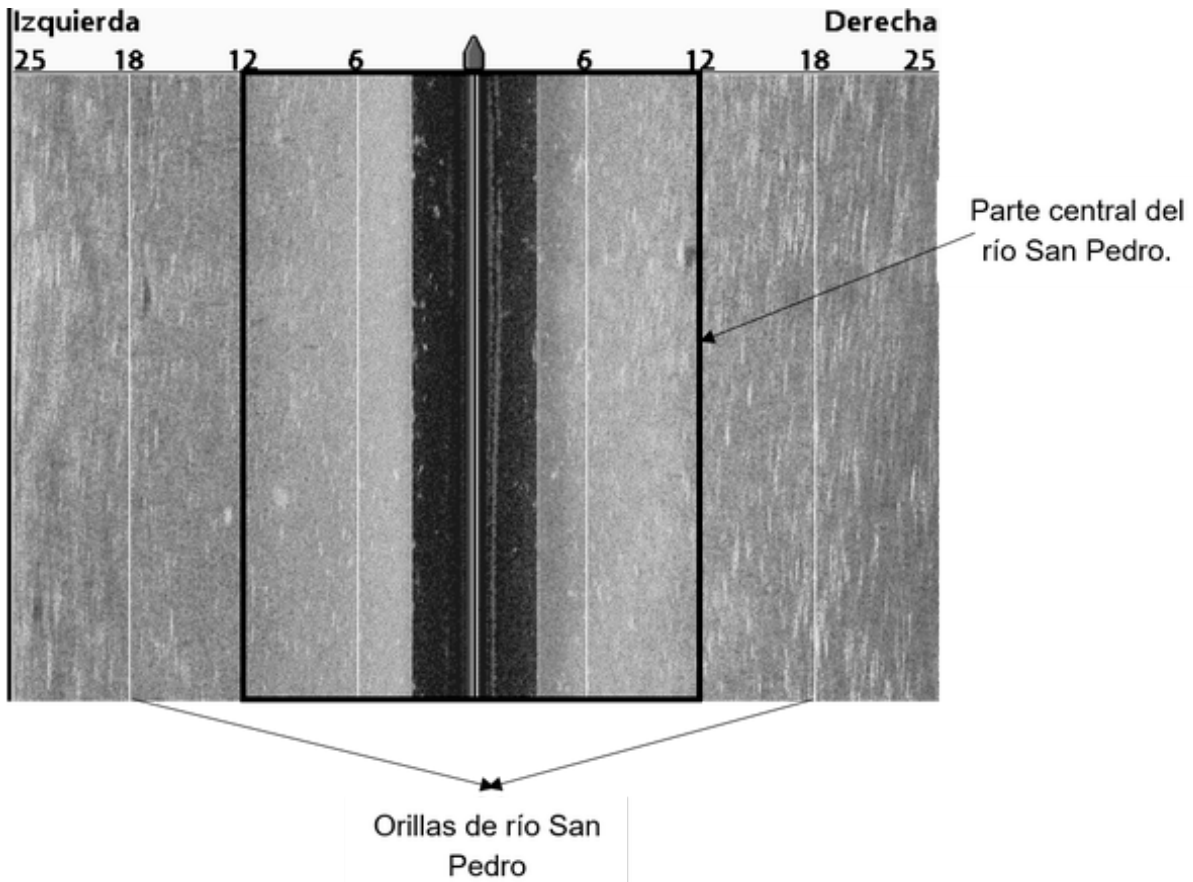
**Figura 3.** Mapa del sistema del río San Pedro donde se muestran las cinco secciones en las que se dividió para el estudio (desembocadura, río San Pedro, confluencias, arroyos y río Limón) de enero a junio de 2016.

### *Conducta general*

Se realizó una categorización de las actividades (sin movimiento, desplazamiento y alimentación) que eran posibles de registrar al momento de detectar a un manatí. Un animal sin movimiento era aquel que permanecía quieto o estacionario, aun después de pasar con el sonar y la lancha un par de veces. El desplazamiento se definió como el movimiento o cambio evidente de un lugar a otro, mientras que la alimentación hace referencia a todas las acciones en que un individuo estaba manipulando o ingiriendo plantas.

Para saber si existía agrupamiento entre los manatíes, se registró la distancia a la que se encontraba un individuo de otro con ayuda del sonar. Por lo tanto, se consideró que los manatíes se encontraban agrupados, si la distancia era igual o menor a 3 m entre un individuo y otro. En el sistema del río San Pedro existen áreas donde los manatíes se concentran en busca de refugio o alimentación.

En las últimas cinco sesiones de trabajo de campo, se utilizó la sección que va de la desembocadura a la confluencia entre los arroyos Susil y Balmoc, para examinar las posiciones que los manatíes presentaban en el ancho de banda del río (centro u orillas), en tres horarios diferentes (8:00-10:00, 13:00-15:00 y 18:00-20:00) el mismo día. El propósito de este ejercicio fue observar si los manatíes tenían preferencias por alguna parte del río (central u orillas) en algunos de los horarios, así como un cambio en las actividades que realizaban. Como parte central del río se definió del centro del mismo hasta 12 m de cada lado, mientras que las orillas se consideran de los 13-25 m de ambos lados (Fig. 4). Cuando se registraba a un manatí, se anotaba la distancia a la que se encontraba de la lancha, la cual se mantenía navegando por la parte media del río. Además, las repeticiones del transecto en los tres horarios ayudaron a evaluar, por segunda vez, si la probabilidad de detección era afectada por la hora en la que se realizaban los recorridos.



**Figura 4.** Representación de las partes (centro, orillas) en las que se dividió el cauce principal del río San Pedro.

### *Análisis estadístico*

#### *Abundancia y densidad*

La abundancia se expresó con el promedio del número de manatíes observados por sesión de monitoreo. Además, se optó por expresar el tamaño de la población utilizando la densidad, la cual se refiere al número de manatíes detectados por  $\text{km}^2$ . Este parámetro fue seleccionado porque, a diferencia de la abundancia, permite estandarizar los datos y así realizar comparaciones en tiempo y espacio.

Para determinar las diferencias de las densidades entre todas las sesiones y horarios de monitoreo de las últimas cinco sesiones, se utilizó una prueba de Friedman con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Esta prueba trabaja con muestras relacionadas

(dependientes), comparando medias poblacionales y revela si las medias comparadas son o no iguales en la población (Siegel y Castellan 2009).

Con el propósito de conocer cuántos animales más pueden estar en el sistema del río San Pedro, se realizó una extrapolación de la densidad para las áreas del río o arroyos que no fueron muestreadas. Para esto, se usaron los valores del mes más óptimo de densidad y se agregaron los tramos de ríos y arroyos que faltaron por recorrer. No se tomaron en cuenta las lagunas para esta estimación, ya que no fueron parte del esquema de monitoreo. Para el río Limón, se delimitó el área hasta las cascadas de Reforma, que es parte de la microcuenca del río San Pedro y son una barrera natural para los manatíes.

Se utilizó la técnica de re-muestreo de “bootstrap” (Efron 1979) para calcular los intervalos de confianza para los datos de las 12 sesiones en el sistema del río San Pedro y el sistema separado en el río San Pedro y los arroyos, tomado como parámetro la media. El cálculo se realizó a partir de 1000 muestras del mismo conjunto de datos. La técnica consiste en la extracción de un gran número de muestras repetidas de los propios datos, y sobre esto, se basa para realizar descripciones e inferencias estadísticas (Ledesma 2008). Este procedimiento se realizó con el software estadístico Infostat versión 2014 (Di Rienzo et al. 2014)

#### *Distribución espacio-temporal*

Se desarrolló un análisis de correspondencia canónica (ACC) (Ter Braak 1986) para evaluar las distribuciones de los manatíes en las diferentes secciones del río a través del tiempo de estudio y su relación con las variables ambientales. El ACC es una técnica multivariada que permite representar en un espacio geométrico las proximidades existentes entre un conjunto de objetos, condicionado por una serie de variables predictoras. El ACC relaciona la matriz de variables dependientes y la de variables independientes (Badii et al. 2007), en este caso, la primera se construyó con el número de registros por sitio, y la segunda, con los parámetros ambientales (profundidad, velocidad de corriente y disponibilidad de la vegetación).

Se utilizó una regresión logística binomial, que permite modelar la probabilidad de que exista la presencia de manatí, dada una serie de variables independientes (López-González y Ruiz-Soler 2011). Se utilizó el índice de Akaike (AIC) para la elección del mejor modelo. Además, para explicar la proporción de la varianza que es explicada por el modelo elegido, se comparó la devianza del modelo nulo (medida del ajuste del modelo en relación al número de parámetros del mismo) con la devianza residual (Nava-Puente y Surendra Prasad 2007).

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R (versión 3.01, 2013, The R Foundation for Statistical Computing).

## Resultados

Sin contemplar los cuerpos lagunares asociados al sistema del río San Pedro, el área recorrida comprendió de 0.62 - 1.7 km<sup>2</sup> por día de muestreo. El esfuerzo de muestreo acumulado con el sonar de barrido lateral fue de 41.5 km<sup>2</sup>, con el que se obtuvieron un total de 471 registros de manatíes. De estos, 46 (10%) fueron crías y 425 (90%) adultos. Los manatíes registrados se asociaron a las actividades de sin movimiento (73 %), y en desplazamiento (27 %). Del total de registros, 82 % fueron manatíes solos y 18 % formaron grupos de 2 a 4 individuos. Grupos de dos manatíes representaron el 13 % (10 % fueron hembra y cría), de tres manatíes 4 % y de cuatro manatíes 1 %.

Se registraron cuatro crías, tres de ellas vivas en compañía de su madre. Se detectó el nacimiento de una de ellas, momentos después de ocurrido, durante la sesión cuatro de estudio, ya que se observó repetidamente el apoyo de la madre para que la cría saliera a respirar. Otra cría fue un cadáver detectado el 10 de febrero en la sesión tres (Cuadro 1). La cría muerta era un macho, que por su talla de 110 cm se clasificó como neonato y por el grado de descomposición se consideró que tenía un par de días muerto.

Abundancia. - Los meses con mayor abundancia de manatíes fueron junio (30), marzo y mayo (18 cada uno); mientras que enero tuvo el valor más bajo (1). La abundancia promedio de manatíes por sesión varió de  $2.3 \pm 1.2$  (enero) a  $28 \pm 3.5$  (junio) (Cuadro 1). La media estimada de la abundancia de manatíes que ocupan el sistema del río San Pedro fue de 13.1 individuos, con un intervalo de confianza de 10.6-15.7 individuos (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Número de manatíes detectados en los recorridos de cada una de las sesiones de muestreo, durante enero-junio de 2016. Promedio ( $\bar{X}$ ), Desviación Estándar (D.E.), Coeficiente de Variación (CV%).

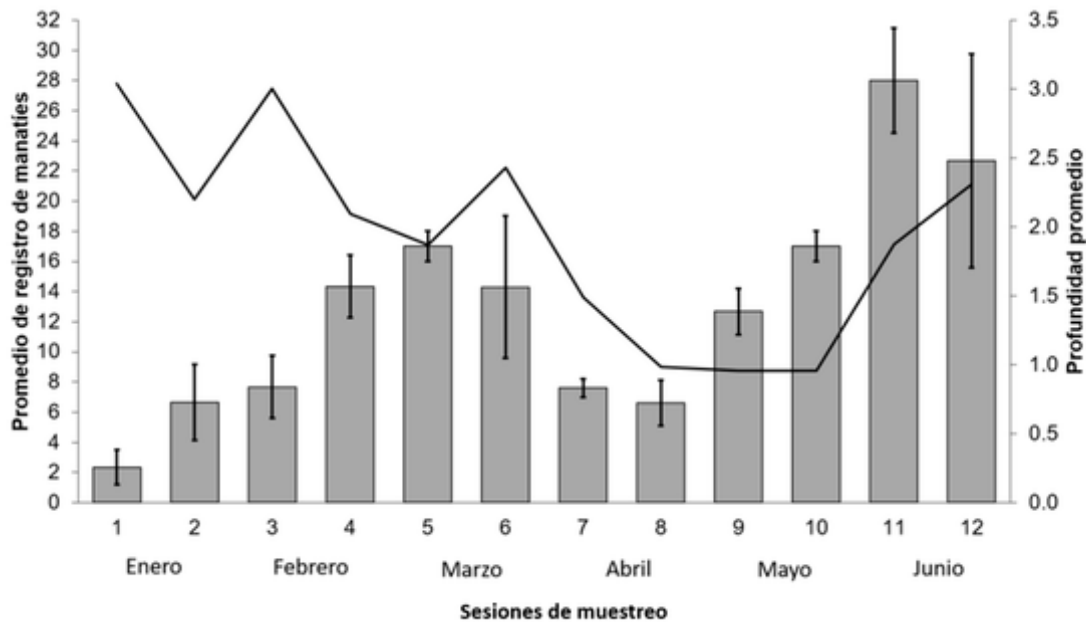
Días	Mes	Sesiones de muestreo	Recorrido 1	Recorrido 2	Recorrido 3	$\bar{X}$	D. E.	CV %
14-16	Enero	1	1	3*	3*	2.3	1.2	49.3
27-29		2	7*	4	9*	6.7	2.5	37.8
10-12	Febrero	3	10†	6	7	7.7	2.1	27.2
18-20		4	12*	16*	15*	14.3	2.1	14.5
8-10	Marzo	5	16*	18*	17*	17.0	1.0	5.9
17-19		6	9	16*	18*	14.3	4.7	32.3
2-4	Abril	7	8*	8*	7*	7.7	0.6	7.9
27-29		8	7	8	5	6.7	1.5	22.7
19-21	Mayo	9	11*	14*	13*	12.7	1.5	12.1
27-29		10	18*	17*	16*	17.0	1.0	5.9
16-18	Junio	11	30*	30*	24*	28.0	3.5	12.4
28-30		12	15*	29*	24*	22.7	7.1	31.3

\*= presencia de hembra/cría †= cría muerta

La abundancia de los manatíes aumentó en el sistema, independientemente de si el nivel del agua disminuía o aumentaba. Existió un menor número de manatíes a principios del año (2.3), seguido de un incremento gradual hasta la sexta sesión (14.3), luego una disminución marcada en el mes de abril, para finalizar con un nuevo incremento sostenido hasta junio. Sin importar los bajos nivel de agua, en el mes de



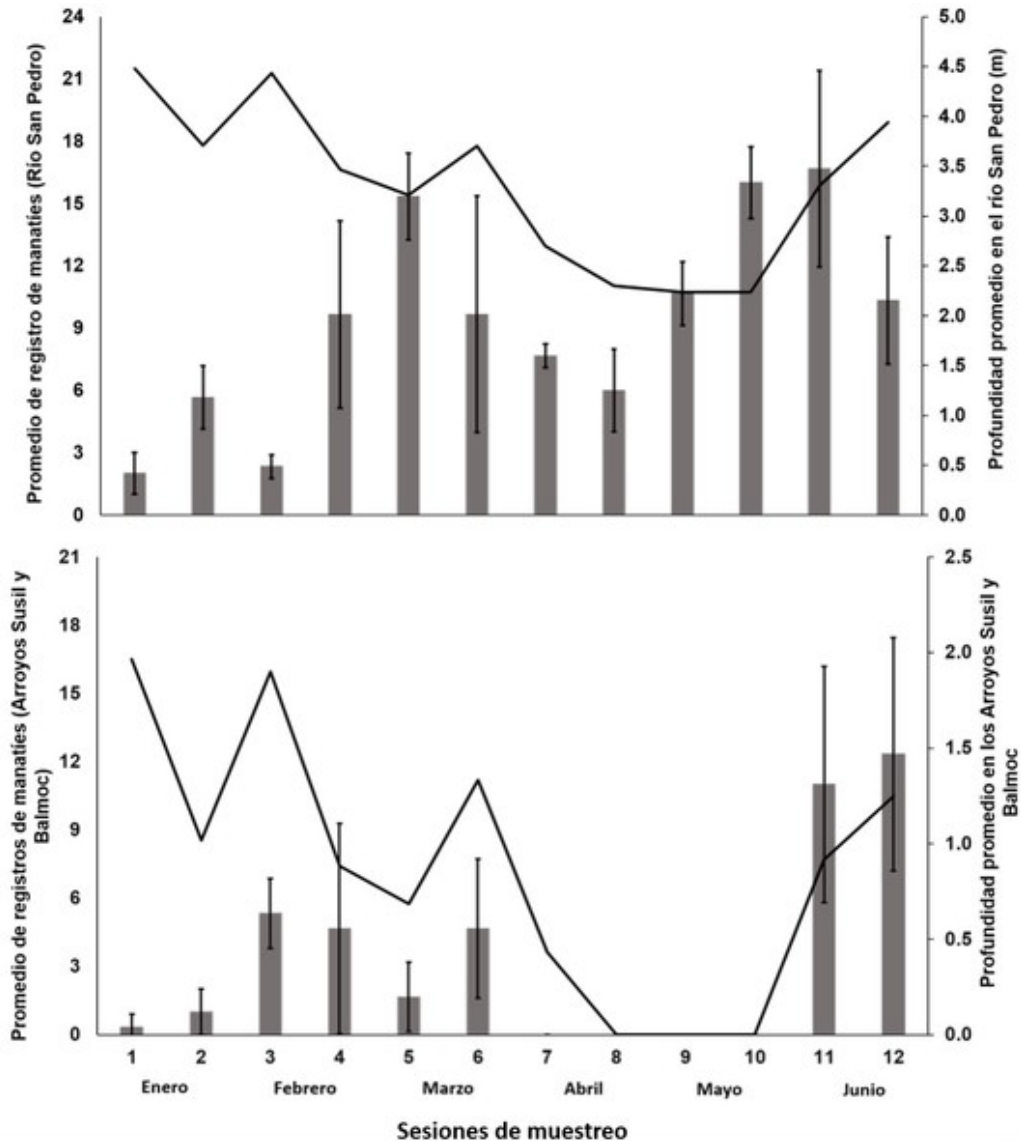
mayo se observó un aumento en la abundancia de los manatíes. La profundidad promedio en el sistema no mostró una relación clara entre el número de manatíes y los cambios en el nivel de la profundidad (Fig. 5). Es por esto que se realizó una separación de los datos en dos secciones, el río San Pedro (desde la desembocadura a la confluencia entre los arroyos) y los arroyos (Susil y Balmoc).



**Figura 5.** Valores promedio del número de manatíes registrados por sesión de muestreo en el sistema del río San Pedro, de enero a junio de 2016.

Al analizar los registros promedio de los manatíes en el cauce principal del río San Pedro y los arroyos, se observaron cambios entre las sesiones por efecto del aumento y disminución de la profundidad. El río San Pedro presentó manatíes durante todo el estudio, mientras que en los arroyos no se registraron manatíes en cuatro sesiones por los bajos niveles de agua. Ambas secciones muestran que la abundancia fue mayor para las últimas sesiones de muestreo. Relacionando ambos segmentos con los periodos de crecientes y vaciantes, se observa que, durante un aumento de la profundidad, la abundancia de los manatíes incrementa sobre los arroyos y disminuye sobre el río San Pedro, proceso que se observa en las sesiones tres, seis, once y doce (Fig. 6). En cambio, se observó que el número de registros aumentó sobre el río San Pedro cuando ocurrió un periodo de vaciantes (sesión nueve y diez) (Fig. 6), utilizando

como refugio esta zona, cuya profundidad osciló entre 1 y 4 m de profundidad, mientras que en los arroyos las profundidades se encontraron por debajo de medio metro. En las sesiones cuatro, seis, once y doce, se observó una alta variación en los datos, debido, a que se presentaron movimientos de los manatíes entre las dos secciones por efecto de los cambios en el nivel del agua.



**Figura 6.** Valores promedio del número de manatíes detectados dividido en dos secciones (río y arroyos), durante las doce sesiones de muestreo y su relación con la profundidad.

Los números medios de manatíes estimados para las dos secciones del sistema mencionadas anteriormente, muestran que los individuos estuvieron en mayor proporción en el río San Pedro (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Estimación de la media de la población y sus intervalos de confianza (IC) con un grado de confiabilidad del 95%. n= número total de recorridos.

Sitio	Estimación de la media	Error estándar	n	IC 95%
Sistema	13.1	1.3	36	10.6 -15.7
Río San Pedro	9.4	0.8	36	7.7 - 11.2
Arroyos	4.6	1.0	27	2.7 - 6.4

Densidad. - La densidad promedio para toda el área muestreada fue de 11.3 manatíes/km<sup>2</sup>, la cual mostró un incremento de enero a junio. Se observaron diferencias significativas entre las distintas sesiones de muestreo (Friedman Chi<sup>2</sup>= 30.453, gl= 11, p= 0.0013) (Cuadro 3). En la primera sesión (enero), se obtuvo la densidad más baja (1.9 manatíes/km<sup>2</sup>), la cual se incrementó paulatinamente en las siguientes sesiones, con excepción de la sesión siete (principios de abril), cuando disminuyó ligeramente (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Densidad promedio de manatíes en el sistema del río San Pedro durante las 12 sesiones de muestreo de enero a junio de 2016. Los símbolos situados a un costado de las sesiones indican que no hubo diferencias significativas entre esas sesiones cuando presentan el mismo símbolo y una diferencia significativa cuando es el símbolo es diferente.

Mes	Sesiones de muestreo	Densidad de manatíes/km <sup>2</sup>	Desviación estándar
Enero	1●	1.9	0.9
	2●	5.4	2.1
Febrero	3●	6.2	1.7
	4♦	11.7	1.7
Marzo	5♦	13.8	0.8
	6♦	11.7	3.8
Abril	7●	6.2	0.5
	8♦	10.7	2.5
Mayo	9♦	12.0	1.4
	10♣	16.0	0.9
Junio	11♣	22.4	2.7
	12♣	18.1	5.7

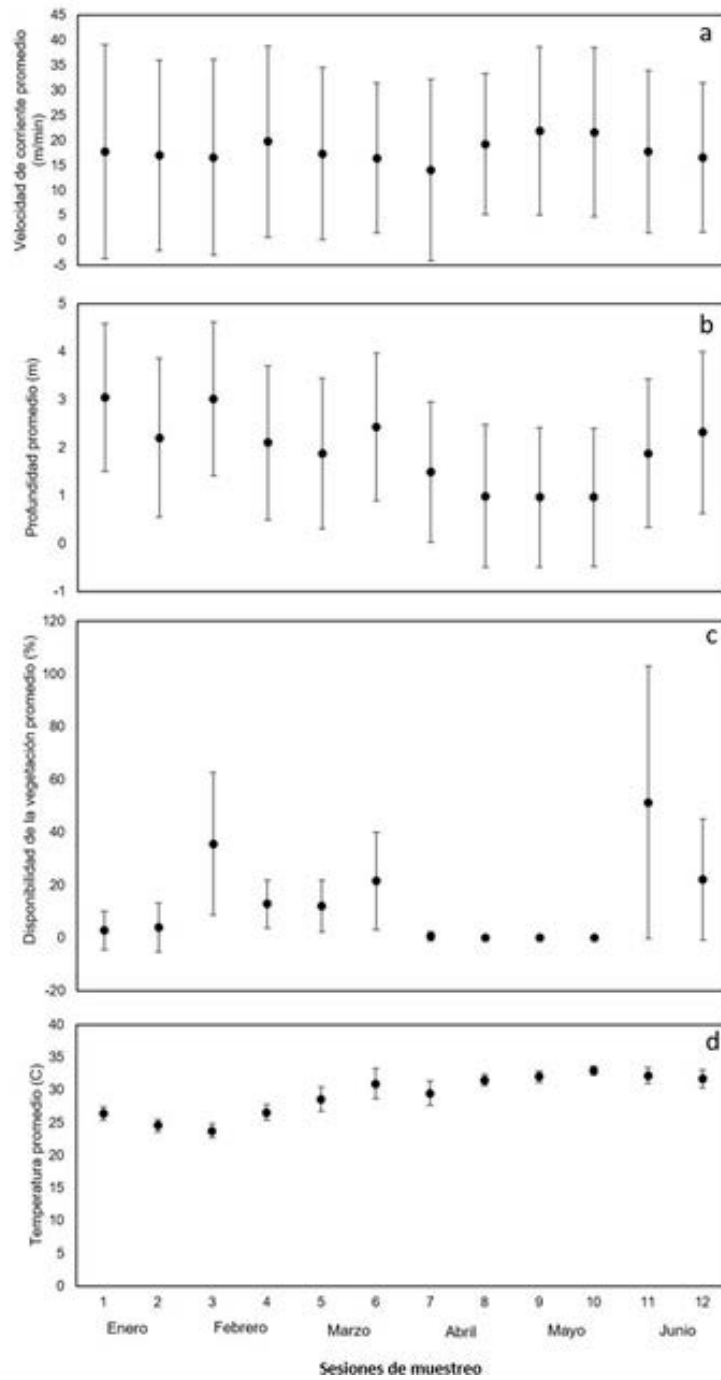
Dado que la prueba de Friedman no evidenció diferencias entre las dos sesiones de junio, se usó el valor de densidad promedio de este mes (20.2 manatíes/km<sup>2</sup>), para hacer una extrapolación de los manatíes potencialmente presentes en el sistema, incluyendo otras áreas no evaluadas del río Limón y arroyos asociados, con lo que

obtuvo un valor de 40 manatíes. Este valor no incluye a las dos lagunas del sistema, por lo que el número de manatíes pudiera ser mayor.

Las variables ambientales presentaron fluctuaciones a lo largo de las visitas a campo. En el caso de la velocidad de corriente, las más fuertes se registraron para las sesiones cuarta (19.9 m/min), octava (19.3 m/min), novena (21.9 m/min) y décima (21.6 m/min) (Fig. 8a). Las velocidades de corriente más altas se experimentaron cuando la profundidad disminuyó, debido a la salida de agua del sistema (Fig. 8b). Sobre el río Usumacinta, las velocidades alcanzaron hasta 56 m/min y, en algunas secciones de los arroyos y en la confluencia entre los arroyos Susil y Balmoc, se registraron velocidades de 0 m/min. Las profundidades promedio más altas que se registraron en el sistema fueron en la primera y tercera sesiones de monitoreo (3.3 y 3.4 m), y una vaciante de la cuarta a la octava sesión, donde se mantienen los niveles bajo hasta la décima sesión. Para las últimas sesiones (once y doce), se muestra el inicio del rezumo. Abril y mayo presentaron las profundidades más bajas, lo que provocó que los arroyos quedaran restringidos para la navegación y para los manatíes en esos meses, porque solo se alcanzaron profundidades de 0.4 m en algunas secciones.

La disponibilidad de vegetación presentó dos picos importantes en la tercera y onceava sesión (35.7 y 51.4 %, respectivamente). Abril y mayo fueron críticos en el sistema, ya que la vegetación no estaba disponible para los manatíes, por efecto de los bajos niveles de profundidad (Fig. 8b, c). Sin embargo, existieron pequeñas secciones en diferentes puntos del río San Pedro que aun presentaban disponibilidad de vegetación.

La temperatura superficial promedio fluctuó entre 24.6 y 32.9° C. Las más bajas (22.3° C) se registraron en la tercera sesión (febrero) y las más altas en mayo y junio, aunque el incremento comenzó desde marzo, cuando inicia el periodo de secas y el descenso del nivel del agua (Fig. 8d).



**Figura 7.** Valores promedio de las variables ambientales (a- velocidad de corriente, b- profundidad, c- vegetación, d- temperatura) registradas durante enero-junio de 2016 en el sistema del río San Pedro. Las barras indican las desviaciones estándar alrededor del promedio estimado por cada sesión de muestreo.

El modelo de la regresión logística obtenido a nivel de sistema muestras que las cuatro variables son significativas (profundidad, velocidad de corriente, disponibilidad de vegetación y temperatura). La profundidad fue la de mayor significancia ( $p=6.44e-14$ ) y la que más aporta al modelo (coeficiente=0.77569). Para observar si las variables influían de manera diferente entre el río San Pedro y los arroyos se analizaron por separado.

En el modelo realizado para el río San Pedro, muestra que todas las variables incluidas resultan ser significativas (Cuadro 4). La variable con mayor significancia fue la velocidad, pero la que aporta mayor peso en el modelo fue la profundidad (coeficiente=0.60226). La presencia de los manatíes en el río San Pedro es explicada por este modelo en un 65.78%.

**Cuadro 4.** Valores del modelo de regresión logística para explicar la presencia de manatíes, en función de las características ambientales en el río San Pedro, de enero a junio de 2016.

Variable	Coeficiente	Valor de Z	Probabilidad
Intercepto	-3.19791	-1.440	0.149861
Velocidad de corriente	-0.22800	-7.418	1.19e-13
Disponibilidad de vegetación	0.08704	3.664	0.000249
Profundidad	0.60226	3.427	0.000610
Temperatura	0.17616	2.337	0.019441
			Grados de libertad
Devianza nula	447.1		425
Devianza residual	163.7		421
AICc	173.7		

Para los arroyos Susil y Balmoc, la variable más significativa fue la profundidad ( $p=0.0169$ ), seguida por la disponibilidad de vegetación ( $p=0.0313$ ). La profundidad, además de ser la más significativa, es la que más aporta al modelo. A pesar que la velocidad de corriente no presenta significancia, ayuda a mejorar al modelo (Cuadro 5). El modelo explica el 96.87% de la presencia de los manatíes en los arroyos Susil y Balmoc.

**Cuadro 5.** Valores del modelo de regresión logística que explican la presencia de manatíes, en función de las características ambientales en los arroyos Susil y Balmoc, de enero a junio de 2016.

Variable	Coefficiente	Valor de Z	Probabilidad
Intercepto	22.57167	2.146	0.0319
Profundidad.	-3.53149	-2.388	0.0169
Disponibilidad de vegetación	0.14558	2.153	0.0313
Velocidad de corriente	-2.22475	-1.936	0.0529
Grados de libertad			
Devianza nula	359.682		259
Devianza residual	11.254		256
AICc	19.254		

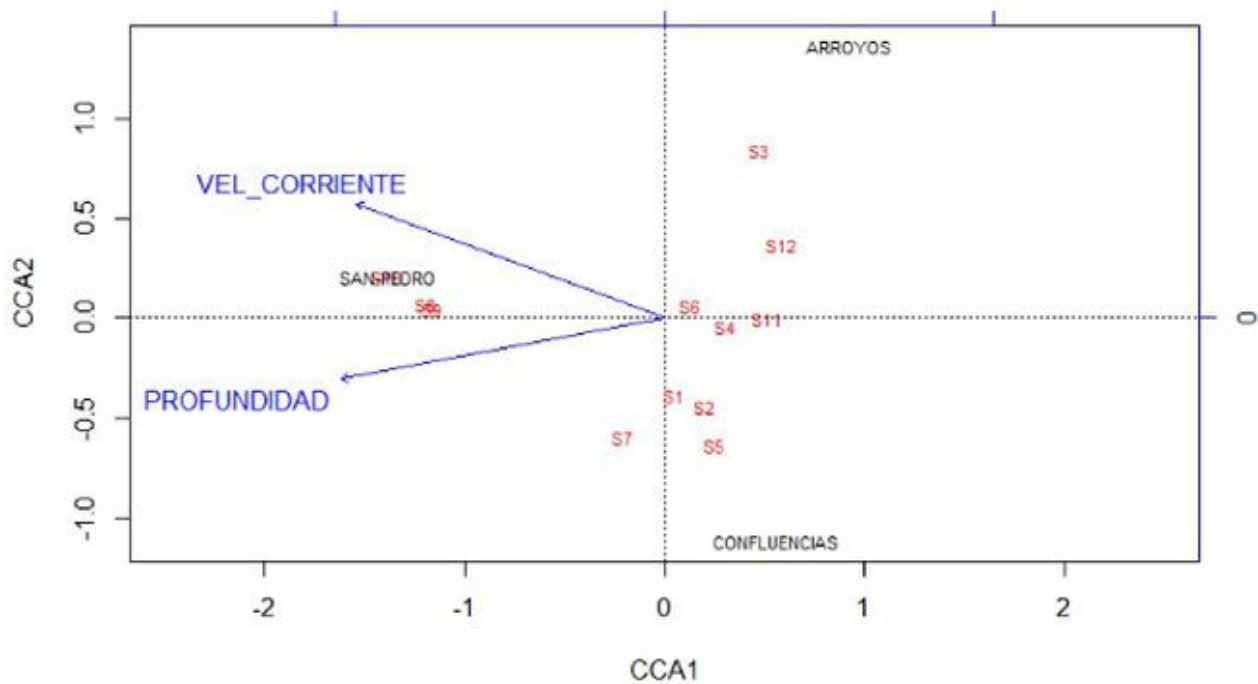
Los manatíes se distribuyeron en casi toda el área de estudio, pero en momentos diferentes. El único sitio que durante los seis meses de monitoreo, no presentó ningún registro de manatí fue el brazo sobre el río Usumacinta. Este brazo estuvo



generalmente accesible para su navegación, excepto durante las sesiones octava (abril), novena, décima (mayo), onceava y doceava (junio), debido a que los niveles de agua descendieron, al grado que se formó un playón que cerró completamente su acceso.

El ACC indicó que las sesiones uno, dos, cinco y siete, presentaron mayor número de avistamientos en las confluencias, cuando se presentó una profundidad de 2-3.5 m, muy baja velocidad de corriente (0-1.69 m/min) y de 0-25 % de vegetación disponible. En las sesiones tres y doce, los manatíes se encontraron en mayor proporción en los arroyos, en profundidades de 1.23-2.10 m, velocidades de corriente lentas (2.57-3.5 m/min) y 0-30% de vegetación disponible (Fig. 9, Cuadro 6). Los manatíes estuvieron distribuidos mayormente en el río San Pedro durante las sesiones ocho, nueve y diez, en altas profundidades (4.10-4.23 m) y en bajas velocidades de corriente (7.13-9.83 m/min), como se reflejó anteriormente en el modelo; sin embargo, no presentó vegetación disponible. En las sesiones cuatro y once, los manatíes ocuparon en mayor proporción y de manera casi homogénea las secciones de los arroyos y las confluencias. Esto, a pesar de que la profundidad fue diferente (0.93-1 m vs. 2.43-2.70 m), pero con amplia disponibilidad de vegetación, en especial durante la sesión once (60-70 %).

En la sexta sesión, los manatíes se encontraron casi igualmente distribuidos en los arroyos (33 %), confluencias (39%) y río San Pedro (28%). Durante las sesiones nueve-doce, se recorrieron 5 km del río Limón, que se encuentra conectado al río San Pedro. En la novena sesión (mayo), se registró una profundidad promedio de 3 m y 11% de los manatíes, aunque en la décima sesión, aumentó a 14% de manatíes. Sin embargo, para la sesión 11 sólo se obtuvo un registro y en la 12 no se observó ninguno. La asociación de las variables con los sitios señala que el río San Pedro presentó mayor velocidad de corriente y profundidad, en comparación con las confluencias y los arroyos.



**Figura 8.** Diagrama del análisis de correspondencia canónica entre los sitios con registros de manatíes y las sesiones de muestreo y variables ambientales. Las “S” con los números indican la sesión de monitoreo. Los nombres de los sitios en letras negras y las variables ambientales en letras azules.

**Cuadro 6.** Porcentaje de manatíes avistados y variables ambientales en cada sección del sistema durante las 12 sesiones de muestreo.

Sesiones de muestreo	Sitios de muestreo	% de manatíes registrados por sección		Velocidad de Disponibilidad de vegetación	
		Profundidad (m)	Velocidad corriente (m/min)	Disponibilidad de vegetación (%)	
1	Desembocadura	0	3.47	19.37	0
	San Pedro	29	6.43	7.59	0
	Confluencias	57	3.53	0.00	20
	Arroyos	14	2.20	0.00	0

	Desembocadura	5	2.57	16.69	0
2	San Pedro	20	5.67	7.44	0
	Confluencias	60	2.90	1.69	20
	Arroyos	15	1.13	2.57	0
	Desembocadura	0	3.40	10.75	0
3	San Pedro	17	6.40	5.99	55
	Confluencias	13	3.50	2.03	40
	Arroyos	70	2.10	3.58	25
	Desembocadura	2	2.13	22.37	0
4	San Pedro	19	5.57	11.01	20
	Confluencias	46	2.70	2.33	25
	Arroyos	33	1.00	2.67	15
	Desembocadura	0	2.00	15.87	0
5	San Pedro	18	5.30	10.50	25
	Confluencias	72	2.33	0.00	25
	Arroyos	10	0.67	6.87	10
	Desembocadura	0	2.30	13.90	0
6	San Pedro	28	5.73	7.97	30
	Confluencias	39	3.07	3.83	27
	Arroyos	33	1.53	8.80	32
7	Desembocadura	0	1.37	12.54	0

	San Pedro	39	4.73	4.88	0
	Confluencias	61	2.00	0.00	0
	Arroyos	0	0.40	0.00	0
<hr/>					
	Desembocadura	0	1.23	10.37	0
8	San Pedro	100	4.23	7.13	0
	Confluencias	0	1.43	8.07	0
	Arroyos	-	-	-	-
<hr/>					
	Desembocadura	0	1.10	19.40	0
	San Pedro	79	4.13	9.83	0
9	Confluencias	11	1.47	0.00	0
	Arroyos	-	-	-	-
	Río Limón	10	3	10.23	5
<hr/>					
	Desembocadura	0	1.10	18.57	0
	San Pedro	86	4.10	9.27	0
10	Confluencias	0	1.50	0.00	0
	Arroyos	-	-	-	-
	Río Limón	14	3	15.73	5
<hr/>					
	Desembocadura	0	2.30	21.67	50
11	San Pedro	10	5.17	9.43	20
	Confluencias	50	2.43	2.67	60
	Arroyos	39	0.93	4.17	70

	Río Limón	1	4.13	11.33	60
	Desembocadura	1	2.37	18.79	5
	San Pedro	9	5.67	11.09	5
12	Confluencias	35	3.30	3.20	50
	Arroyos	55	1.23	3.63	30
	Río Limón	0	4.23	11.33	60

Las plantas que fueron colectadas en los puntos de la toma de variables y los sitios donde se avistaron los manatíes corresponden a 12 especies distribuidas en ocho familias (Cuadro 7). Las especies más comunes fueron *Dalbergia glabra* (mucal) *Lonchocarpus hondurensis* (gusano), *Mimosa pigra* (zarza) y *Parmentiera parviflora* (mucal).

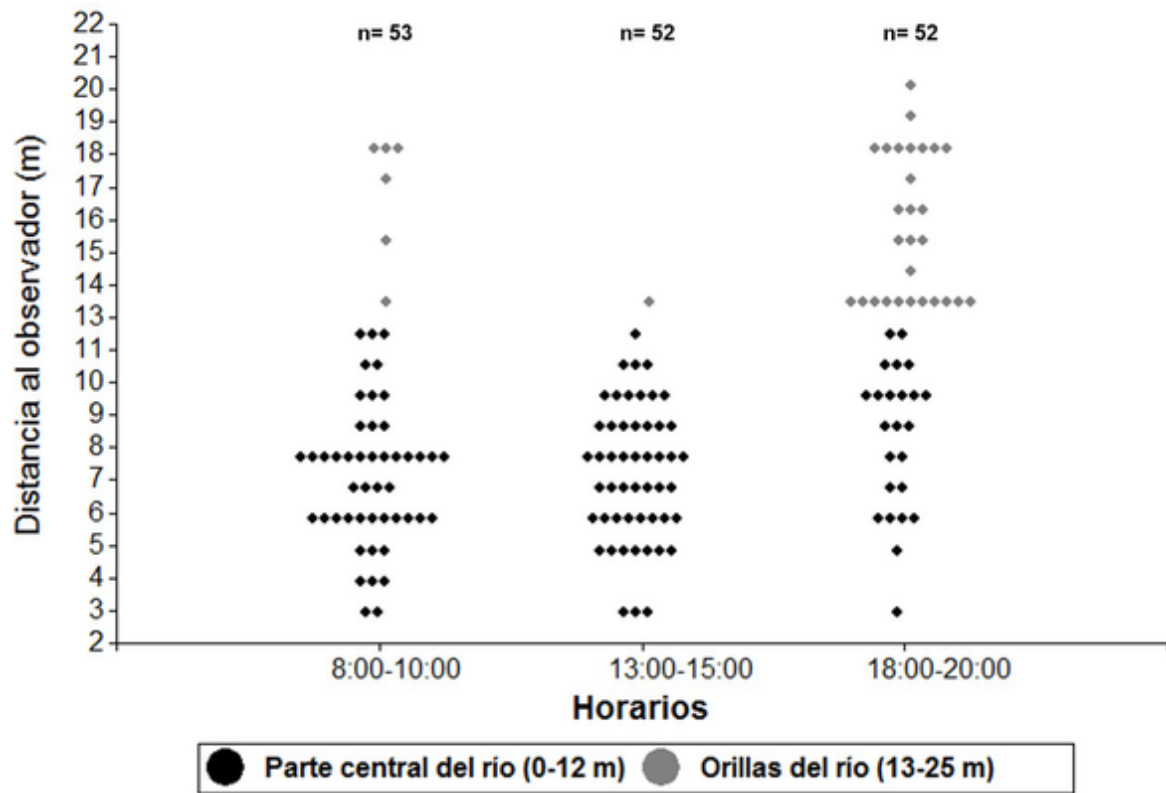
**Cuadro 7.** Especies de plantas colectadas en el área de estudio.

Familia	Especie
Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i>
Poaceae	<i>Luziola peruviana</i>
	<i>Paspalum</i> sp.
Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>
	<i>Haematoxylum campechianum</i>
	<i>Lonchocarpus hondurensis</i>
	<i>Inga</i> sp.
Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i>

Malvaceae	<i>Hampea macrocarpa</i>
Bignoniaceae	<i>Clytostoma binatum</i> <i>Parmentiera parviflora</i>
Verbenaceae	<i>Citharexylum hexangulare</i>
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>

En el sistema existe una regeneración de la vegetación por la dinámica de las crecientes y vaciantes. Durante el rezumo (creciente), la vegetación quedo sumergida, lo que provoca que la vegetación muera con el paso de los días. Durante la vaciante, la vegetación que estuvo sumergida quedó en la forma de ramas desnudas y vegetación en descomposición. Durante los meses más secos (abril y mayo), donde los niveles del agua se mantuvieron bajos, la vegetación tuvo el tiempo para regenerarse y cubrir suelos desnudos. Por lo tanto, cuando se registró de un nuevo rezumo, muchas áreas de vegetación quedaban nuevamente inundadas y otras en contacto con el espejo de agua.

El número de manatíes registrado no fue diferente entre los tres distintos intervalos de horario (Friedman,  $\text{Chi}^2 = 0.5$ ,  $\text{gl} = 2$ ,  $p = 0.7788$ ), lo que sustenta que el horario usado en todo el estudio no presentó sesgo. En cuanto a las posiciones de los manatíes en los tres intervalos de horario, los manatíes se ubicaron mayormente en la parte central del río por la mañana (8:00-10:00) y al medio día (13:00-15:00), pero en la tarde (18:00-20:00) tuvieron tendencia a estar próximos a las orillas del río (Fig. 9).



**Figura 9.** Distancia a la que se registraron los manatíes sobre el río San Pedro en los tres diferentes intervalos de horario, durante cinco sesiones.

## Discusión

Los registros obtenidos con el sonar, permitieron clasificar en dos categorías de edad a los manatíes (cría y adulto). A través de la presencia de las crías, se pudo comprobar que al menos 46 de los 425 registros (adultos) son hembras. El porcentaje de crías obtenido en este estudio (10%), es ligeramente mayor al reportado para Belice y Bahía de Chetumal (7.4 %) detectado a través de censos aéreos. Considerando que esta región del Caribe es de gran valor para los manatíes (Morales-Vela et al. 2000), resalta aún más la importancia que reviste el río San Pedro por albergar un buen número de hembras con crías.

La falta de movilidad en los manatíes, al momento de ser detectados, favoreció su registro. Esta conducta parece asociarse a un comportamiento natural inducido en respuesta a la presencia de la lancha, cuando permanecen quietos y casi en la misma posición aún después de hacer tres barridos por el mismo punto. Probablemente, esto generó que la actividad que más se registrara fuera sin movimiento (73 %), la cual indica que los manatíes no se asustan o huyen por el sonido emitido por el sonar.

Los grupos detectados en estas áreas pueden estar condicionados por el cambio en la profundidad y no de manera natural. Debido, a que en el sistema los manatíes se concentraban en el área de las confluencias, estos sitios son utilizados para acceder a los arroyos cuando incrementa el nivel del agua, por lo tanto, los individuos están asociados para compartir áreas de descanso. Durante las concentraciones, no se detectaron agrupaciones reproductivas, ya que una asociación o grupo reproductivo de manatíes se caracteriza por presentar alta competencia entre los machos y persecución persistente hacia la hembra (Reep y Bonde, 2006). Comportamiento que no fue observado en los grupos detectados.

El sistema del río San Pedro es un sitio importante para la presencia y crianza de manatíes, pues durante este estudio, se registró la presencia de hembras con crías (una cría muerta en febrero y tres vivas observadas en un mismo día en distintos sitios). Cabe destacar que las confluencias fueron constantemente utilizadas por las hembras, aunque en ocasiones se movían a los arroyos, ya que ambos sitios les proveen a las



hembras áreas con aguas tranquilas y suficiente alimento para el desarrollo de sus crías. Únicamente en mayo, se registraron hembras con crías en el río San Pedro, donde la velocidad de corriente fue mayor, pero esto coincidió con las bajas profundidades que se presentaron en el resto del sistema en ese mes. En Florida y para la cuenca baja del río Usumacinta, se conoce que las madres con cría tienen preferencia por estar en sitios con baja velocidad de corriente y con acceso al alimento (Gannon et al. 2007; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014), lo que coincide plenamente con lo observado en este estudio. Aparentemente, los arroyos son usados para el nacimiento de crías, ya que se observó a una madre asistiendo a su pequeña cría para salir a respirar y ocultarse bajo el agua al paso de alguna lancha. Esta conducta de apoyo ocurre solo justo después del parto (Hartman 1979). Además, la madre y su cría permanecieron en el mismo sitio durante los tres días consecutivos de observación, donde se presentó muy baja velocidad de corriente (2 m/min), alta disponibilidad de vegetación y poca presencia de lanchas.

Las variaciones en la densidad y abundancia de manatíes se relacionaron con los movimientos de los animales entre el sistema y las zonas circundantes, por efecto de las vaciantes y crecientes. Para ello, se reconocen tres rutas que los animales usan como salida y entrada, la desembocadura del río San Pedro al río Usumacinta, el río Limón y las lagunas Susil y Balmoc. Aparentemente, a inicios del año los manatíes se encontraban en las áreas circundantes del sistema, ya que, se obtuvo la densidad más baja en la primera sesión de monitoreo (enero). El sistema presentaba una profundidad adecuada para que los manatíes tuvieran acceso a todas las áreas (2-6.4 m); sin embargo, existía una limitada disponibilidad de vegetación.

Los registros de manatíes en las sesiones uno y dos se encontraron en mayor proporción sobre las confluencias, única zona que presentó disponibilidad de vegetación. La entrada de los manatíes al sistema en las siguientes sesiones se relaciona con el aumento en la profundidad y la disponibilidad de alimento. La caída drástica de la densidad y abundancia (en el mes de abril) después de una continua entrada de animales fue ocasionada por el periodo de vaciante provocando la reducción de las áreas disponibles. Se observó un mes de estabilidad en la profundidad (mayo), lo

que influyo de nuevo en la entrada de los manatíes y debido al conocimiento que lo animales tienen de la dinámica, se resguardaron en zonas profundas como las confluencias, en espera del rezumo. Las sesiones que presentaron altos coeficientes de variación se relacionaron con los movimientos de los manatíes entre el sistema y las áreas que lo rodean. Dependiendo del tipo de evento (vaciante o creciente) que atravesaron hubo salida o entrada de manatíes. La posible ocupación de las lagunas, a pesar de no ser evaluadas, se basa en las observaciones de manatíes cercanos a las entradas de estos cuerpos de agua. Además, es bien conocido por los lugareños que los manatíes son frecuentemente observados en las lagunas durante el rezumo.

Los manatíes realizaron un constante movimiento entre el río San Pedro y los arroyos, por efecto de las vaciantes y crecientes. Un patrón similar, pero a escala regional, fue reportado para el manatí amazónico, que realiza migraciones entre lagunas y el caudal principal, a causa de la temporalidad. De esta manera, evita riesgos de quedar atrapado en zonas con poca profundidad y ser vulnerable a los depredadores (Arraut et al. 2010). En el sistema del río San Pedro, es posible que los depredadores no sean un problema, pero sí tienen el riesgo de quedar varados por los bajos niveles de agua que alcanzan las lagunas y los arroyos en los meses más secos.

Es importante señalar que los meses de monitoreo abarcaron mayormente la temporada seca (marzo-mayo), lo que generó una mayor ocupación del río San Pedro. La profundidad del río San Pedro siempre fue mucho mayor que la de los arroyos, lo que permitió que los manatíes pudieran establecerse por más tiempo, aunque los niveles del agua disminuyeran, las profundidades promedio más bajas fueron de 2.3 m permitiendo moverse libremente sobre el río San Pedro hasta su desembocadura con el río Usumacinta. Además, esta profundidad ha sido señalada como preferencial para los manatíes (Axis-Arroyo et al. 1998).

Morales-Vela et al. (2007) calculan que existen entre 1000 y 2500 manatíes en México, y solo para Tabasco, alrededor de 1000 individuos (UNEP 2010), estimación que debe ser tomada con cautela ya que se basó en estudios cualitativos. Las únicas estimaciones de abundancia en sitios puntuales en el estado de Tabasco, indican que el río San Pedro presenta abundancias relativas similares a las del río Bitzales en

Macuspana y el río San José en Jonuta. En el río Bitzales se tiene un máximo de 23 avistamientos en un día (Puc-Carrasco et al. en prensa), número cercano al que se obtuvo en esta investigación (30 individuos). Con el ejercicio de la extrapolación se indica que pudieran existir un número cercano a 40 manatíes en el sistema. Estos ríos han sido catalogados de gran valor por la importante abundancia de manatíes, sobre todo los que forman parte de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (ríos Bitzales y San José). Sin embargo, los resultados reflejan que los manatíes posiblemente no sean tan abundantes en el estado de Tabasco como se ha estimado en estudios cualitativos (Colmenero-Rolón 1985; Colmenero-Rolón y Hoz-Zavala 1986; Arriaga y Contreras 1993; SEMARNAT/CONANP 2010). Esta sobrevaloración pudiera asociarse a una alta frecuencia de avistamientos por los pescadores y lugareños, más que a una alta cantidad de animales.

Los sitios con mayor densidad de manatíes, se caracterizaron por tener aguas lentas y disponibilidad de vegetación, en la mayoría de los casos. Para el río San Pedro, la presencia de los manatíes se relacionó con menores velocidades de corriente, pero con mayores profundidades, esta relación se observó ya que los manatíes ocuparon el río en los procesos de vaciante, provocando que se concentraron en los sitios con mayores profundidades, por lo general, lo hacían en las zonas de las confluencias, las cuales presentaban bajas o nulas velocidad de corriente. Para los arroyos Susil y Balmoc, fue una menor profundidad y mayor disponibilidad de vegetación. La relación con profundidades bajas se debe a que estos cuerpos de aguas nunca alcanzaron más de 3.5 m. Además, los manatíes hacían uso de los arroyos cuando se presentaba una elevación en el nivel del agua que daba acceso a estas áreas y a la vegetación.

En el sistema del río San Pedro, los cambios en la profundidad condicionan la distribución de los manatíes, al igual que se reporta para los humedales del noroeste de Costa Rica y Nicaragua (Jiménez 2005). Cuando existe acceso a toda el área, los manatíes se distribuían en los arroyos y lagunas, donde se presentan grandes extensiones de vegetación disponible. Para el río Orinoco (Bermúdez-Romero et al. 2004) y otras secciones del río Usumacinta (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014), se presenta un patrón similar, lo que refleja que la diversidad de ambientes y

características que proporcionan los sistemas lagunares favorece la presencia de los manatíes.

Las confluencias tuvieron un papel muy importante dentro del sistema, porque sirvieron como sitio de transición entre los arroyos y el río San Pedro. Esta misma función la desempeñan los caños entre las ciénegas y ríos en Colombia (Jaramillo Villa 2015). Durante la vaciante (disminución del agua), los individuos cambiaban su distribución y se posicionaban en mayores densidades en la confluencia, la cual tenía mayor profundidad que los arroyos. A pesar de que las confluencias no siempre presentaban vegetación disponible, si proveían aguas con baja velocidad de corriente que minimizan el gasto energético en época de estivación. Así mismo, presentaban profundidades que les permitían a los manatíes desplazarse de un sitio a otro (arroyos y ríos), dependiendo de la dinámica del sistema (vaciante o creciente). Por lo que eran sitios ideales de espera o refugio, mientras que las condiciones de los arroyos mejoraban. Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez (2014) ya habían hecho notar a las confluencias como sitios de mayor presencia de manatíes en sistemas fluvio-lagunares de la cuenca baja de los ríos Grijalva y Usumacinta, relacionando su presencia con la conectividad que tienen la confluencias con otros ambientes y por el uso que les dan en el periodo de vaciante.

Cuando las profundidades disminuyeron (abril y mayo), los manatíes se desplazaron hacia la desembocadura, donde había una mayor profundidad (4 m). Castelblanco-Martínez et al. (2009) y Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez (2014) relacionaron altas profundidades con la presencia de los manatíes en la temporada seca, ya que se refugian en pozas que podían presentar profundidades de hasta 20 m. De igual manera, el río Limón fue ocupado por los manatíes en mayo, cuando todavía tenía profundidades adecuadas para el desplazamiento de los manatíes (3 m). Sin embargo, en junio, cuando las confluencias y los arroyos aumentaron su profundidad, el río Limón fue abandonado.

A nivel regional se han descrito que los manatíes realizan movimientos de los sistemas lagunares a los ríos principales conforme el nivel del agua va descendiendo (Arriaga y Contreras 1993; Rivas-Rodríguez et al. 2012) y que incluso, pueden llegar hasta la

desembocadura hacia el mar (Colmenero-Rolón 1986). Los patrones descritos a nivel regional, sobre los movimientos de los manatíes (Colmenero-Rolón 1986; Arriaga y Contreras 1993; Rivas-Rodríguez et al. 2012), se replican a una escala local, esto a pesar de que no se muestreó en lluvias y parte de la temporada de nortes, cuando se presentan las inundaciones. Los manatíes responden a los pequeños cambios en el área, lo que nos puede ayudar a explicar lo que está sucediendo en otros sistemas que se encuentran conectados al río Usumacinta.

De las hipótesis planteadas, no se cumplió con la detección de un mayor número de manatíes sobre la desembocadura del río San Pedro al Usumacinta y en el brazo cercano a la misma. Es posible que los manatíes no ocuparan el brazo por las altas velocidades de corriente que allí se presentan (56 m/min), porque es un sitio somero (2 m en promedio) y por la mayor actividad humana. Sobre la desembocadura, se obtuvieron pocos registros (tres avistamientos) y no fue posible observar un manatí sobre el río Usumacinta. Los lugareños comentaron haber observado manatíes y grupos reproductivos sobre el río Usumacinta cerca de la entrada al sistema, hace aproximadamente siete años (Amanda Cruz y Norma Flores com. pers.), lo que indica que los manatíes son poco comunes de observar sobre el cauce principal.

Durante el periodo de estudio (enero-junio 2016) se registró una variación de 2.5 m de profundidad en el sistema. González-Socoloske (2013), en sistemas lagunares conectados al río Usumacinta en el estado de Tabasco, observó variaciones de más de 6 m en la profundidad en un ciclo anual, estas variaciones en el nivel del agua afectan la disponibilidad de plantas para el manatí. Aunque no se realizó una caracterización tan detallada sobre la vegetación presente en el área, se percibió que era muy homogénea, con poca riqueza de especies (13 especies). La vegetación arbórea está presente en el área, pero es poco disponible, aunque en periodos de aguas altas, su disponibilidad aumenta. Durante la temporada seca, surgieron dos especies de plantas llamadas localmente como pan caliente y flor de laguna (*Luziola peruviana* y *Ludwigia peploides*) en los márgenes de los ríos y arroyos que se encontraban descubiertos. Estas plantas no habían sido registradas en los meses previos y no estuvieron disponibles para el manatí hasta que se observó un aumento en el nivel del agua. Para

sistemas lagunares que se encuentran aproximadamente a 70 km río abajo del área de estudio, se reporta mayor riqueza de especies (72); sin embargo, ésta fluctúa con base en los niveles del agua, como se observa en esta investigación.

Durante los tres diferentes horarios de recorrido, los manatíes se percibieron poco activos. En el horario crepuscular (18:00-20:00), estuvieron más próximos a las orillas de los cuerpos de agua, en comparación con los de la mañana (8:00-10:00 am) y tarde (13:00-15:00). Esto puede indicar que los manatíes se aproximan a las orillas en este horario porque se alimentan por las noches. Se ha descrito que las manatíes, durante el día, permanecen en zonas de descanso acompañados por otros individuos, y durante el amanecer, crepúsculo y noche, se mueven a las zonas de alimentación (Powell 1996; Jiménez 2000, 2002). En general, el sistema del río San Pedro es un área de poca actividad en cuanto al paso de lanchas con motor durante el día. Sin embargo, se señala que el comportamiento nocturno de los manatíes antillanos puede estar ligado con los años de práctica de cacería por parte del humano (Jiménez 2000). En Florida, donde es poco probable la cacería, los manatíes presentan un patrón arrítmico en las horas de alimentación, puesto que comen de día y de noche (Hartman 1979). Colmenero-Rolón y Hoz-Zarate (1986) describen que, para los humedales de la parte sur de Tabasco, los manatíes se alimentan durante todo el día, actividad que no fue corroborada en este estudio.

Las inspecciones nocturnas no fueron posibles, debido a que el río y los arroyos presentaban árboles y troncos sobre el agua, lo que volvía peligrosa la navegación. Sin embargo, a través de la plática con tres pescadores que hacen guardias en sus tapes (trasmallos) para la captura de peces, han observado a manatíes alimentándose de la vegetación de las orillas entre 4:00-6:00 a.m.

La presente investigación es el primer trabajo sistematizado para conocer la densidad de los manatíes en el sistema del río San Pedro. El seguimiento de la densidad a través del tiempo mostró como la dinámica hidrológica (vaciantes y crecientes) la afecta directamente, al igual que a su distribución espacial y temporal.

Espacialmente, los manatíes se distribuyeron por todas las secciones que conformaron el sistema del río San Pedro, pero en tiempos diferentes. Se corroboró la hipótesis de que los manatíes, durante las vaciantes, fueron más abundantes sobre el tributario (río San Pedro), en especial sobre las confluencias. En tanto que, en el rezumo, eligieron estar sobre los arroyos porque les proporcionaban alimento y aguas tranquilas. La distribución en algunas sesiones se vio limitada por el acceso o restricción de las áreas por los periodos de vaciantes y crecientes.

La relevancia de los sistemas fluvio-lagunares para los manatíes radica en la diversidad de ambientes, recursos y condiciones que éstos les ofrecen, para el establecimiento de sus poblaciones (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). La importancia del sistema del río San Pedro es que aparentemente, no se presenta otro sistema con características similares río arriba, hacia la frontera con Guatemala.

Es claro que aún falta mucha investigación para entender la dinámica de los sistemas fluvio-lagunares y cómo los manatíes están adaptados a los mismos, pero este es el primer paso para darle el valor a estos sistemas como sitios prioritarios para el manejo y conservación del manatí Antillano.

## Conclusiones

- El sistema fluvio-lagunar del río San Pedro es usado por las hembras de manatí Antillano (*Trichechus manatus manatus*) para nacimientos y crianza de las crías. Su presencia fue constante durante el estudio.
- El presente trabajo es el primer estudio que se realiza de manera sistemática para conocer la densidad de los manatíes y su variación por efecto de los periodos de vaciante y creciente en la parte sur del estado de Tabasco. Se logró detectar la presencia de 30 manatíes diferentes en el área muestreada. El índice de densidad promedio fue de 11.3 manatíes/km<sup>2</sup> y se calculó la existencia de al menos 40 manatíes en todo el sistema del río San Pedro, sin considerar las dos lagunas no muestreadas.
- Durante las doce sesiones de muestreo, siempre se contó con la presencia de manatíes en el sistema, pero con variaciones a lo largo del tiempo, que se relacionan con los movimientos que los individuos realizan entre los ambientes (río, arroyos, lagunas) a causa de las fluctuaciones en el nivel del agua. Estos movimientos se observaron entre los días de muestreo por sesión y entre sesiones.
- Los manatíes se distribuyeron por todo el sistema, pero esta distribución se vio influenciada principalmente por la profundidad. En general, cuando los niveles del agua fueron más bajos, los manatíes se encontraban sobre el río San Pedro. Cuando los niveles del agua permitían el acceso a los arroyos, los manatíes tuvieron preferencia por esta sección del sistema y las lagunas.
- Las confluencias son sitios de importancia para los manatíes, porque funcionan como sitio de transición entre el río San Pedro y los arroyos. Se caracterizan por presentar aguas tranquilas que son utilizadas constantemente por los manatíes, en especial por las hembras con crías.



- Los sitios que ocuparon los manatíes se caracterizaron por presentar 3 m de profundidad en promedio, bajas velocidades de corrientes y con disponibilidad de vegetación.
- Durante el día los individuos ocuparon el centro del canal y durante el crepúsculo se ubicaron en las orillas. Este comportamiento puede indicar que los manatíes se están alimentando durante la noche, ya que en el día no se tuvieron observaciones de esta actividad.
- El río San Pedro y sus afluentes son homogéneos en cuanto a la riqueza de plantas disponibles para alimento de los manatíes.
- El sistema del río San Pedro es un sitio de gran relevancia para la presencia de la especie, por la constancia de avistamientos, presencia de hembras con cría y por ser el último sistema conectado al Usumacinta con características adecuadas para la permanencia del manatí hasta la frontera con Guatemala.

## Literatura citada

Álvarez-Flores CM, Aguayo Lobo A, Johnson Mujica LD. 1988. Observaciones sobre el manatí, *Trichechus manatus*, en la región media del Usumacinta, Tabasco. Villahermosa: Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos.

Arraut EM, Marmontel M, Mantovani JE, Novo EMLM, Macdonald DW, Kenward RE. 2010. The lesser of two evils: Seasonal migrations of Amazonian manatees in the Western Amazon. *J. Zool.* 280:247-256.

Arriaga S, Contreras W. 1993. El manatí (*Trichechus manatus*) en Tabasco. Informe técnico. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa, Tabasco.

Axis-Arroyo J, Morales-Vela B, Torruco-Gómez D, Vega-Cendejas EM. 1998. Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). *Trop. Biol.* 46:791-803.

Badii MH, Castillo J, Cortez K, Wong A, Villalpando P. 2007. Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones de Negocios* 4:405-422.

Bermúdez-Romero A, Castebianco-Martinez ND, Trujillo F. 2004. Patrones de presencia y uso diferencial y uso del hábitat de *Trichechus manatus manatus* en el río Orinoco dentro de la zona de influencia de Puerto Carreño, Vichada. *Fauna Acuática en la Orinoquía Colombia*: 133-158.

Castelblanco-Martínez DN, Bermúdez-Romero AL, Gómez-Camelo IV, Rosas Weber FC, Trujillo F, Zerda-Ordoñez E. 2009. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. *Oryx* 43:235-242.

Castelblanco-Martínez DN, Gómez Camelo I, Bermúdez AL. 2005. Ecología y conservación del manatí Antillano *Trichechus manatus manatus* en la zona

comprendida entre Puerto Carreño, Colombia y Puerto Ayacucho, Venezuela. Venezuela: Sirenian International.

Colmenero-Rolón LC. 1985. Aspectos de la ecología y comportamiento de una colonia de manatíes (*Trichechus manatus*) en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autónoma México, Ser. Zool. 56:589-602.

Colmenero-Rolón LC, Hoz-Zavala ME. 1986. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autónoma México. Ser. Zool. 3:955-1030.

Daniel-Rentería I, Serrano A, Sánchez-Rojas G. 2012. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Alvarado Lagoon System (Veracruz, Mexico). Cien. Mar. 38:459-465.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Efron B. 1979. Bootstrap methods: Another look at the Jackknife. Ann. Stat. 7:1-29.

Estrada-Loreto F, Barba-Macías E, Ramos Reyes R. 2013. Cobertura temporal de los humedales en la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. Univ. y Ciencia 29:141-151.

Gallegos M, Merino M, Rodriguez A, Marba N, Duarte C. M. 1994. Growth patterns and demography of pioneer Caribbean seagrasses *Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 109:99-104.

Gannon JG, Scolardi KM, Reynolds JE, Koelsch JK, Kessenich TJ. 2007. Habitat selection by manatees in Sarasota Bay, Florida. Mar. Mammal Sci. 23:133-143.

González-Socoloske D. 2013. Aspects of the feeding ecology of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the wetlands of Tabasco, Mexico. [Tesis de Doctorado] Duke University, 188 p.

González-Socoloske D, Olivera-Gómez LD. 2012. Gentle giants in dark waters: using side-scan sonar for manatee research. *Open Remote Sens. J.* 5 (1):1-14.

González-Socoloske D, Olivera-Gómez LD, Ford RE. 2009. Detection of free-ranging West Indian manatees *Trichechus manatus* using side-scan sonar. *Endanger. Species Res.* 8 (3):249-257.

Hartman DS. 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. First. Layne JN, J. Knox Jones J, eds. New York: American Society of Mammalogists.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía). 2006. Cuaderno estadístico municipal de Balancán. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía.

Jaramillo Villa Ú. 2015. El pulso de inundación. Los latidos del agua. En: Jaramillo Villa Ú, Cortez-Duque J, Flórez-Ayala C, editores. Colombia anfibia: Un país de humedales. Vol. 1. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p. 30-31.

Jiménez I. 2000. Los manatíes del río San Juan y los canales de Tortuguero: Ecología y conservación. San José, Costa Rica: Amigos de la Tierra.

Jiménez I. 2002. Heavy poaching in prime habitat: the conservation status of the West Indian manatee in Nicaragua. *Oryx* 36:272-278.

Jiménez I. 2005. Development of predictive models to explain the distribution of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in tropical watercourses. *Biol. Conserv.* 125:491-503.

Jiménez-Domínguez D, Ladrón de Guevara P, Olivera-Gómez LD. 2013. Monitoreo de manatí en Laguna de Términos, Campeche. Campeche. En: E-News Bulletin Gulf of Mexico, Large Marine Ecosystem. Mexico: Gulf of Mexico. p. 24-27.

Jiménez-Domínguez D, Olivera-Gómez LD. 2014. Características del hábitat del manatí Antillano (*Trichechus manatus manatus*) en sistemas fluvio-lagunares del sur del Golfo de México. *Therya* 5:601-614.

Ledesma R. 2008. Introducción al bootstrap. Desarrollo de un ejemplo acompañado de software de aplicación. *Tutor. Quant. Methods Psychol.* 4:51-60.

López-González E, Ruiz-Soler M. 2011. Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Rev. española Pedagog.* 248:59–80.

Mandujano-Rodríguez S. 2011. Ecología de poblaciones aplicada al manejo de Fauna Silvestre: cuatro conceptos (N,  $\lambda$ , MSY,  $P_e$ ). México: Instituto Literario de Veracruz.

March-Mifsut I, Castro M. 2010. La cuenca del Río Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable. En: Las cuencas hidrográficas de México: Diagnostico y priorización. Primera. México: Instituto Nacional de Ecología. p. 193-197.

Martella MB, Trumper E V, Bellis LM, Renison D, Giordano PF, Bazzano G, Gleiser RM. 2012. Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad Esfuerzo de muestreo. *Reduca* 5:71-115.

Morales-Vela B, Ortega-Argueta A, Olivera Gómez LD. 2007. Estimación poblacional de manatíes en México. En: Deutsch, C.J., Self-Sullivan, C. y A. Mignucci-Giannoni. 2007. *Trichechus manatus*. IUCN 2007 Red List of Threatened Species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

Morales-Vela B, Olivera-Gómez LD, Reynolds III JE, Rathbun GB. 2000. Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biol. Conserv.* 95: 67-75.

Nava-Puente L, Surendra Prasad S. 2007. Ajuste e interpretación de modelos de regresión logística con variables categóricas y continuas. *Univ. Médica Bogotá* 49:46-57.

Ochoa-Gaona S, Jiménez-Pérez N del C, Guadarrama-Olivera M de los A, Anacleto-Rosas AD, Delgado-Muñiz LE. 2014. Informe del estado de conocimiento de la vegetación ribereña y acuática en la cuenca del río Usumacinta. Villahermosa, Tabasco: Comisión Federal de Electricidad.

Ojasti J. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. Dallmeier F, editor. Washington D. C: Smithsonian Institution.

Olivera-Gómez LD, Jiménez-Domínguez D, González-Socoloske D. 2008. Uso del sonar de barrido lateral de imágenes para la detección del manatí Antillano en sistemas acuáticos con baja visibilidad.

Powell JA. 1996. The distribution and biology of the West African manatee (*Trichechus senegalensis* Link, 1795). United Nations Environmental Program, Regional Seas Program, Ocean and Coastal Areas. Nairobi, Kenya

Puc-Carrasco G, Olivera-Gómez LD, Jiménez-Domínguez D, Arriaga-Hernández S. en prensa. Abundancia Relativa de manatí Antillano en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla en la planicie costera de Tabasco, México. Cien. Mar. 42 (4)

Reep RL, Bonde RK. 2006. The Florida Manatee, Biology and Conservation. Gainesville: University Press of Florida.

Reynolds III JE, Morales-vela B, Lawler I, Edwards H. 2012. Utility and Design of Aerial Surveys for Sirenians. En: Hines EM, Reynolds III JE, Aragonés L V., Mignucci-Giannoni AA, Marmontel M, eds. Sirenian Conservation: Issues and Strategies in Developing Countries. Florida: University of Florida.

Rivas-Rodríguez BA, Ferrer-Pérez A, Colonnello G. 2012. Distribución, uso de hábitat y status poblacional del manatí (*Trichechus manatus*) en el tramo central del bajo. Mem. la Fund. La Salle Cien. Nat. 173:155-172.

Rodas-Trejo J, Romero-Berny E, Estrada A. 2008. Distribution and conservation of the West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Catazajá wetlands of northeast Chiapas, Mexico. Trop. Conserv. Sci. 1: 321-333.

[SEMARNAT] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su Acta Zool. Mex. Ciudad de México, México.

[SEMARNAT/CONANP] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Manatí (*Trichechus manatus manatus*). Ciudad de México, México.

Siegel S, Castellan NJ. 2009. Estadística No Paramétrica: Aplicada a las ciencias de la conducta. Cuarta. México: Trillas.

Smith TM, Smith RL. 2006. Ecología. Sexta. Martín romo M, editor. Madrid, España: Pearson Education.

Suárez-Achaval RG. 2010. "Caracterización del Hábitat del Manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar del Alvarado, Veracruz." [Tesis de Maestría] Universidad Veracruzana. 69 p.

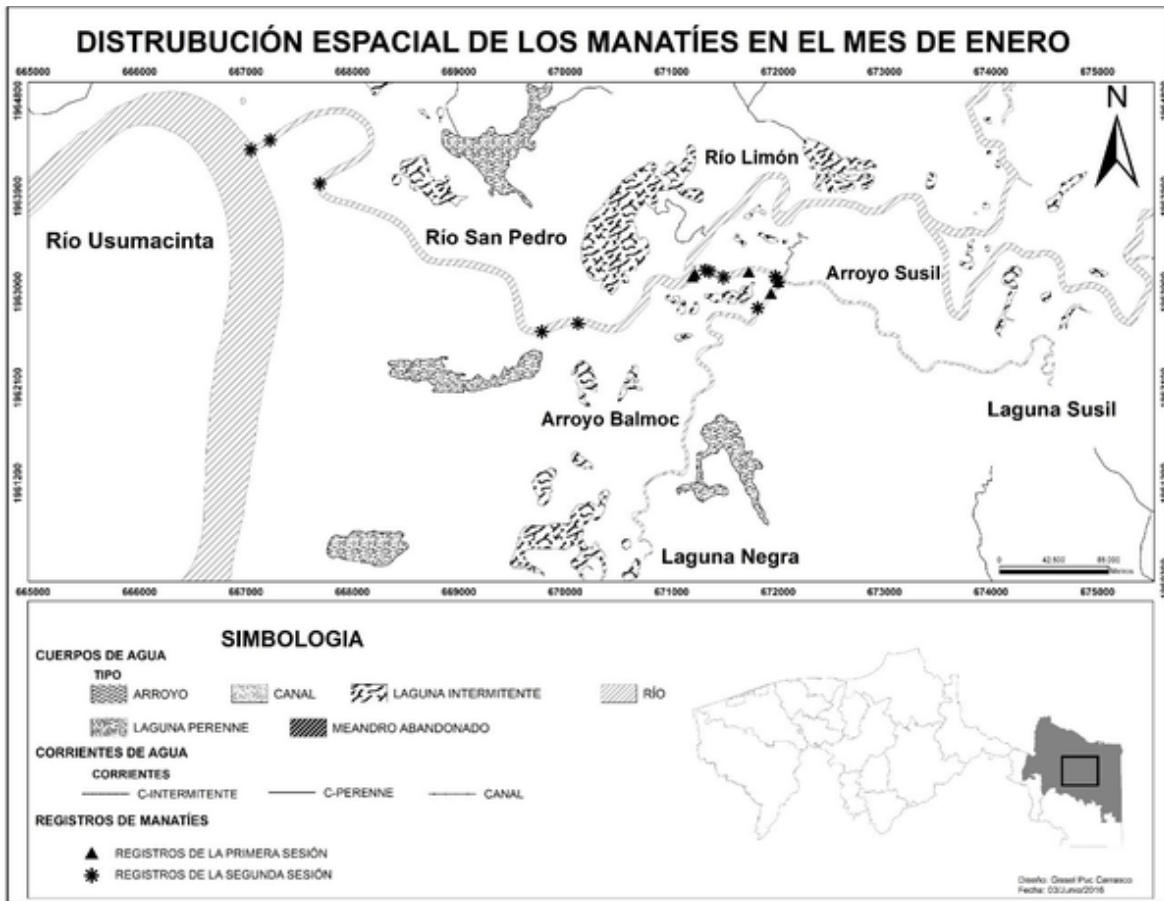
Ter Braak C. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis Stable. *Ecology* 67:1167-1179.

Toledo A. 2003. Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. Ciudad de México: INE-SEMARNAT.

[UNEP] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2010. Regional Management Plan for the West Indian Manatee. Compiled by Quintana-Rizzo E, Reynolds III J. Kingston, Jamaica.

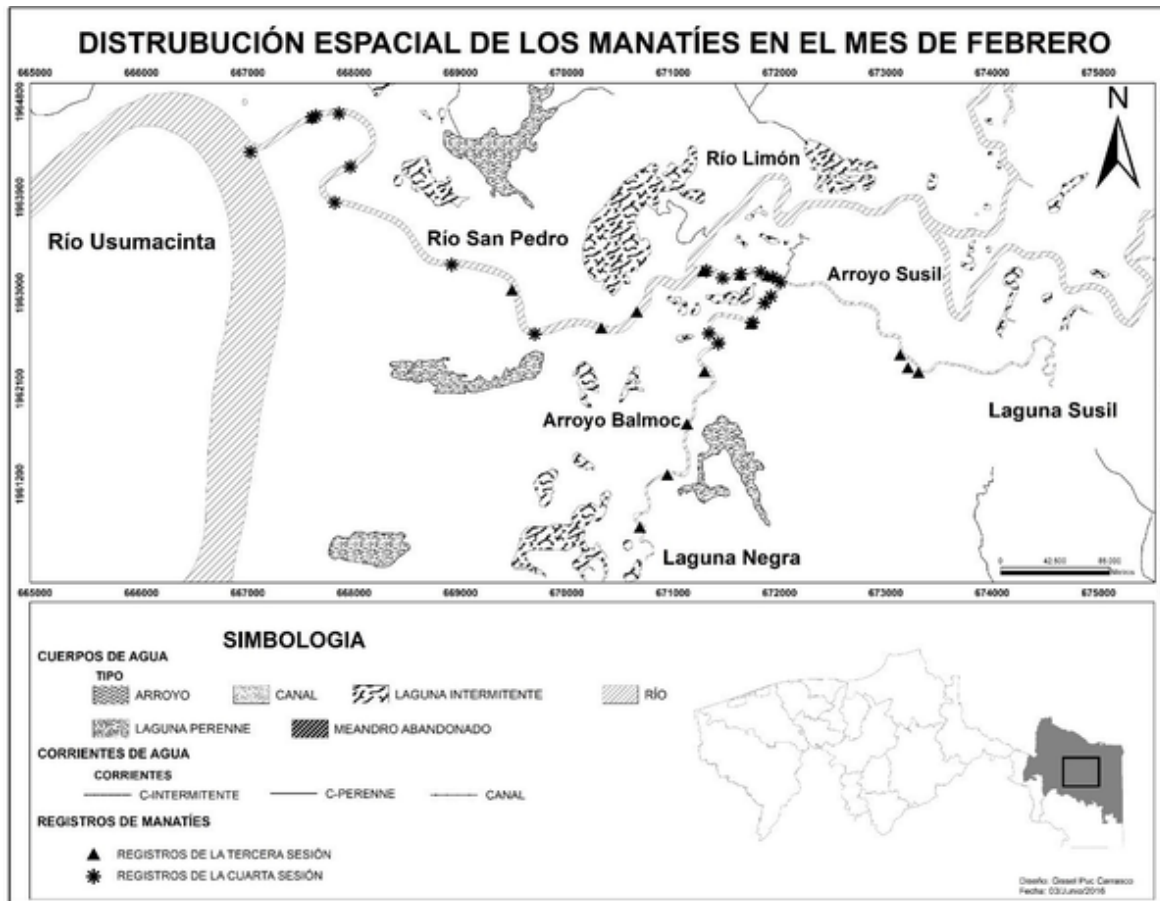
Vargas R, Rodríguez S. 2008. Dinámica de poblaciones. In: Ripa R, Larral P, eds. Manejo de plagas en paltos y cítricos. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. p. 220-237.

## Anexos

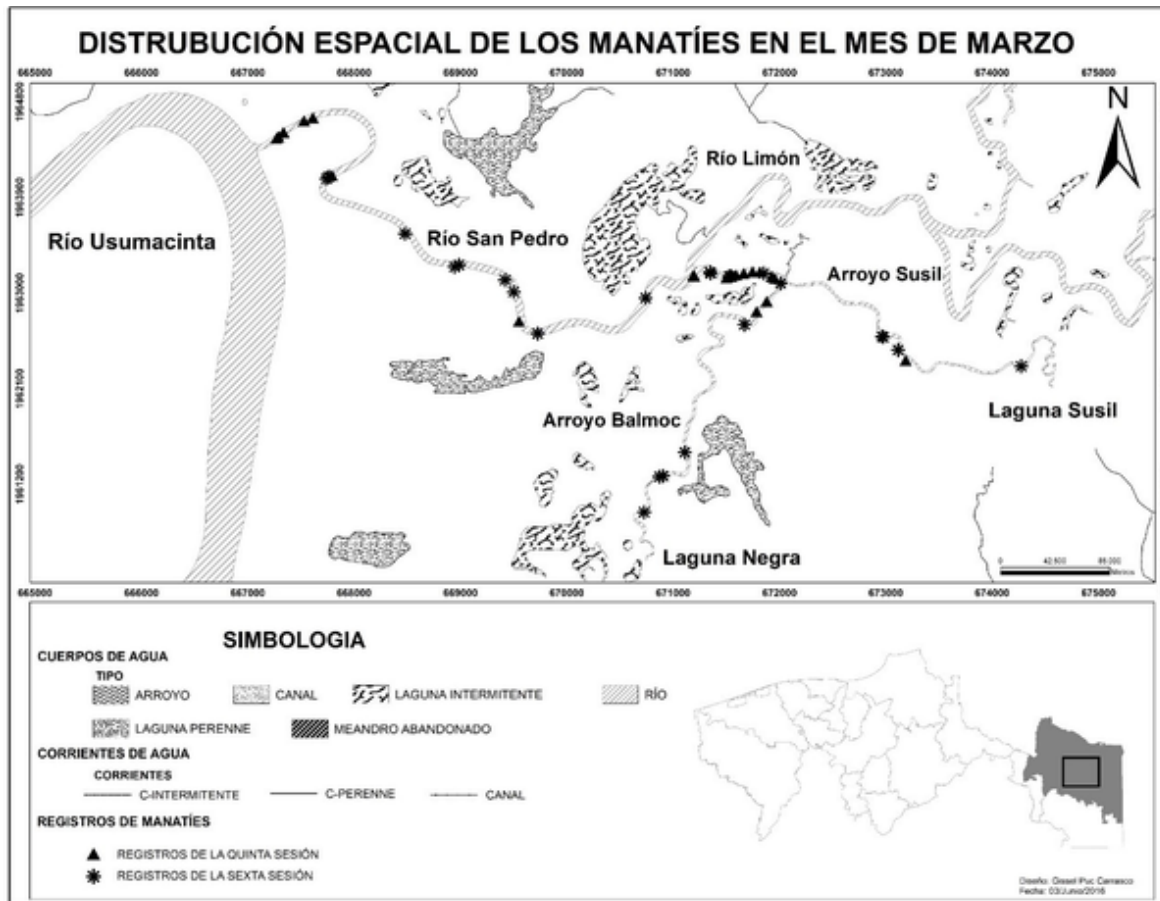


1-. Distribución espacial de los manatíes durante las sesiones uno y dos correspondientes al mes de enero de 2016, en el río San Pedro y sus afluentes.

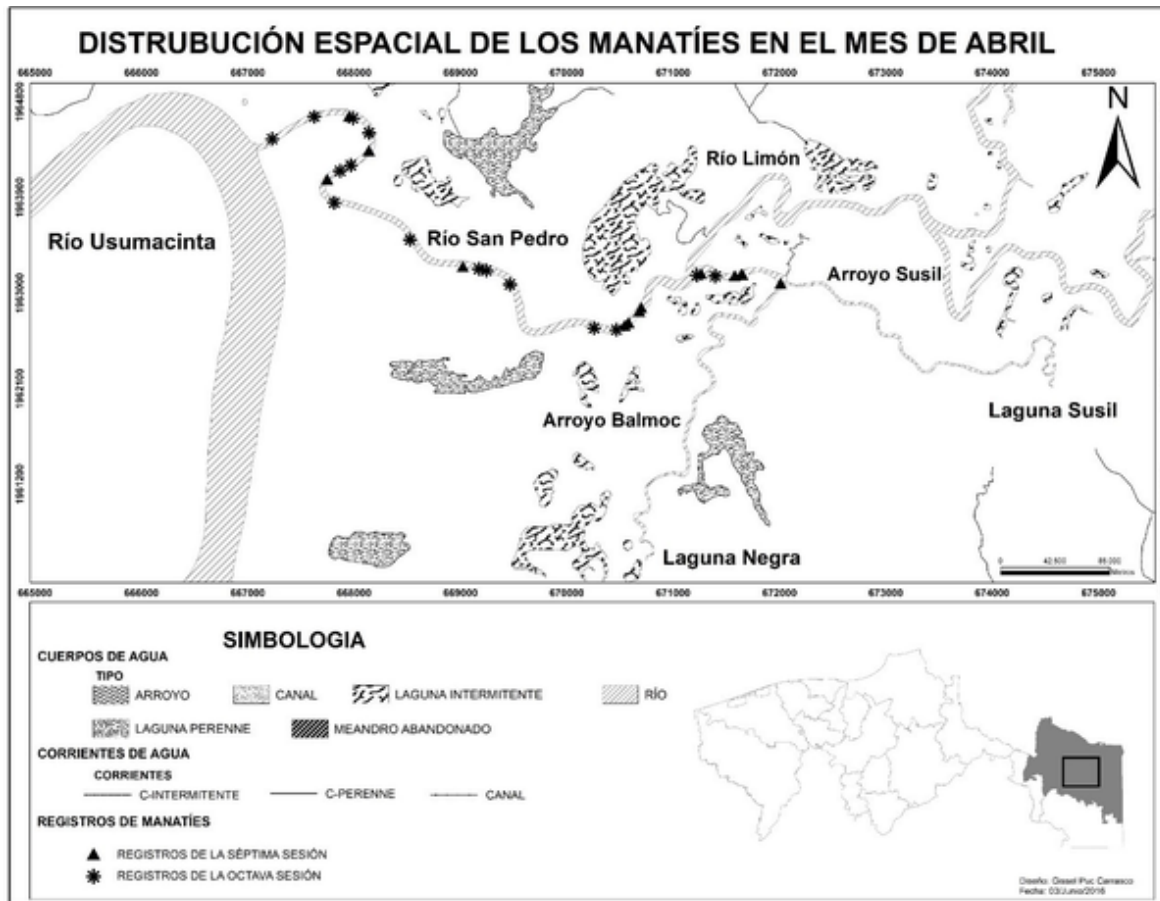




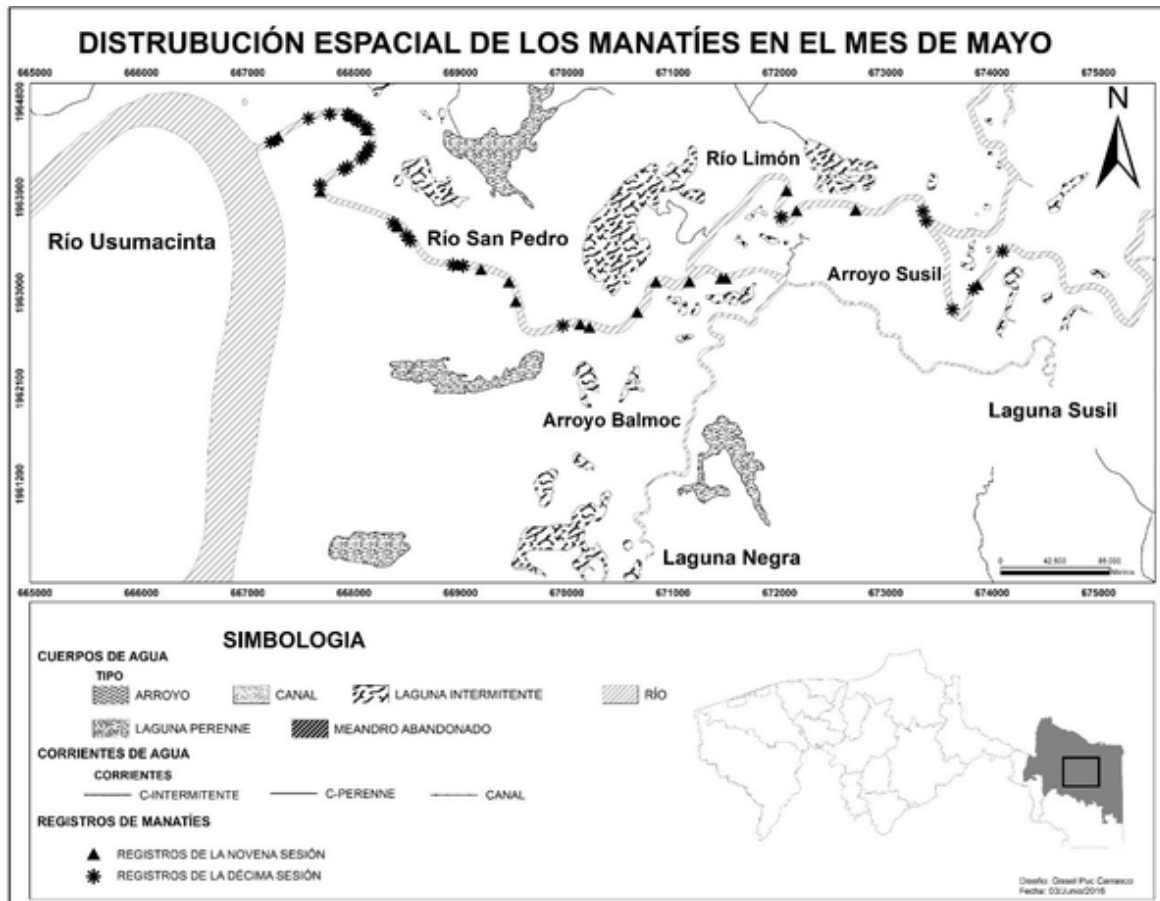
2.- Distribución espacial de los manatíes durante las sesiones tres y cuatro correspondientes al mes de febrero de 2016, en el río San Pedro y sus afluentes.



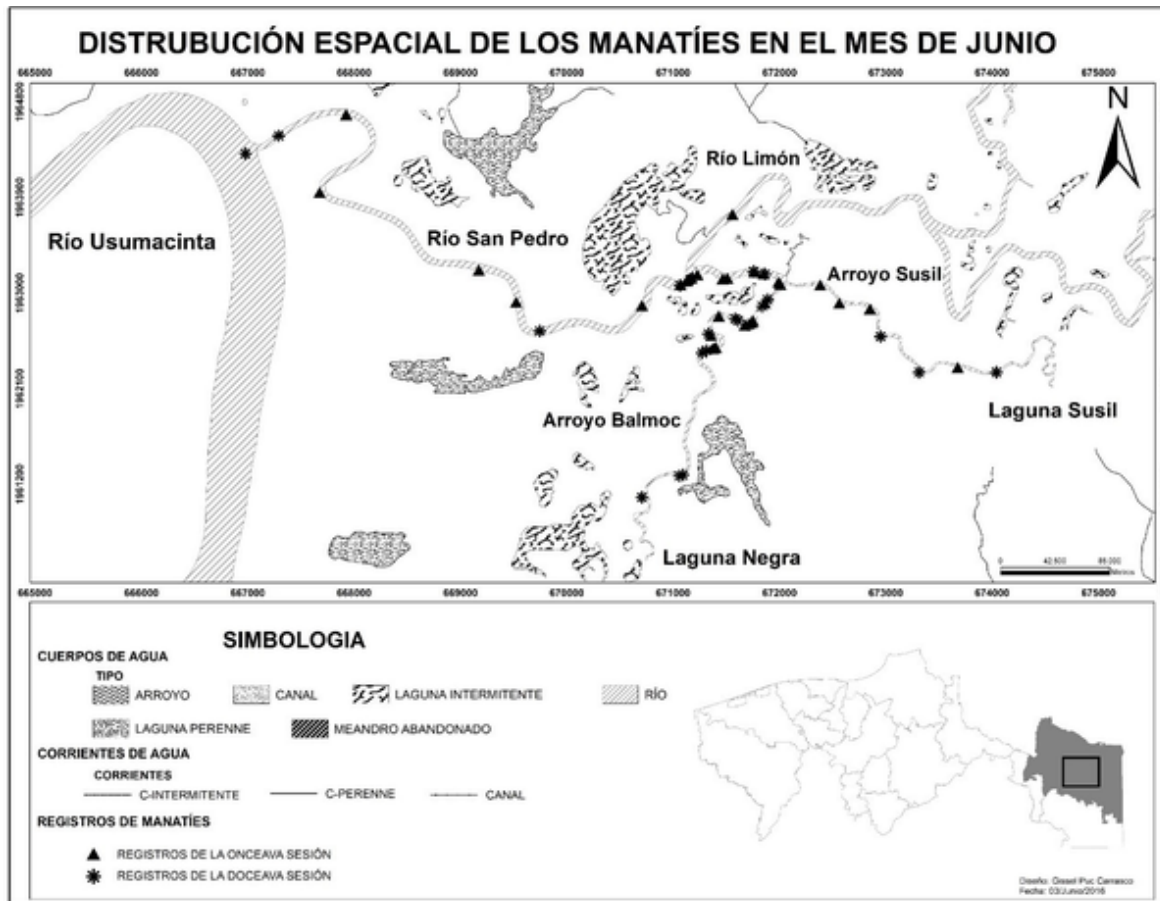
3.- Distribución espacial de los manatíes durante las sesiones cinco y seis correspondientes al mes de marzo de 2016, en el río San Pedro y sus afluentes.



4.- Distribución espacial de los manatíes durante las sesiones siete y ocho correspondientes al mes de abril de 2016, en el río San Pedro y sus afluentes.



5.- Distribución espacial de los manatíes durante las sesiones nueve y diez correspondientes al mes de mayo de 2016, en los ríos Limón y San Pedro y sus afluentes.



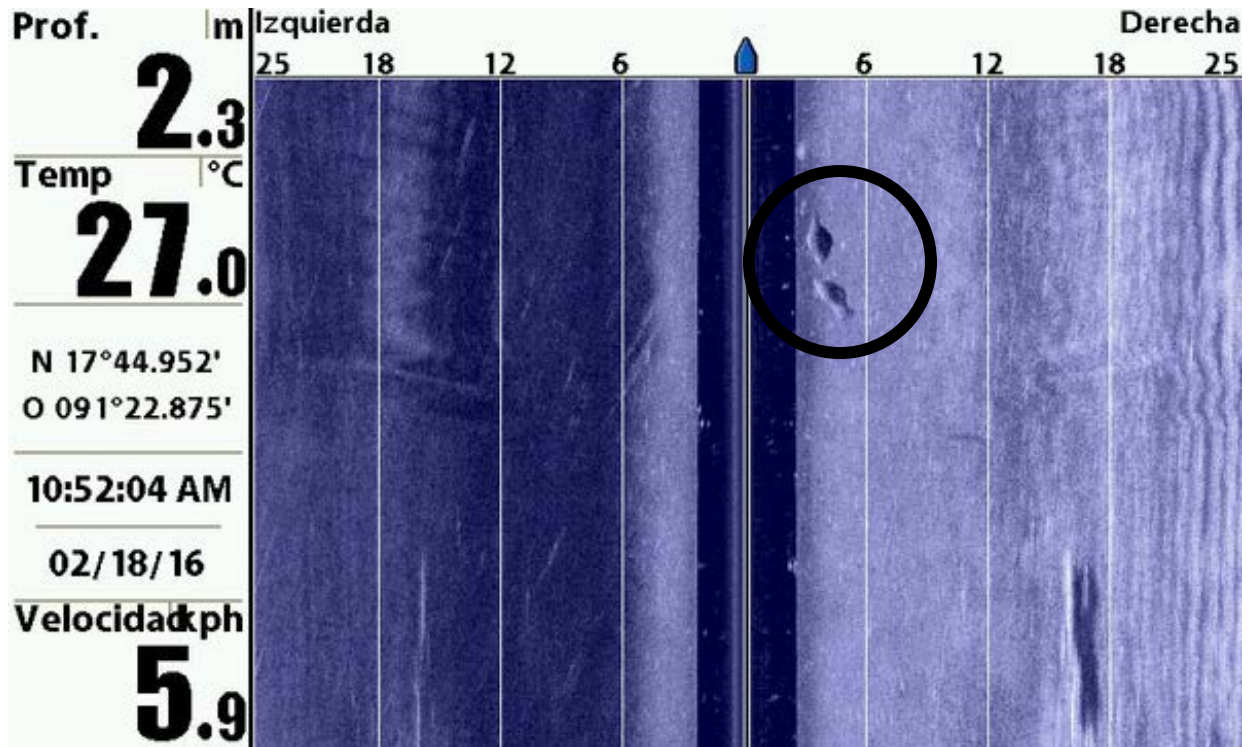
6.- Distribución espacial de los manatíes durante las sesiones once y doce correspondientes al mes de junio de 2016, en los ríos Limón y San Pedro y sus afluentes.



7.- Hembra con su cría recién nacida sobre el arroyo Balmoc.



8.- El círculo negro señala el registro de una hembra con su cría en una imagen del sonar.



9.- La observación de dos manatíes adultos sobre el sistema del río San Pedro a través del Sonar de barrido lateral de imágenes

**Densidad poblacional de manatíes en el río San Pedro y su importancia en la cuenca del río Usumacinta, México**

Puc-Carrasco, Gissel<sup>1</sup>, Benjamín Morales-Vela<sup>1\*</sup>, León David Olivera-Gómez<sup>2</sup>, David González Solís<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Av. Centenario km 5.5, sin número, sin cruzamiento, Colonia Pacto Obrero Campesino, C.P. 77014, Chetumal, Quintana Roo.

<sup>2</sup> División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, Entronque a Bosques de Saloya, C.P. 86039, Villahermosa, Tabasco.

\* Corresponding author: Benjamín Morales-Vela, Av. Centenario km 5.5, Chetumal, Quintana Roo 77900, México. Email: [bmorales@ecosur.mx](mailto:bmorales@ecosur.mx). Tel. and Fax: +52(983)8350440 ext. 4334

Running Head: Manatíes en el río San Pedro, Tabasco, México



## **Densidad de manatíes en el río San Pedro y su importancia en la Cuenca del río**

### **Usumacinta, México**

#### **Resumen**

Los sistemas fluvio-lagunares, como el río San Pedro, tributario del río Usumacinta, son sitios considerados de presencia importante de manatíes en México. Estos sistemas se caracterizan por tener complejos cursos de agua con alta turbidez que han dificultado históricamente el estudio de los manatíes en las cuencas hidrológicas del Golfo de México. Los objetivos de este estudio fueron conocer la densidad de manatíes que hacen uso del sistema río San Pedro y arroyos asociados y cómo varía esta densidad por cambios en el nivel del agua en este sitio. Se hicieron dos sesiones de evaluaciones por mes de enero a junio de 2016, con tres recorridos consecutivos por sesión. Se navegó a una velocidad de 10 km/h sobre un transecto de 23 km de longitud, detectando a los manatíes con un sonar de barrido lateral de imágenes Humminbird. Se acumularon un total de 471 registros de manatíes, 46 (10%) fueron crías y 425 (90%) fueron manatíes adultos. Se identificó a 4 crías distintas. La densidad promedio obtenida fue 16.6 manatíes/km<sup>2</sup>, con fluctuaciones de 3.7 a 26.6 manatíes/km<sup>2</sup>. Los cambios en su densidad obedecen a las variaciones en la profundidad del agua, que permiten o restringen el acceso a las distintas áreas evaluadas que componen este sistema. Se estimó la presencia de entre 23 y 32 manatíes como mínimo en el sistema del río San Pedro durante el periodo de estudio. Los valores de densidad de manatíes obtenidos fueron sorpresivamente bajos, por lo que se requiere continuar con estos estudios con el uso del sonar de barrido lateral, para obtener una evaluación actual del estado de la población de manatíes presente en las cuencas hidrológicas del Golfo de México, población que se estima es la más importante en México.

Palabras claves: manatí Antillano, tamaño poblacional, densidad, río Usumacinta, conservación.

## **Introducción**

El manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) es una especie declarada en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Self-Sullivan y Mignucci-Giannoni 2008). Para México, existe poca información publicada sobre la presencia de manatíes en los ríos Usumacinta y Grijalva. En su relación sobre Mamíferos de Yucatán, Gaumer (1917) incluye como sitio de presencia regular de manatíes a las aguas de los ríos Grijalva y Usumacinta y humedales circundantes. En 1976, el Laboratorio Nacional de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos realizó entrevistas que confirmaron la presencia frecuente de manatíes a lo largo del río Usumacinta (Campbell y Gicca 1978). Años más tarde, por medio de entrevistas Colmenero (1984) identificó a la cuenca Grijalva-Usumacinta, en el estado de Tabasco, como el área de mayor importancia de manatíes en México. Importancia que se mantiene hasta nuestros días, pero aún es una región no sistemáticamente evaluada para esta especie (Álvarez-Flores et al 1988; UNEP 2010; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). Los sistemas fluvio-lagunares integrados por ríos, arroyos y lagunas son reconocidos como sitios de alta presencia de manatíes en distintas áreas de su distribución mundial, como ocurre en Venezuela y Colombia (Castelblanco-Martínez *et al.* 2009; Rivas-Rodríguez *et al.* 2012), Colombia (Jaramillo-Villa 2015), Brasil (Arraut *et al.* 2010) y México (Colmenero-Rolón y Hoz-Zavala 1986; Rodas-Trejo *et al.* 2008; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). Las aguas oscuras y turbias de estos ecosistemas han limitado históricamente el estudio de los manatíes (González-Socoloske y Olivera-Gómez 2012), por lo que recientemente, se logró desarrollar una técnica novedosa que permite evaluar aspectos poblacionales importantes, como es su presencia y la identificación de hembras y crías utilizando un sonar de barrido lateral de imágenes, mostrando excelentes resultados (Socoloske *et al.* 2009; González-Socoloske y Olivera-Gómez 2012).

Expertos nacionales esperan que aún existan entre 1000 y 2500 manatíes en México (UNEP 2010), de los cuales, la mayoría estaría en la cuenca hidrológica de los ríos Usumacinta y Grijalva, Tabasco (SEMARNAT/CONANP 2010). Esta cuenca posee una gran cantidad de ríos menores interconectados a arroyos y lagunas donde ocurren avistamientos frecuentes de manatíes, uno de estos sistemas es el río San Pedro, tributario del río Usumacinta y que se reconoce como un sitio con presencia importante de manatíes (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). Los objetivos de este estudio fueron conocer la densidad de manatíes que hacen uso del río San Pedro y de sus arroyos asociados y cómo varía esta densidad por cambios en el nivel del agua en este ecosistema. Este estudio es parte de un programa regional de investigación sobre el estado actual de las poblaciones de manatíes en las cuencas hidrológicas del Usumacinta y Grijalva, enfocado a generar nueva información de esta especie en peligro de extinción y para ofrecer mejores medidas de conservación y manejo en México.

### **Material y métodos**

El sistema del río San Pedro está situado en la parte sur del municipio de Balancán ( $18^{\circ}10' - 17^{\circ}26'N$ ;  $90^{\circ}59' - 91^{\circ}42'O$ ). El área de estudio compendió los 6.5 km del río San Pedro (con un área de  $0.45 \text{ km}^2$ ), 3.5 km del arroyo Susil y 4 km del arroyo Balmoc (ambos sumando  $0.19 \text{ km}^2$ ), un área de  $500 \times 200 \text{ m}$  en la desembocadura del río San Pedro con el Usumacinta ( $0.17 \text{ km}^2$ ), así como un brazo de aguas someras en el Usumacinta, ubicado a 3.3 km de dicha desembocadura ( $0.42 \text{ km}^2$ ). Dentro del río San Pedro existen dos lagunas que no fueron incluidas en este estudio para evitar una alta variabilidad en el número de registros de manatíes asociadas al equipo de medición, al exceder en mucho el área que puede ser cubierta de manera efectiva. El río Limón, que es continuación río arriba del San Pedro, sólo fue evaluado en las sesiones de mayo y junio y sólo en sus primeros 5 km ( $0.44 \text{ km}^2$ ) (Fig. 1). El área total evaluada fue de  $1.67 \text{ km}^2$ .

Los muestreos se hicieron de enero a junio de 2016 y consistieron en dos sesiones no consecutivas por mes. Cada sesión consistió en tres días continuos, con un transecto al día, acumulando seis transectos por mes. Con este esquema, se obtuvo un total de 12 sesiones de muestreo con 36 evaluaciones o transectos que se realizaron en un horario regular de 08:00-11:00 h. En ocasiones, este horario se extendió hasta la 13:00, debido al número de manatíes detectados. Durante las últimas cinco sesiones (abril, mayo y junio) se realizaron dos recorridos parciales adicionales al recorrido regular, en un horario de 13:00-15:00 h y 18:00-20:00 h, en el mismo día, cubriendo sólo la sección que va de la entrada al río San Pedro hasta la confluencia con el río Limón. Esto con el fin de observar posibles cambios en la disponibilidad de manatíes entre horarios y cambios en la preferencia de los manatíes por estar en la parte central del río San Pedro (a partir de la línea del transecto hasta 12 m por lado) o en sus orillas (considerado desde los 13 m hasta los 25 m de la línea de transecto). Para los recorridos, se usó una embarcación de fibra de vidrio de 5 m de largo con motor fuera de borda de 15 HP, que navegó a una velocidad máxima de 10 km/h.

La detección de los manatíes, se hizo con un sonar de barrido lateral (Humminbird® 899c SI Combo, Johnson Outdoors Inc. USA), con frecuencia de 455 kHz y una cobertura de la columna de agua de 180° (González-Socoloske *et al.* 2009). El ancho de banda de detección se calibró a 25 m por lado, cuidando de mantener una clara distinción de los manatíes sobre una banda total de 50 m de ancho y cubrir la mayor parte del río San Pedro y toda el área de los arroyos. En la desembocadura del río Usumacinta el transecto siguió un patrón en “zig zag” y en el brazo fue lineal. Los arroyos dentro del río San Pedro no fueron recorridos en las sesiones de la ocho a la diez (abril y mayo); ni el área del brazo sobre el río Usumacinta de la ocho a la doce, debido, en ambos casos, a las bajas profundidades del agua que los hicieron inaccesibles.

La profundidad del agua fue registrada constantemente por el sonar, por lo que se usaron cinco puntos fijos predeterminados dentro del sistema y dos sobre el río Usumacinta para medir y comparar los cambios a lo largo del periodo de estudio.

#### *Confirmación positiva de manatíes*

Existen dos errores asociados al observador con el uso del sonar para detectar manatíes: los falsos positivos, que se refiere a tomar un registro como un manatí cuando realmente se trata de otro objeto, y los falsos negativos, cuando el sonar detecta un manatí pero no es tomado en cuenta por el observador (González-Socoloske y Olivera-Gómez 2012). Para evitar dichos errores, cuando se detectó un manatí o un posible avistamiento con el sonar, se grabó una imagen del mismo y se procedió a hacer un par de pases por el mismo sitio donde ocurrió el registro, como procedimiento de confirmación inmediato. Un registro positivo en la pantalla del sonar debió cumplir con los criterios de: forma, tamaño, proyección de la sombra y reflexión acústica (González-Socoloske *et al.* 2009). Simultáneamente, se realizó un barrido visual para buscar rastros, como burbujas en la superficie del agua, sedimento suspendido en la columna de agua, excretas flotando, plantas masticadas y, en el mejor de los casos, observar directamente al manatí. Todas las imágenes de registros con el sonar fueron usadas para una revisión posterior, tomando en cuenta los criterios antes mencionados. Como un segundo procedimiento para minimizar el error del observador por fatiga en los transectos, se realizaron paradas cortas en sitios específicos para descansar y consumir alimentos. También se utilizó una sombrilla o camisola para cubrir la pantalla del sonar, lo que mejora la detección y evita el reflejo de los rayos del sol. Para conocer la eficiencia de detección del observador, se realizó el ejercicio de separar todos los manatíes contabilizados como positivos en el primer pase del sonar y cuántos de ellos fueron detectados como sospechoso, confirmando su registro después del segundo o tercer pase.

### *Análisis estadístico*

La densidad fue expresada como el número de manatíes detectados por km<sup>2</sup>. Para el cálculo de la densidad de manatíes en el sistema San Pedro se usó un área de 1.08 km<sup>2</sup>, la cual no incluye el brazo en el río Usumacinta, ni el área de la desembocadura, pues los pocos registros obtenidos se asociaron más a la entrada del río San Pedro. Para identificar diferencias en la densidad media entre sesiones, se utilizó la prueba de Friedman ( $\alpha= 0.05$ ), con un análisis comparativo *a posteriori* de las medias de los rangos. Para fines descriptivos, se calcularon los intervalos de confianza para la densidad de manatíes de todo el sistema del río San Pedro, utilizando la técnica de remuestreo “*bootstrap*” (Efron 1979, Good 2006), tomando como parámetro la media de la población. Se tomaron aleatoriamente y con reemplazo valores de nuestra muestra, calculando la media de la población para ese conjunto de datos (remuestra), este procedimiento se repitió 1000 veces. Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2014), para estas estimaciones. Con el propósito, de conocer cuántos animales más pudieran estar en todo el sistema, incluyendo la parte del río Limón que no fue evaluada en este estudio pero que está disponible para los manatíes, se realizaron dos extrapolaciones hasta la zona conocida como Cascadas de Reforma, que son una barrera natural para la dispersión del manatí (Fig. 1). Para ambas extrapolaciones, se usó el valor de la densidad obtenido de las áreas del río San Pedro, Arroyos y los 5 km recorridos del río Limón. La primera extrapolación se basó en la densidad calculada para el sistema y en la segunda extrapolación, se tomaron en cuenta las sesiones más óptimas (con mayor densidad).

### **Resultados**

Se acumularon un total de 471 registros de manatíes, sólo tres de ellos se ubicaron muy cerca de la boca. No hubo ningún registro de manatíes en la zona del brazo. Del total de registros, 450 fueron detectados como positivos desde el primer pase del sonar y solo el 21 fueron corroborados

en el segundo o tercer pase. El valor de precisión del observador obtenido en este estudio fue de 95%.

Del total de registros, 46 (10%) fueron crías y 425 (90%) fueron adultos. Se pudo diferenciar a cuatro crías presentes en el sistema: tres de ellas vivas en compañía de su madre y que fueron registradas el mismo día en distintos puntos. Una de las crías se consideró que tenía poco tiempo de nacida por la constante atención que le ofrecía la madre en su nado. Otra cría fue un cadáver detectado el 10 de febrero en la sesión 3. La cría muerta era un macho, que por su talla de 110 cm se clasificó como neonato y por el grado de descomposición se consideró que tenía un par de días muerto. La presencia de las madres y sus crías dentro del sistema San Pedro fue constante a lo largo de los meses que duró este estudio (Tabla 1).

### *Densidad*

La densidad promedio de manatíes para el río San Pedro, arroyos y río limón fue de 16.6 manatíes/km<sup>2</sup>. La densidad promedio mínima (3.7 manatíes/km<sup>2</sup>) ocurrió a mediados de enero, pero esta aumentó constantemente hasta llegar a 26.9 manatíes/km<sup>2</sup> en marzo. En la primera semana de abril (sesión 7), se presentó un descenso significativo de la densidad, manteniéndose bajas hasta el mes de mayo, disminución que se relaciona por los bajos niveles de profundidad. Para la sesión 11 la densidad retomó su crecimiento llegando hasta un 25.7 manatíes/km<sup>2</sup> (Tabla 1 y Fig. 2). El análisis global de la variación de las densidades entre sesiones mostró diferencias significativas (Friedman  $\chi^2 = 26.25$ ,  $gl = 11$ ,  $p = 0.0060$ ). Con el análisis a posteriori de rango de medias, se observaron similitudes entre las sesiones: 1-3, 4-6, 7-10 y 11 y 12. Entre estos grupos hubo diferencias significativas.

### *Horarios*

La densidad de manatíes no fue diferente entre los tres distintos intervalos de horario (Friedman,  $\chi^2 = 0.5$ ,  $gl = 2$ ,  $p = 0.8145$ ), lo que sustenta que el horario usado en este estudio no presentó

sesgo. En cuanto a las posiciones de los manatíes en los tres intervalos de horario, estos se ubicaron mayormente en la parte central del río San Pedro por la mañana (8:00-10:00) y al medio día (13:00-15:00), pero en el horario crepuscular (18:00-20:00) tuvieron tendencia a estar próximos a las orillas (Fig. 3).

#### *Estimación del número de manatíes presentes*

En un primer análisis, la estimación de manatíes presentes en el sistema río San Pedro y todo el río Limón sería de 23 manatíes, considerando el valor de densidad promedio obtenido (16.6 manatíes/km<sup>2</sup>) sobre un área total de 1.37 km<sup>2</sup>, que incluye el área evaluada de 1.08 km<sup>2</sup>, más el área de 0.29 km<sup>2</sup> del río Limón que no fue evaluada pero que está disponible para los manatíes.

En un segundo escenario de extrapolación pero ahora usando el valor de densidad promedio de 23.7 manatíes/km<sup>2</sup>, obtenido de las sesiones 4 a la 6, que no mostraron diferencia significativa en sus altas densidades, se obtuvo un valor de 32 manatíes. Ambas estimaciones no incluyen a las dos lagunas del sistema que no fueron evaluadas, por lo que el número de manatíes presentes pudiera ser algo mayor.

#### **Discusión**

La falta de registros en el brazo el Usumacinta y los tres registros en la desembocadura del río San Pedro, indican la preferencia de los manatíes por estar en las aguas del sistema del río San Pedro, comparado con el uso de las aguas del río Usumacinta. Además, el sistema del río San Pedro es un sitio idóneo para la presencia de hembras con cría, ya que se mantuvieron dentro del sistema a lo largo del estudio. Incluso, se observó la conducta de apoyo de una madre a su cría para salir a respirar, lo que se describe que ocurre justo después del parto (Hartman 1979). La madre y su cría permanecieron en el mismo sitio durante tres días consecutivos. El sitio donde se encontraron todas las madre-crías fue en arroyo Balmoc cerca a la confluencia con el arroyo Susil que es un sitio con bajas velocidades de corriente (2 m/min), con acceso a la vegetación en las



orillas y poca presencia de lanchas (Figura 1b). En Florida y para la cuenca baja del río Usumacinta, se conoce que las madres con cría tienen preferencia por estar en sitios con baja velocidad de corriente y con acceso al alimento (Gannon *et al.* 2007; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014), lo que coincide plenamente con lo observado en este estudio.

El porcentaje de 10% de crías obtenido es un valor ligeramente mayor al obtenido para Belice y Bahía de Chetumal (7.4 %), donde se concentran una de las poblaciones más grandes de manatíes en el Caribe (Morales-Vela *et al.* 2000), lo cual resalta aún más la importancia del sistema del río San Pedro para la reproducción de los manatíes en la cuenca del río Usumacinta.

Con respecto a las variaciones de la densidad, la baja densidad de manatíes obtenida en enero y su constante crecimiento hacia marzo, pensamos se debe a que los manatíes en enero estaban dispersos en todo el hábitat ampliamente disponible por los altos niveles de agua, incluidas las dos lagunas, más que a una entrada estacional de manatíes desde el Usumacinta. Este supuesto se basa en que en el mes de enero sólo se registró un manatí en la entrada al río San Pedro. Al ir disminuyendo los niveles de agua, los manatíes se fueron concentrando más en el río San Pedro, río Limón y arroyos. La disminución en los meses de abril y mayo se debe a la reducción de las áreas disponibles para el manatí dentro del sistema por los bajos niveles de agua, provocando nuevamente una redistribución de los individuos hacia aquellas zonas del sistema que aun presentaban profundidades adecuadas para su desplazamiento, como fue el río Limón. Tampoco en estos meses se observó un aumento de la densidad sobre la desembocadura en el río Usumacinta, lo que refuerza la idea que los manatíes no abandonan el sistema. El aumento de la densidad observada para el último mes tiene que ver con la recuperación del acceso a los arroyos, observándose de nuevo la integración de los manatíes al área.

De esta manera, los cambios en la densidad de manatíes se relacionaron con los periodos de creciente y vaciante del sistema (Fig. 2), lo que refuerza la idea de que los manatíes responden a

los pulsos de inundación-desección y que estos pulsos son un componente importante en la dinámica de la cuenca del río Usumacinta.

El valor de la precisión de 95% obtenido en este estudio indica que la experiencia del observador tiene un papel central en el uso del sonar como una técnica para la detección y estimación poblacional de los manatíes. El ancho de banda puede ser de hasta 25 m por lado si se cuenta con la suficiente experiencia en el uso del sonar. Si no se así, se recomienda respetar el ancho máximo de 20 m señalado en González-Socoloske *et al.* (2009).

En este estudio no se observó el comportamiento de evasión de los manatíes hacia las lanchas indicado por González-Socoloske y Olivera-Gómez (2012), quienes comentan que los manatíes parecen evitar las lanchas nadando hacia las orillas del río o hacia las partes más profundas del canal. En este caso, los manatíes permanecieron casi en las mismas posiciones después de hacer un par de pases sobre ellos. El hecho que los manatíes presentaron tendencia a estar en la parte central del río durante la realización de los transectos, redujo el error de ausencia, es decir, que los manatíes estén fuera del rango de detección del sonar al momento de la evaluación. Por otro lado, el cambio de las posiciones de los manatíes sí fue evidente en el horario crepuscular, manteniéndose más próximos a las orillas del río, a diferencia de las mañanas (8:00-10:00) y de las tardes (13:00-15:00) que estuvieron en la parte central del río. Este cambio en las posiciones parece estar más asociado a la alimentación, pues los pescadores locales afirman ver a los manatíes alimentándose de la vegetación de las orillas del río San Pedro al amanecer. También se ha descrito que los manatíes se mueven a las zonas de alimentación al amanecer, durante el crepúsculo y por la noche (Powell 1996; Jiménez 2002).

Con respecto a la población de manatíes que hacen uso regular del sistema San Pedro-Limón y arroyos, los autores esperábamos densidades mayores a las obtenidas. Esto debido a que la cuenca del río Usumacinta es reconocida como una de las regiones que mantienen a la mayor

población de manatíes en México (UNEP 2010). Sin embargo, eso no parece estar ocurriendo. Si consideramos que el sistema del río San Pedro es uno de los sitios importantes de manatíes en esta cuenca y que ahora sabemos que se trata de una población cercana a 32 manatíes, entonces la anterior suposición de alrededor de 1000 manatíes para Tabasco (UNEP 2010) está sobrevalorada y debe ser tomada con gran cautela. Otro dato que abona a esta preocupación es que otros dos sistemas fluvio-lagunares ubicados en la parte baja del delta del Usumacinta y Grijalva, ambos sitios seleccionados por la alta frecuencia de encuentros visuales, presentan abundancias relativas de manatíes similares al río San Pedro (Puc-Carrasco *et al.* en prensa).

Otros sistemas fluvio-lagunares cercanos al río San Pedro con presencia documentada de manatíes son el arroyo Chacamax (Álvarez-Flores *et al.* 1988), ubicado a 68.5 km del río San Pedro y el arroyo el Pochote a 73 km. Sobre el río Usumacinta, río arriba hasta la frontera con Guatemala, no se conoce otro sistema con características similares a las del río San Pedro que permitan una presencia constante de manatíes.

Este estudio y los recientes datos cuantitativos sobre abundancias relativas de manatíes señalan la urgente necesidad de conocer el estado actual de la población de manatíes en esta región de México. Esta urgencia se incrementa si sabemos que los manatíes de los sistemas fluvio-lagunares del Golfo de México están bajo una constante exposición a contaminantes derivados de la producción de petróleo, presentando niveles altos de concentración de metales en su tejido óseo (Romero-Calderón *et al.*, 2016).

### **Agradecimientos**

Este estudio fue financiado por el proyecto Caracterización y diagnóstico ambiental de la cuenca del río Usumacinta (CFE-ECOSUR) y ECOSUR. Agradecemos al CONACYT por la beca de posgrado otorgada a GPC. Agradecemos a la familia Cruz Flores todas sus atenciones en campo y particularmente a Pablito Cruz Flores, Carlos Acosta Tafoya y Manuel Alberto Hernández May

por su apoyo en las evaluaciones. A Juan Enrique Mendoza Martínez por su apoyo en el manejo de programas para el análisis de los datos. Este estudio se realizó con el Permiso de Investigación SGPA/DGVS/03333/15.

### **Literatura citada**

Álvarez-Flores C, Aguayo-Lobo A, Johnson L. 1988. Observaciones sobre el manatí *Trichechus manatus* en la región media del Usumacinta, Tabasco. In: Chávez-Lomelí MO (ed.), Memorias del Simposio Ecología de los ríos Usumacinta y Grijalva, Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos, División Regional Tabasco y Gobierno del Estado de Tabasco, Villahermosa, México. pp. 617–624.

Arraut EM, Marmontel M, Mantovani JE, Novo EMLM, Macdonald DW, Kenward RE. 2010. The lesser of two evils: Seasonal migrations of Amazonian manatees in the Western Amazon. *J. Zool.* 280: 247–256. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7998.2009.00655.x/abstract>.

Castelblanco-Martínez DN, Bermúdez-Romero AL, Gómez-Camelo IV, Rosas Weber FC, Trujillo F, Zerda-Ordoñez E. 2009. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. *Oryx* 43: 235–242.

Colmenero-Rolón LC. 1984. Nuevos registros del manatí (*Trichechus manatus*) en el sureste de México. *An. Inst. Biol., Univ. Nac. Aut. Méx., Ser. Zool.* 1: 243–254.

Colmenero RC, Hoz Zavala ME. 1986. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. *An. Inst. Biol., Univ. Nac. Aut. Méx., Ser. Zool.* 3: 955–1020.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Efron B. 1979. Bootstrap methods: Another look at the Jackknife. *Ann. Stat.* 7: 1–29.

Gannon JG, Scolardi KM, Reynolds JE, Koelsch JK, Kessenich TJ. 2007. Habitat selection by manatees in Sarasota Bay, Florida. *Mar. Mammal Sci.* 23: 133–143.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-7692.2006.00096.x>.

Gaumer GF. 1917. Monografía de los mamíferos Yucatán. Departamento de Talleres Gráficos de la Secretaría de Fomento, Ciudad de México, México, 331 pp.

González-Socoloske D, Olivera-Gómez LD. 2012. Gentle giants in dark waters: using side-scan sonar for manatee. *Open Remote Sens. J.* 5: 1–14. <http://benthamopen.com/doi/10.2174/1875413901205010001>

González-Socoloske D, Olivera-Gómez LD, Ford RE. 2009. Detection of free-ranging West Indian manatees *Trichechus manatus* using side-scan sonar. *Endanger. Species Res.* 8: 249–257. <http://www.int-res.com/doi/10.3354/esr00232>.

Good PI. 2006. *Resampling Methods: A Practical Guide to Data Analysis*. 3rd ed. Birkhauser, Boston, 218 pp.

Hartman DS. 1979. *Ecology and Behavior of the Manatee (Trichechus manatus) in Florida*. American Society of Mammalogists, New York, 151 pp.

Jaramillo-Villa Ú. 2015. El pulso de inundación. Los latidos del agua. In: Jaramillo Villa Ú, Cortez-Duque J, Flórez-Ayala C (eds), *Colombia anfibia: Un país de humedales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia pp. 30–31.

Jiménez I. 2002. Heavy poaching in prime habitat: the conservation status of the West Indian manatee in Nicaragua. *Oryx* 36: 272–278.

Jiménez-Domínguez D, Olivera-Gómez LD. 2014. Características del hábitat del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en sistemas fluviolagunares del sur del Golfo de México. *Therya* 5: 601–614. <http://dx.doi.org/10.12933/therya-14-05>.

Morales-Vela B, Olivera-Gómez LD, Reynolds III JE, Rathbun GB. 2000. Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biol. Conserv.* 95: 67–75. <http://dx.doi.org/doi:10.1578/AM.34.1.2008.35>.

Powell JA. 1996. The distribution and biology of the West African manatee (*Trichechus senegalensis* Link, 1795). United Nations Environmental Program, Regional Seas Program, Ocean and Coastal Areas. Nairobi, Kenya, 68 pp.

Puc-Carrasco G, Olivera-Gómez LD, Jiménez-Domínguez D, Arriaga-Hernández S. en prensa. Abundancia relativa de manatí antillano en la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla en la planicie costera de Tabasco, México. *Cien. Mar.* 42

Rivas-Rodríguez BA, Ferrer-Pérez A, Colonnello G. 2012. Distribución, uso de hábitat y status poblacional del manatí (*Trichechus manatus*) en el tramo central del bajo. *Mem. Fund. La Salle Cien. Nat.* 173: 155–172.

Rodas-Trejo J, Romero-Berny E, Estrada A. 2008. Distribution and conservation of the West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Catazajá wetlands of northeast Chiapas, Mexico. *Trop. Conserv. Sci.* 1: 321–333. <http://dx.doi.org/10.1177/194008290800100403>.

Romero-Calderón AG, Morales-Vela B, Rosiles-Martínez R, Olivera-Gómez LD, Delgado-Estrella A. 2016. Metals in Bone Tissue of Antillean Manatee from the Gulf of Mexico and Chetumal Bay, Mexico. *Bull Environ Contam. Toxicol.* 96:9–14.

Self-Sullivan C, Mignucci-Giannoni A. 2008. *Trichechus manatus* ssp. *Manatus*. IUCN red list of threatened species 2008: T22105A9359161. Downloaded on 07 December 2016.

SEMARNAT/CONANP. 2010. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Manatí (*Trichechus manatus manatus*). Ciudad de México, México. 50 pp.

UNEP. 2010. Regional Management Plan for the West Indian Manatee. Compiled by Quintana-Rizzo E, Reynolds III J. Kingston, Jamaica, 169 pp.



Table 1. Average densities of manatees in the San Pedro River system, from January to June, 2016.

Tabla 1. Densidades promedio de manatíes en el sistema del río San Pedro, de enero a junio de 2016.



Table 1

Month	Sessions	Manatees/km <sup>2</sup>	Standard deviation ( $\pm$ )
January	1*	3.7	1.8
	2*	9.9	4.8
February	3 †	12.0	3.3
	4*	21.9	3.1
March	5*	26.6	1.6
	6*	22.5	7.4
April	7*	12.0	0.9
	8	14.9	3.4
May	9*	12.8	0.7
	10*	16.6	1.3
June	11*	25.7	3.8
	12*	20.7	7.1

\*= Female with calf †= Dead calf

## Lista de figuras

Figure 1. Map of the study area in southeastern Mexico. (A) South part of the Usumacinta river, in black the arm crossed over the Usumacinta river, and in the box the San Pedro River system. (B) Study area evaluated with lateral scan sonar. In gray the river Limón.

Figura 1. Mapa del área de estudio en el sureste de México. (a) Parte sur de río Usumacinta, en negro el brazo recorrido sobre el río Usumacinta, y en el recuadro el sistema del río San Pedro. (b) Área de estudio evaluada con sonar de barrido lateral. En gris el río Limón.

Figure 2. Shows fluctuations in manatee density and average depth in the San Pedro River system, from January to June, 2016.

Figura 2. Gráfico de barras con las densidades y profundidad promedio en el sistema del río San Pedro, de enero a junio de 2016.

Figure 3. Distance to which the manatees were recorded on the San Pedro River in the three different periods, during five sessions.

Figure 3. Distancia a la que se registraron los manatíes sobre el río San Pedro en los tres diferentes intervalos de horarios, durante cinco sesiones.

# STUDY AREA, SAN PEDRO RIVER, BALANCÁN, TABASCO

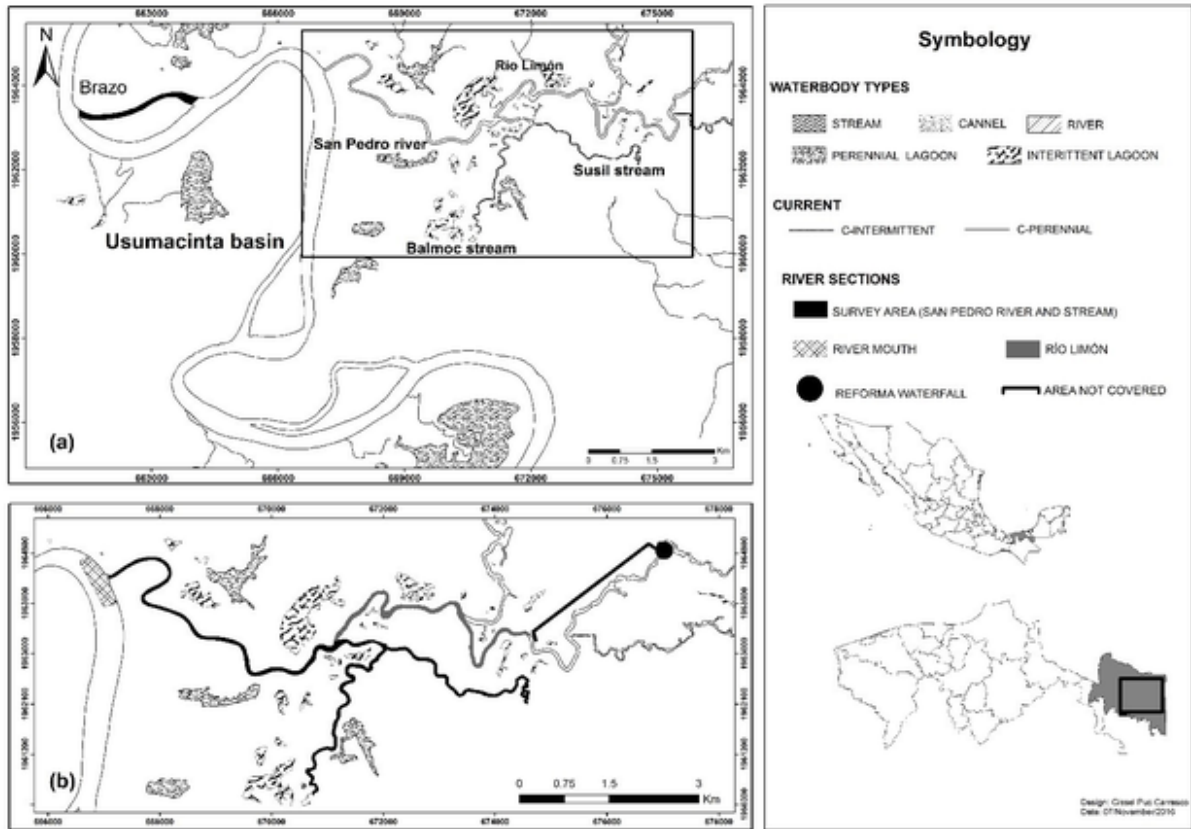


Figure 1

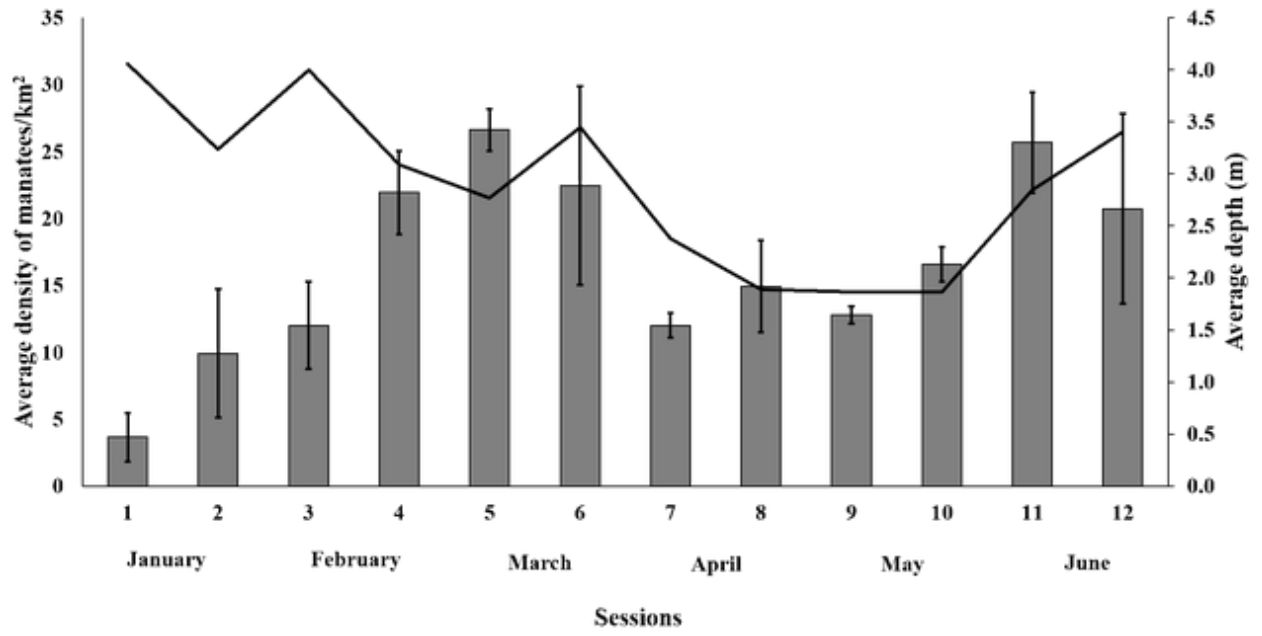


Figura 2

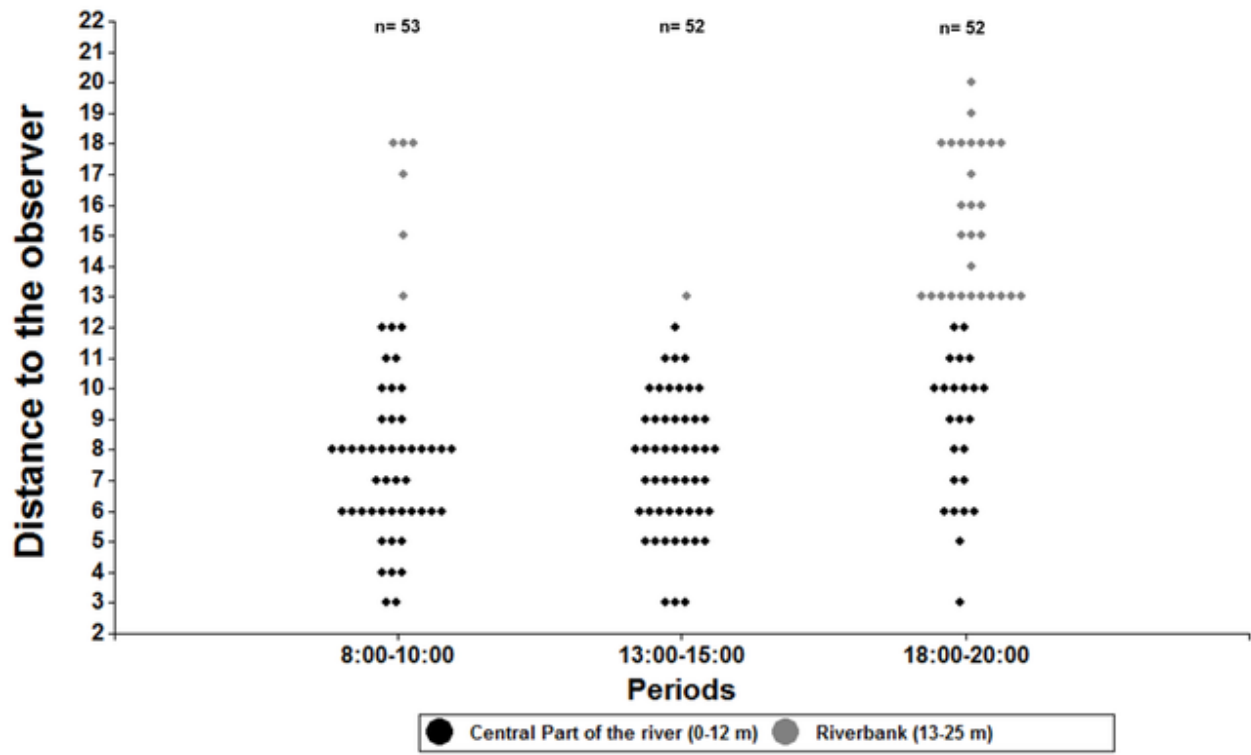


Figura 3