



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
“Estudio en la duda. Acción en la fe”



**“DENSIDAD DE MANATÍ ANTILLADO (*Trichechus manatus manatus*) EN TEMPORADA DE LLUVIAS Y SECAS EN EL RÍO BITZALES, MACUSANA, TABASCO, MÉXICO, USANDO SONAR DE BARRIDO LATERAL”**

**Trabajo recepcional, en la modalidad de:**

Tesis

**Para obtener el título en:**

Licenciatura en Biología

**Presenta:**

Carlos Mario Marín Sánchez

**Director:**

Dr. León David Olivera Gómez

Villahermosa, Tabasco, México

Marzo, 2023



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

FEBRERO 09 DE 2023

**C. CARLOS MARIO MARÍN SÁNCHEZ**  
**PAS. DE LA LIC. EN BIOLOGIA**  
**P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"DENSIDAD DE MANATÍ ANTILLANO (*Trichechus manatus manatus*) EN TEMPORADA DE LLUVIAS Y SECAS EN EL RÍO BITZALES, MACUSPANA, TABASCO, MÉXICO, UTILIZANDO SONAR DE BARRIDO LATERAL"**, asesorado por el Dr. León David Olivera Gómez sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por la Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz, Dr. Rafael Ávila Flores, Dr. León David Olivera Gómez, Dra. Alba Zulema Rodas Martínez y Dr. Mircea Gabriel Hidalgo Mihart.

**A T E N T A M E N T E**  
**ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA**  
**DIRECTOR**

U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



C.c.p.- Expediente del Alumno.  
Archivo.



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

Villahermosa, Tab., a 09 de Febrero de 2023

**ASUNTO:** Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON**  
**JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION**  
**DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**PRESENTE**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza al **C. CARLOS MARIO MARÍN SÁNCHEZ** egresado de la Lic. en **BIOLOGIA** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis denominado: **"DENSIDAD DE MANATÍ ANTILLANO (*Trichechus manatus manatus*) EN TEMPORADA DE LLUVIAS Y SECAS EN EL RIO BITZALES, MACUSPANA, TABASCO, MÉXICO, UTILIZANDO SONAR DE BARRIDO LATERAL"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E

**DR. ARTURO GARRIDO MORA**  
**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA**  
**DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica  
C.c.p.- Interesado

## CARTA AUTORIZACIÓN

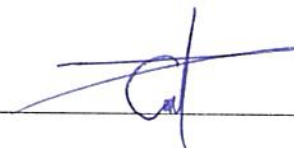
El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Licenciatura denominado: **“DENSIDAD DE MANATÍ ANTILLANO (*Trichechus manatus manatus*) EN TEMPORADA DE LLUVIAS Y SECAS EN EL RIO BITZALES, MACUSPANA, TABASCO, MÉXICO, UTILIZANDO SONAR DE BARRIDO LATERAL”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro, autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 15 de Noviembre de Dos Mil Veintidós.

AUTORIZO



---

CARLOS MARIO MARÍN SÁNCHEZ

# DENSIDAD DE MANATÍ ANTILLANO (*Trichechus manatus manatus*) EN TEMPORADA DE LLUVIAS Y SECAS EN EL RIO BITZALES, MACUSPANA, TABASCO, MÉXICO, UTILIZANDO SONAR DE BARRIDO LATERAL.

INFORME DE ORIGINALIDAD

# 15%

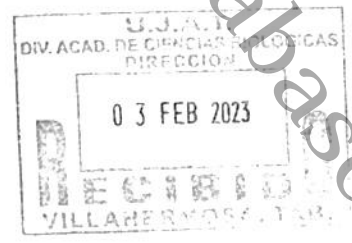
ÍNDICE DE SIMILITUD

HACER COINCIDIR TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIME LA FUENTE SELECCIONADA)

★[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)  
Internet

6%

México.



## CONTENIDO

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Antecedentes</b> .....	3
<b>3. Justificación</b> .....	5
<b>4. Objetivos</b> .....	6
Objetivo general .....	6
Objetivos particulares .....	6
<b>5. Materiales y Métodos</b> .....	6
Área de estudio.....	6
Recorridos en embarcación y análisis de datos.....	8
<b>6. Resultados</b> .....	12
Animales avistados y su distribución espacial.....	12
Densidad y abundancia de manatíes.....	13
<b>7. Discusiones</b> .....	17
Animales avistados y su distribución espacial.....	17
Densidad y abundancia de manatíes.....	17
<b>8. Conclusiones</b> .....	19
<b>9. Literatura Citada</b> .....	20

## 1. INTRODUCCIÓN

El manatí del Caribe o de las Indias Occidentales (*Trichechus manatus*, Linnaeus 1758) se distribuye en las costas y planicies costeras americanas del océano Atlántico, desde el noreste de Brasil hasta el estado de Carolina del Norte en los Estados Unidos (Lefebvre *et al.* 2011). Se reconocen dos subespecies: el manatí de la Florida (*Trichechus m. latirostris*) que habita en los Estados Unidos y el manatí Antillano (*Trichechus m. manatus*) que ocupa el resto de la distribución. La especie se enlista como amenazada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, IUCN. Esta misma organización considera a la subespecie Antillana en Peligro de Extinción (Self-Sullivan y Mignucci-Giannoni. 2008), lo mismo que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En México al manatí se le enlista igualmente como en Peligro de Extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Distintos factores han propiciado que las poblaciones de manatí estén en riesgo, el más importante fue la cacería que sufrió la especie desde la época prehispánica. Actualmente la presión de las actividades humanas sobre su área de distribución es el factor principal de riesgo para la especie.

El manatí puede ocupar ambientes marinos, estuarinos y de agua dulce. En la costa del Caribe, así como en la península de Yucatán el manatí es básicamente costero, esto ha permitido el monitorear la distribución y abundancia de la especie desde avionetas, aprovechando la transparencia del agua. En el Golfo de México, por otra parte, el manatí ocupa principalmente la llanura costera en ambientes de agua dulce como lagunas continentales, ríos, arroyos, zonas inundables y estuarios (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez. 2014). La complejidad de estos ambientes promueve una alta densidad en regiones como la parte baja de las cuencas del Grijalva-Usumacinta, pero también dificulta el cuantificar la distribución y abundancia de la especie. En estos sitios, el sonar de barrido lateral ha dado buenos resultados para detectar los animales y estimar su densidad en aguas turbias

y sobre cursos de agua complejos (González-Socoloske *et al.* 2009; Gonzalez-Socoloske y Olivera-Gómez, 2012).

Un estudio preliminar muestra que una de las regiones de la cuenca Grijalva-Usumacinta con mayor densidad de manatíes es el río Bitzales en los municipios de Macuspana y Jonuta, Tabasco (Puc-Carrasco *et al.* 2016). En esta región se registró una mortalidad mayor a la usual en 2018. Entre mayo y principios de noviembre se habían registrado 48 ejemplares muertos (SEMARNAT/PROFEPA 2018), que se dividían en varias zonas; una de las zonas de mayor afectación por la muerte de los manatíes fue el río Bitzales y el arroyo Maluco en donde se registraron 33 ejemplares muertos.

Durante la contingencia se realizaron recorridos con el sonar de barrido lateral observándose altas densidades de animales, similares a las encontradas en 2013 por Puc-Carrasco y colaboradores (2016). El objetivo de este trabajo es estimar la densidad de manatíes en la zona de los Bitzales y su fluctuación estacional y espacial con la finalidad de describir la situación de la especie en esta zona después de la contingencia del 2018.



## 2. ANTECEDENTES

Los manatíes no suelen ser fáciles de avistar por sus hábitos huidizos y por la poca transparencia del agua en la mayor parte de su ámbito de distribución. En zonas con mayor transparencia como las aguas del Caribe en México, los manatíes pueden ser avistados a mayor distancia desde embarcaciones o desde el aire utilizando avionetas. Los reconocimientos aéreos se han utilizado con mucho éxito, principalmente en zonas costeras, en México la distribución a lo largo de la costa de Quintana Roo es bien conocida utilizando este método (Morales-Vela et al. 2000).

En 1980, en sobrevuelos por toda la costa de Honduras se observaron 11 avistamientos (Rathbun *et al.* 1983) y posteriormente en el 2005 se observaron sólo 3 ejemplares (González-Socoloske 2007). Los métodos debían cambiar y en este país se realizaron las primeras pruebas con el uso del sonar de barrido lateral de imágenes, en el refugio de Vida Silvestre de Cuero y Salado ubicado en el norte de ese país, que es una zona de sistemas acuáticos continentales como ríos, canales e islas, varios de los cuales tienen acceso al Mar Caribe. La baja densidad de animales en la zona y al ser la primera vez que se utilizaba este método hizo que no se demostrara el poder de esta herramienta en ambientes con poca transparencia.

El sonar de barrido lateral de imágenes se probó después en Florida en el área de Crystal River, un refugio invernal con alta congregación de animales, ya que de manera de natural se produce agua caliente, observándose una alta efectividad del sonar para detectar los manatíes sumergidos. El sonar también se ensayó en México, en la Laguna de las Ilusiones, en Tabasco, ensayándose a través de pases repetidos sobre los mismos animales, demostrando una efectividad mayor al 80% como herramienta de detección (González-Socoloske *et al.* 2009).

En Laguna de las Ilusiones el uso del sonar presentó un adelanto importante para los monitoreos y conteo de manatíes, comparado con los datos que brindaban los monitoreos visuales sin el uso de esta herramienta (Pablo-Rodríguez y Olivera-Gómez, 2012). La efectividad del sonar ha permitido también utilizarlo en la detección de individuos para la captura científica (Morales-López et al. 2012, González-Socoloske y Olivera-Gómez 2012). En 2013 se hicieron más ensayos con el sonar

como herramienta de detección en distintos sitios en Tabasco (Arriaga-Hernández, 2014, Pérez-Garduza 2014, Puc-Carrasco et al. 2016), brindando datos duros de abundancia relativa para el manejo. Utilizando esta herramienta, Puc-Carrasco et al (2017) condujeron un estudio que abarco buena parte de un año en la zona de desembocadura del río San Pedro hacia el Usumacinta en el municipio de Balancán, Tabasco, desde inicios de la época seca hasta la época lluviosa, registrándose 471 avistamientos de manatíes alcanzándose una densidad pico de cerca de 40 animales por km<sup>2</sup> y se pudo distinguir entre crías y adultos, pudiéndose demostrar la dinámica de cambio en la abundancia con respecto a los pulsos de inundación en los sistemas fluviolagunares. La Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla (RBPC), cuenta con una extensión de 302,706ha (CONANP 2001) y abarca tres municipios del estado de Tabasco: Jonuta, Macuspana y Centla. Puc-Carrasco et al. (2016) cuantificaron la abundancia relativa en 4 sitios con 5 a 7 recorridos en lancha por sitio con el uso del sonar a lo largo de 10km por sitio. Se observaron 61 manatíes, obteniéndose la mayor abundancia en el extremo sureste de la reserva en el área de Los Bitzales.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El manatí Antillano (*Trichechus manatus manatus*) es una especie catalogada en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Self-Sullivan y Mignucci-Giannoni. 2008), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), al igual que en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). El manatí es una de las especies prioritarias para la conservación en México (PACE Manatí, CONANP/SEMARNAT 2018).

En el estado de Tabasco principalmente la zona de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y en particular el Rio Bitzales son puntos clave para esta especie, debido a que en sus vías fluviales se presenta una alta abundancia de manatíes.

En el 2018, la zona sureste de la reserva, y en particular el área de los Bitzales, experimentó una mortalidad inusual de manatíes (PROFEPA 2018). La especie es muy característica de estos ecosistemas, es indicadora de calidad del sistema, además de ser una especie sombrilla que puede ayudar a la conservación de otras especies y el hábitat (Daniel-Rentería *et al.* 2010).

## 4. OBJETIVOS

### Objetivo general

1. Determinar la densidad del manatí Antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Río Bitzales, Macuspana, Tabasco, México, utilizando sonar de barrido lateral.

### Objetivos particulares

1.1 Estimar la densidad de manatíes en el río Bitzales con el uso del sonar de barrido lateral, describiendo los patrones espaciales.

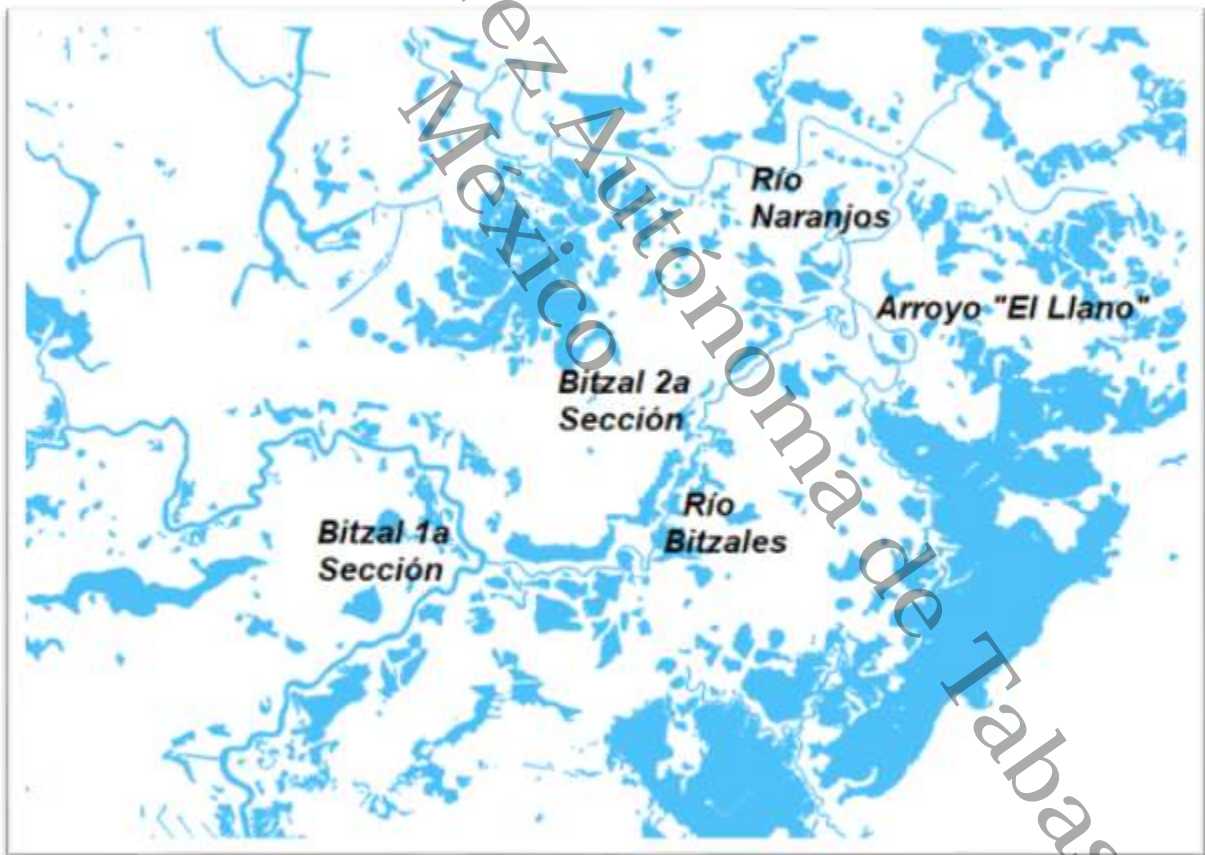
1.2 Comparar y monitorear la abundancia relativa en los cursos de agua del Río Bitzales describiendo patrones temporales.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El municipio de Macuspana representa el 10.4% de la superficie del estado de Tabasco; el clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano; tiene una temperatura media anual de 23.6°C, siendo la máxima media mensual en abril con 30.1°C y la mínima media en mayo con 29.8°C; la máxima y la mínima absoluta alcanzan los 30.1°C y 21.2°C; En la región S se tiene un clima cálido húmedo con lluvias todo el año (Af); estas lluvias decrecen ligeramente en invierno, período en el cual se registra el 14.4% del total anual. La temperatura media anual oscila entre 25.4°C y 26.9°C. Las precipitaciones alcanzan 3,186 milímetros con un promedio máximo mensual de 350 mililitros en el mes de septiembre y una mínima mensual de 50 mililitros en el mes de abril (INEGI, 1996).

Las observaciones se realizarán en tres zonas de muestreo (Figura 1), el río Bitzales, el río Maluco y la laguna el Llano. El área de estudio se localiza entre las coordenadas 18°1' y 18°18'N y 92°16' y 92°24'O. Esta zona pertenece a la subcuenca del río Chilapa que a su vez forma parte de la cuenca del río Grijalva, pero que recibe sus escurrimientos en mayor proporción de ríos de la sierra como el Tulijá y el Puxcatán.



**Figura 1.** Área de estudio en el municipio de Macuspana, Tabasco, en el extremo sur de la Reserva de la Biósfera de Pantanos de Centla (A). Los sitios recorridos abarcan secciones de los Ríos Bitzales y Maluco, además de los Arroyos El Llano y Cobos (B)

## **Recorridos en embarcación y análisis de datos**

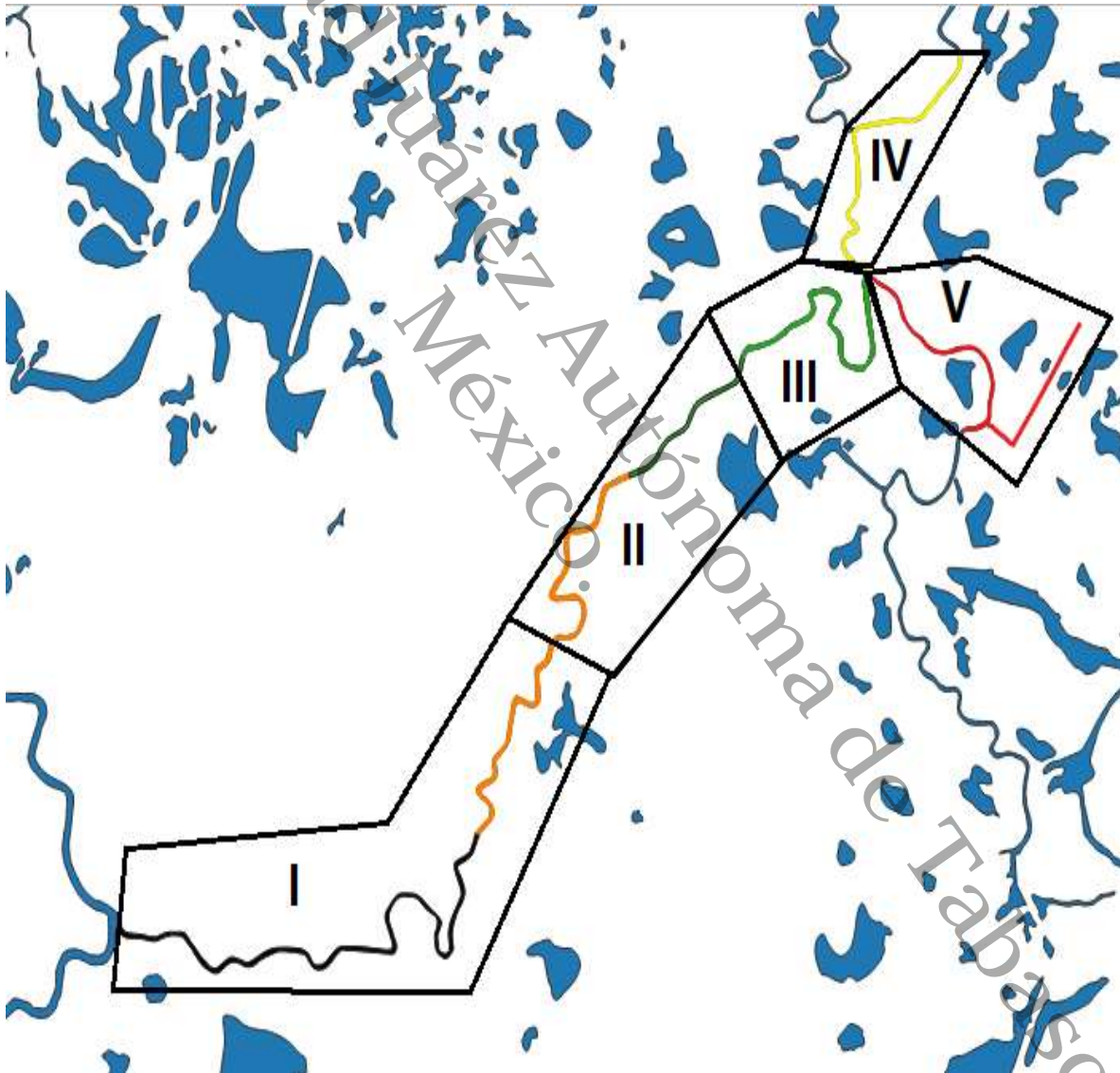
Se analizarán los datos de recorridos en embarcación realizados en 2018 y nuevos recorridos realizados en 2019. Los recorridos siguen transectos de 12 a 15 km de longitud sobre el río Bitzales, el río Naranjos y el arroyo El Llano. Los recorridos se llevarán a cabo en una lancha a una velocidad entre 9 y 12km/h. Cuando se dude del avistamiento de manatíes, se volverá a recorrer un pequeño trayecto para lograr una mejor eficacia en la detección de los ejemplares. Los recorridos se realizarán por la mañana empezando preferentemente a las 9am y concluyendo a las 2pm.

Para la detección de manatíes se utilizará el sonar de barrido lateral de imágenes. Este aparato, emite pulsos de ondas sonoras en forma de abanico hacia el fondo en un ángulo perpendicular de 85°, con lo que crea una imagen del fondo de los cuerpos de agua, independientemente de la transparencia del agua.

El SBL se calibrará para emplearse a un ancho de detección de hasta 25 m por lado, cubriéndose en total una franja de 50 m de ancho. Esta herramienta ha demostrado su efectividad para ubicar animales en cuerpos de agua con alta turbidez (González-Socoloske et al. 2009). El sensor del sonar se coloca bajo la parte trasera de la lancha fijado en el espejo de la misma y va conectado hacia una consola donde un observador recibe la imagen; el observador grabará capturas de pantalla de los avistamientos para revisarlos en el laboratorio, cuando es posible se registrará el trayecto en video. De cada avistamiento se tomarán las lecturas de posición del gps, temperatura del agua, profundidad y número de individuos.

Se registrará en cada recorrido la posición de inicio y fin del trayecto. Para el análisis de la densidad sobre los cursos de agua se considerarán cuatro regiones: I) el trayecto desde el puente de Bitzales 1ª sección, hasta un punto antes de la bifurcación hasta el arroyo Cobos;

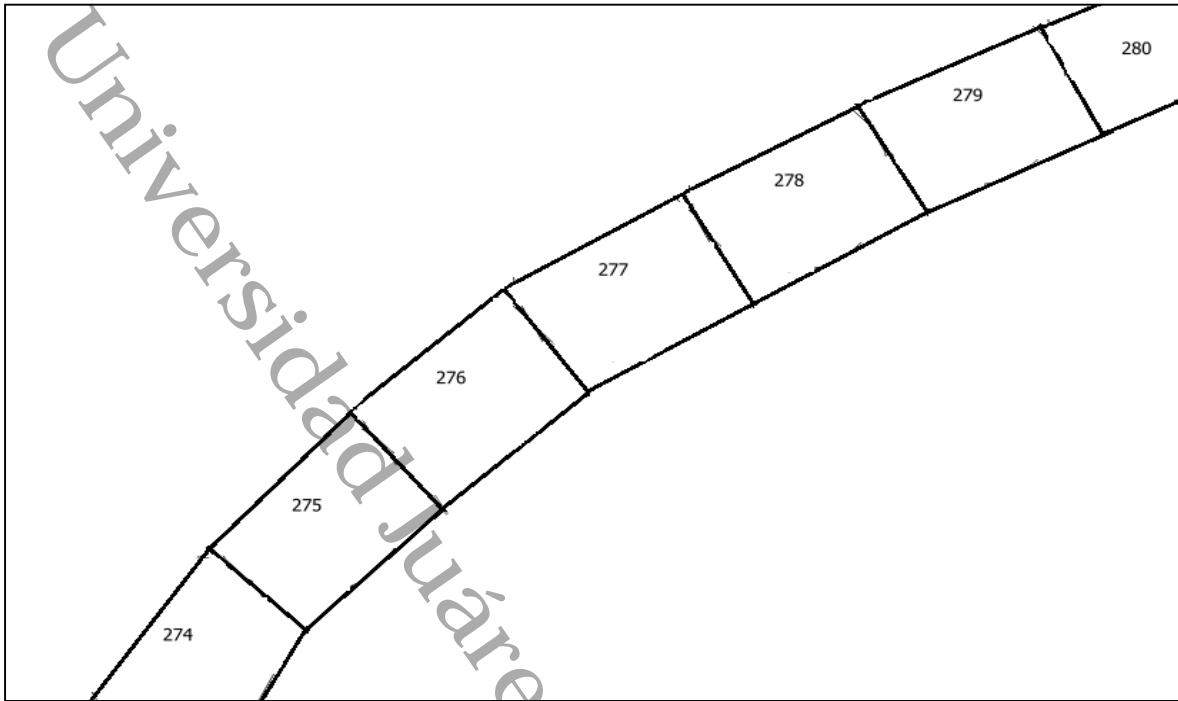
II) el trayecto desde este punto hasta la casa del Sr. Tomás Mendez; III) desde el final del trayecto II hasta la confluencia del arroyo El Llano; IV) un trayecto aproximado de 4 km sobre el río Naranjos partiendo de la confluencia del arroyo El Llano; V) El Arroyo El Llano hasta la bifurcación del canal artificial de acceso a un antiguo pozo, así como este mismo canal; VI) Arroyo Cobos (**Figura 2**).



**Figura 2.** Sectores recorridos en el área de estudio

Con el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS (versión 3.12.3-București), sobre el eje central de los cursos de agua incluidos en el área de estudio se trazará una línea con puntos cada 50m (0.05 Km) y alrededor de cada punto se creará un área buffer de 50m de largo y 30m de ancho (Figura 3). Los datos de cada avistamiento se capturarán en una base de datos en formato de texto separado por comas (extensión CSV) y se importarán al SIG. Una vez en el SIG se unirá la base de registro con las áreas buffer del trayecto general para obtener el total de avistamientos por unidad, el total de individuos registrados por unidad y el número de recorridos con avistamiento por unidad. Con estos procedimientos se calculará la densidad por unidad de área en unidades del número de manatíes por kilómetro cuadrado. El número de unidades cubiertas se calculará para cada recorrido y con esta información se podrá calcular la densidad promedio de acuerdo con el número de unidades, dividiendo entre los sectores del área de estudio. Para estimar la densidad promedio por unidad de área se redondearán las densidades a números enteros y se ajustará la distribución de los datos empíricos a una distribución binomial negativa, la cual puede tratar con el exceso de ceros de los conteos este procedimiento se realizará en el programa R (versión 3.4.0, copyright © 2017 The R foundation for statistical computing) utilizando el paquete Fitdistrplus (versión 1.0-11, 2018).





**Figura 3.** División de los trayectos en unidades de 50m X 30m, dentro de las cuales se asignan los avistamientos y sus características como mecanismo para calcular la densidad.

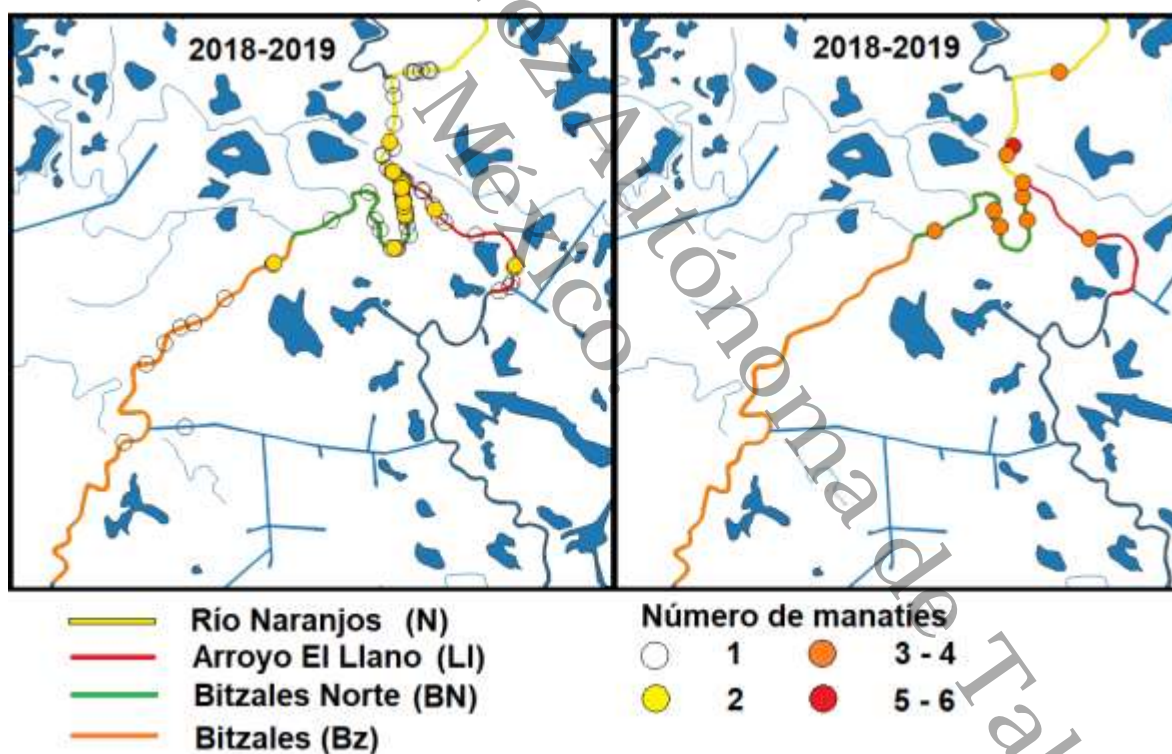
Adicionalmente se calculará la densidad por segmento del área de estudio utilizando el muestreo por distancias con el paquete Distance (versión 0.9.4, 2015) en R. Para la función de detección se estimará la distancia perpendicular de los avistamientos al eje del trayecto en las capturas de pantalla y en los videos obtenidos en los recorridos. Para la función de detección se tendrán dos supuestos que llevarán a dos modelos: a) que la detección en el sonar se afecta por la distancia, usando las distancias registradas en las fotografías; y b) que el sonar tiene una probabilidad completa y uniforme de detección (todos los individuos que registra el sonar pueden verse en las fotografías y que esto no se afecta por la distancia al eje del transecto). El modelo b calculado de esta manera es equivalente al cálculo directo realizado con ayuda del SIG.

Se comparará la densidad y la abundancia registrada entre los recorridos de las temporadas de lluvias y secas utilizando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

## 6. RESULTADOS

### Animales avistados y su distribución espacial

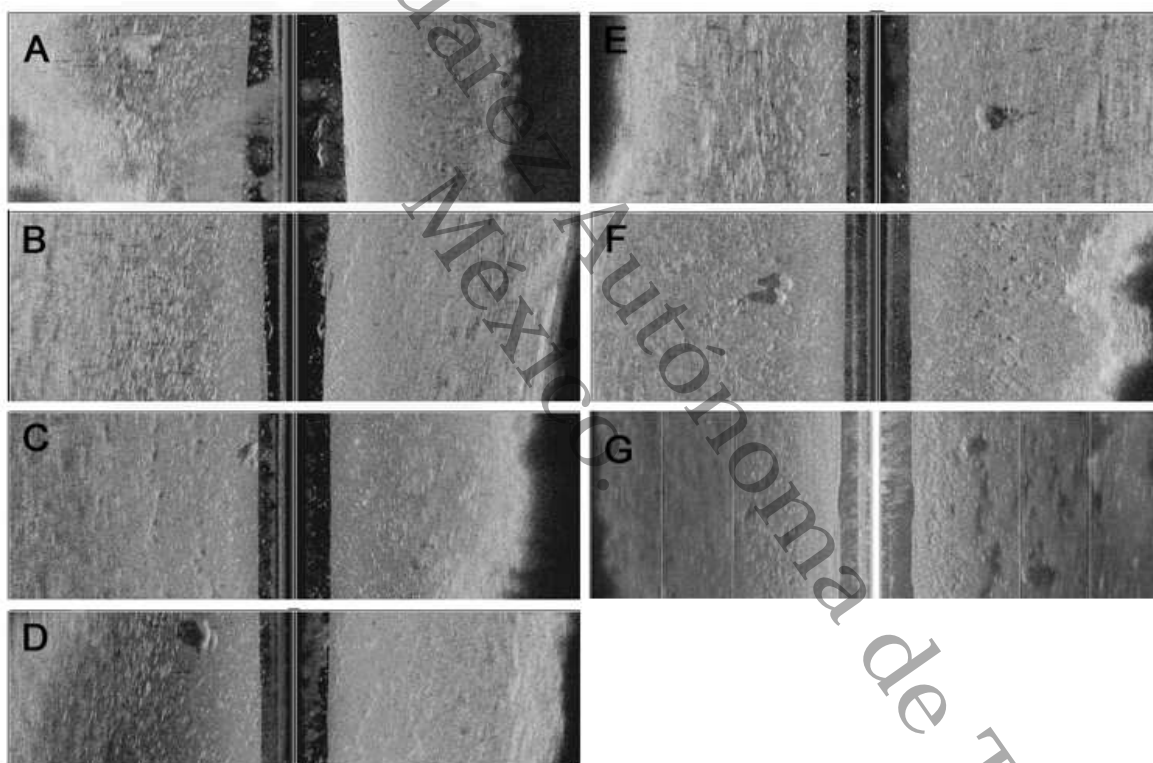
En los 14 recorridos realizados entre julio de 2018 y febrero de 2019 se detectaron un total de 79 avistamientos y 121 manatíes (8.6 manatíes en promedio por recorrido). La longitud promedio de los distintos recorridos fue de (11.7 Km). La ubicación de los avistamientos registrados entre julio de 2018 y febrero de 2019 para los distintos segmentos muestreados se señala en la figura 4. En otros recorridos de 2019 no se preservó el registro exacto de la ubicación de los avistamientos, pero entre marzo y noviembre de 2019 se avistaron un total de XX manatíes en X navegaciones.



**Figura 4.** Ubicación de los avistamientos de manatíes durante los recorridos realizados entre julio de 2018 y febrero de 2019. Los colores indican el número de manatíes en los avistamientos.

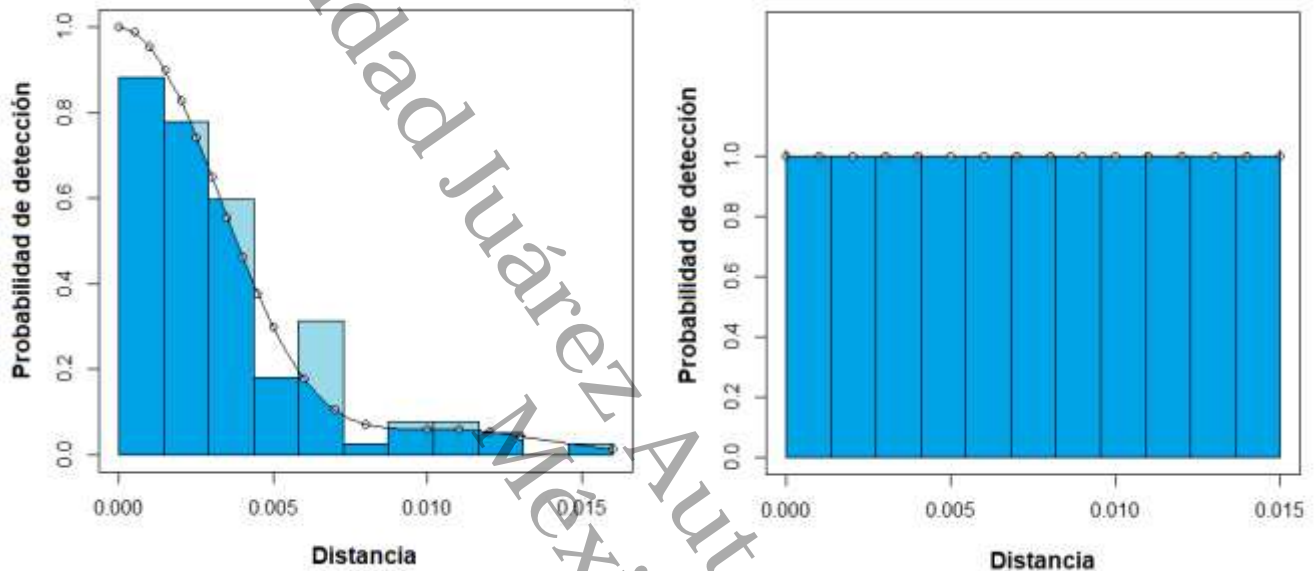
### Densidad y abundancia de manatíes

Con base en las distancias estimadas entre la embarcación y cada uno de los animales avistados en las imágenes y videos de los recorridos (Fig. 3), y suponiendo que la detección del sonar se afecta por la distancia de los animales desde el eje del transecto, se seleccionó el mejor modelo de función de detección acumulada de los recorridos (figura 4a). Por otra parte, suponiendo que la distancia al sonar no es efecto de la detección sino de la distribución espacial de los animales, debido a que los cursos de agua recorridos tienen mayor profundidad en el centro y coincide con el eje del transecto, entonces escogimos un modelo uniforme con corte a los 15 m (figura 4b).



**Figura 3.** Capturas de pantalla de avistamientos a distintas distancias del eje del transecto. A) tres manatíes en la columna de agua directamente debajo de la embarcación; B) tres manatíes sobre el fondo, directamente debajo de la embarcación; C y D) Madre y cría sobre el fondo; D-G) Animales más alejados del eje del transecto.

La mayor parte de los animales se avistaron en los primeros metros alrededor de la embarcación. El corte en la evaluación de la función se dejó a 15 m, aunque la distancia más lejana registrada fue de 13 m (figura 4).



**Figura 4.** Probabilidad de detección de manatíes en el sonar de barrido lateral de imágenes, en función de la distancia al eje de la embarcación, como resultado de los recorridos realizados en la zona de los Bitzales, Tabasco, entre julio de 2018 y febrero de 2019. A) Modelo: función Half-normal, ajuste coseno de orden 2, AIC: -1095.618. B) Función de detección uniforme con corte a los 15 m.

La densidad estimada de manatíes por kilómetro cuadrado y la abundancia estimada en los trayectos, derivada de las funciones de detección, se enlistan en la tabla 1. La densidad total estimada de manatíes utilizando el programa Distance y la función de detección que se afecta con la distancia fue de 68.17 manatíes por kilómetro cuadrado y la abundancia estimada promedio fue de 51 manatíes en el área de estudio. Este fue el método que estimó las densidades mayores.

Suponiendo una distribución uniforme hasta los 15 m, las estimaciones fueron de 21 manatíes por kilómetro cuadrado y 16 manatíes en promedio en el área, similares a las obtenidas de manera directa que fueron de 26 manatíes por kilómetro cuadrado y de 20 animales en el área de estudio.

**Tabla 1.** Densidad y abundancia estimada de manatíes en el área de Los Bitzales en recorridos realizados en 2018 y 2019, utilizando el programa Distance y el cálculo directo.

Método	Estrato	Densidad		Abundancia	
		Estimado	es	Estimado	es
<b>Distance</b>	<b>BZ</b>	42.582	2.816	15.1	0.999
función de	<b>BN</b>	122.231	26.733	20.1	4.395
Detección	<b>N</b>	80.006	24.292	11.4	3.470
Half Normal	<b>LI</b>	51.872	3.430	4.7	0.314
coseno orden 2	<b>Total</b>	<b>68.178</b>	<b>8.451</b>	<b>51.4</b>	<b>6.369</b>
<b>Distance</b>	<b>BZ</b>	12.438	1.152	4.4	0.409
función de	<b>BN</b>	38.300	7.754	6.3	1.275
Detección	<b>N</b>	23.369	7.255	3.3	1.036
Uniforme	<b>LI</b>	19.192	1.777	1.8	0.163
	<b>Total</b>	<b>20.971</b>	<b>2.785</b>	<b>15.8</b>	<b>2.099</b>
<b>Directo</b>	<b>BZ</b>	20.952	8.767	7.4	3.111
función de	<b>BN</b>	35.846	6.597	5.9	1.085
detección	<b>N</b>	21.173	6.838	3.0	0.977
Uniforme	<b>LI</b>	18.182	7.532	1.7	0.689
	<b>Total</b>	<b>26.430</b>	<b>3.618</b>	<b>19.9</b>	<b>2.727</b>

## **7. DISCUSIONES**

### **Animales avistados y su distribución espacial**

Como se observa en la figura 4, la distribución de los manatíes en el área no es homogénea. Los avistamientos aumentan cerca de la confluencia de los ríos Bitzales, Naranjos y arroyo El Llano. Esto indica que es un área de coincidencia en los movimientos de animales desde los cuerpos lagunares conectados por estos cursos de agua. Las confluencias se han destacado en otros estudios por su importancia en el uso por los manatíes (Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez, 2014). Otros canales y arroyos también brindan acceso a los cuerpos lagunares como el caso del canal Cobos, que en este caso no presento densidades similares al arroyo El Llano, pero tampoco fue cubierto en la misma proporción. Datos preliminares de localizaciones de un individuo equipado con un transmisor satelital muestran un frecuente uso de este canal (Olivera-Gómez et al., 2021).

Puc-Carrasco et al. (2018) realizaron recorridos en este mismo sistema en 2012 y 2013, sin embargo, las navegaciones en esa ocasión comenzaron un poco más al sur, pero ya se notaba la alta densidad de avistamientos con incluso un registro de un grupo de 17 manatíes en la confluencia del arroyo El Llano. La heterogeneidad en la ubicación de los avistamientos también se ha observado en otras áreas importantes de distribución, como es el caso de la desembocadura del Río San Pedro Martir en el Usumacinta en el municipio de Balancán (Puc-Carrasco et al., 2017).

### **Densidad y abundancia de manatíes**

El sistema de los Bitzales resulta ser un área de gran concentración de avistamientos de manatíes. La densidad estimada, suponiendo una distribución uniforme de la probabilidad de detección, de unos 21 manatíes por Km<sup>2</sup>, se destacan entre otros sitios y son similares a las estimadas en otro sitio de gran importancia como es la desembocadura del río San Pedro, en Balancán (Tabla D1). Esta densidad es mayor incluso que la registrada en el área más importante de Panamá (Guzmán y Condit, 2017).

**Tabla D1.** Densidades registradas en diversos estudios dentro de sistemas fluviolagunares

<b>Estudio</b>	<b>Sitio</b>	<b>Rango</b>	<b>Estimación (ee)</b>	<b>Área para la estimación, Km<sup>2</sup></b>	<b>N estimado en el área</b>
Este estudio, Distance	Bitzales, Tabasco	Macuspana, 8.7 a 69.2	20.97 (3)	0.75	15.8
Este estudio, Directo	Bitzales, Tabasco	Macuspana, 8.7 a 69.2	26.4 (3)	0.75	19.8
Puc-Carrasco et al 2016	Bitzales, Tabasco	Macuspana, 17.23 (6.3)	17.23 (6.3)	0.3	5.2
Puc-Carrasco et al 2017	San Pedro, Tabasco	Balancán, 3.7 a 43.3	21.7 (0.9)	0.64 a 1.08	23.4
Puc-Carrasco et al 2016	San Pedro, Tabasco	Balancán, 8.33 (2.5)	8.33 (2.5)	0.3	2.5
Guzmán y Condit, 2017	Río SanSan y Negro, Panamá	Río 0.9 a 9.7	6.31	2.9	18.3

Cuando dividimos en secciones el área de estudio, es notoria la reducción de la densidad en la parte más al sur de los recorridos (sección BZ), conforme nos alejamos de la confluencia del canal El Llano (tabla RT1). Esto resalta la necesidad de cubrir otras áreas cercanas para aproximar mejor la densidad regional. La concentración de cadáveres encontrados en la mortalidad inusual de 2018 en el área de los Bitzales (Morales-Vela et al., 2018) podría responder a la alta densidad registrada en esta zona.



## 8. CONCLUSIONES

- El área es un núcleo de distribución. Si suponemos que la detección del sonar es afectada por la distancia las densidades todavía serían mucho mayores.
- No se apreció una diferenciación o disminución de animales en la zona después del evento
- Al parecer no es una población local cerrada sino una zona de tráfico continuo debido a la presencia de extensos sistemas lagunares que se conectan con los cursos de agua muestreados
- El uso del sonar puede ser muy útil para observaciones de manejo e inclusive para apoyos en contingencia.

## 9. LITERATURA CITADA

- Arriaga-Hernández, S. L. 2013. Variabilidad en conteos del manatí Antillano (*Trichechus manatus manatus*) realizados mediante sonar de barrido lateral de imágenes en evaluaciones de la presencia estacional en el estado de Tabasco. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. 45 pp. 2014
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2001. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla. CONANP 1(1): 11p.
- CONANP/SEMARNAT. 2018. PROGRAMA DE ACCION PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE MANATÍ (*Trichechus manatus manatus*), PACE Manatí.
- Daniel-Rentería, D.; A. Serrano-Solís, y G. Sánchez-Rojas. 2008. El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus. 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Cuadernos de Biodiversidad. 33: 21-22
- González-Socoloske, D.; L.D. Olivera-Gómez y R.E. Ford. 2009. Detection of free-ranging West Indian manatees *Trichechus manatus* using side-scan sonar. Endangered Species Research. 8: 252-253.
- González-Socoloske, D.; L.D. Olivera-Gómez. 2012. Gentle giants in dark waters: using side-scan sonar for Manatee research. The open remote sensing journal. 5 (14): 11.
- INEGI. 1996. Cuaderno municipal del estado de Macuspana. 25-26.

- Jiménez-Domínguez D.; L.D. Olivera-Gómez. 2014. Características del hábitat del Manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en sistemas fluvio-lagunares del sur del Golfo de México. *THERYA*. 5 (2): 601-614.
- Lefebvre L.W.; M. Marmontel; J.P. Reid; G.B. Rathbun, D.P. Domning. 2011. Distribution of West Indian Manatee. In: *Biogeography of the West Indies*. *Journal of Mammalogy*. Boca Raton, FL. 474p.
- Morales-López, M., L.D. Olivera-Gómez y C.E. Zenteno Ruiz. 2012. Intervalo respiratorio y desplazamientos de manatíes Antillanos *Trichechus manatus manatus* (Sirenia). Comparación entre las temporadas seca y lluviosa en una laguna aislada. *Mastozoología Neotropical* 19(1):117-126.
- Morales-Vela, B., L.D. Olivera-Gómez, J.E. Reynolds III, and G.B. Rathbun. 2000. Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biological Conservation* 95:67-75
- NOM-059-SEMARNAT-2010. 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario oficial*. 78p.
- Pablo-Rodríguez, N. y L.D. Olivera Gómez. 2012. Situación de una población aislada de manatíes *Trichechus manatus* (Mammalia: Sirenia: Trichechidae) y conocimiento de la gente, en una laguna urbana, en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 28(1):15-26.

Pérez-Garduza, F. 2013. Evaluación de la eficiencia de cinco técnicas para determinar la abundancia de manatíes *Trichechus manatus* en ambientes poco visibles. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 45 pp.

Puc-Carrasco G.; L. D. Olivera-Gómez; S. Arriaga-Hernández; D. Jimenez-Dominguez. 2016. Abundancia relativa del manatí antillano en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla volumen. Ciencias Marinas. 42 (4): 261-263.

Puc-Carrasco G.; B. Morales-Vela, L.D Olivera-Gómez, D. González-Solís. 2017. La primera estimación de la abundancia del manatí antillano en el sistema del río San Pedro, basada en datos de campos, sugiere grandes errores en las estimaciones actuales para México. Ciencias Marinas. 43 (4): 285-299.

Self-Sullivan C.; A. Mignucci-Giannoni. 2008. *Trichechus manatus* ssp. *manatus*. Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas: e.T22105A9359161. <https://www.iucnredlist.org/es/species/22105/9359161>. Consultado 15 de Marzo del 2019.

SEMARNAT/PROFEPA. 2018. Reporte de avances, atención de contingencias de manatíes en Tabasco: 10-11.