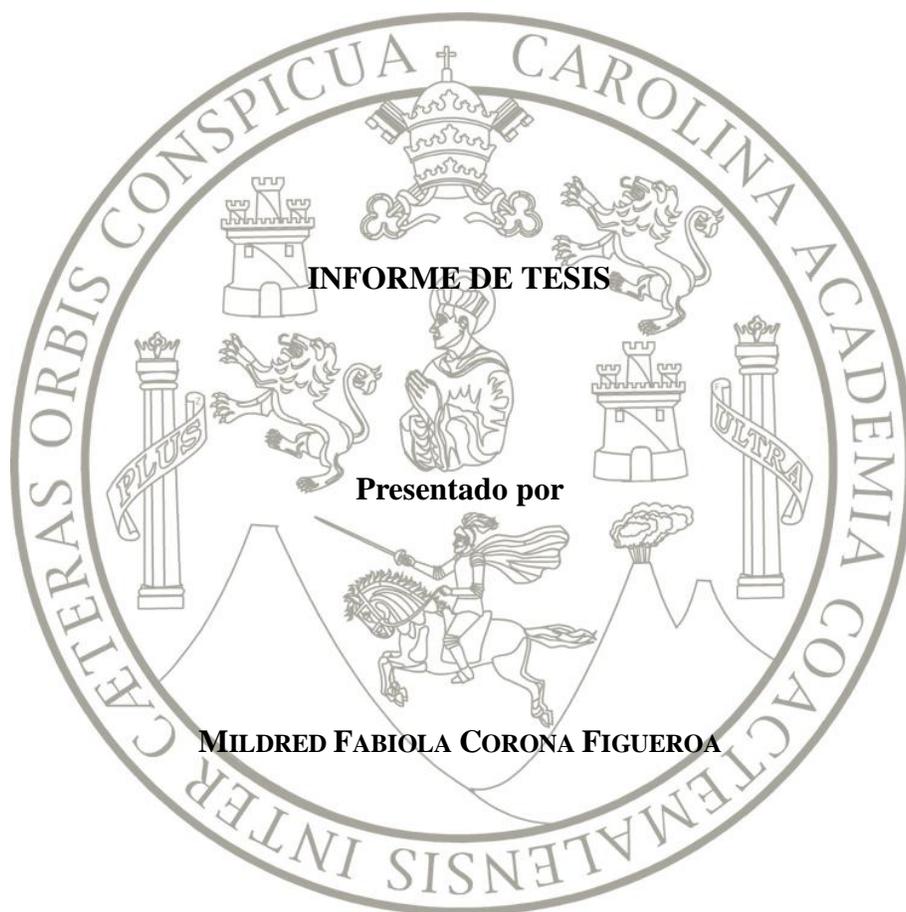


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**USO Y PREFERENCIA DE HÁBITAT DEL MANATÍ ANTILLANO (*Trichechus manatus manatus*) EN EL PARQUE NACIONAL RÍO DULCE, IZABAL, GUATEMALA**



**Para optar el título de**

**BIÓLOGA**

**Guatemala, agosto de 2012.**

**Junta Directiva de la  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

<b>DECANO</b>	Dr. Óscar Manuel Cóbar Pinto
<b>SECRETARIO</b>	Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto
<b>VOCAL 1°.</b>	Licda. Liliana Magaly Vides Santiago de Urizar
<b>VOCAL 2°.</b>	Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares
<b>VOCAL 3°.</b>	Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli
<b>VOCAL 4°.</b>	Br. Fausto René Beber García
<b>VOCAL 5°.</b>	Br. Carlos Francisco Porras López

A mi Mejor Amigo  
A mi Madre, María Santísima  
A mis padres: Arturo Corona y Mildred Figueroa  
A mis hermanos: Juan y Rafa

(...) Pero, he aquí que *Lamyá* –el manatí-, a pesar de su gran volumen, tenía el carácter más apacible de cuantos habitantes poblaran *Akanyá*. Además, *Lamyá* era muy viejo, sabio y observador. *Alau* sintió gran alegría al verlo aparecer. Sin vacilar se acercó a la orilla y comenzó a mover sus bigotes en señal de contentamiento. Entonces *Lamyá* sacó toda la cabeza y mostró parte de su cuerpo rollizo. Luego comenzó a hablar con voz que parecía un ladrido débil y enronquecido. Salud –le dijo al tepeizcuinte. *Alau* acercóse más y comenzó a hablar con su voz de ronroneo. –Salud, grande y sabio *Lamyá*, señor de *Akanyá*, el río...

El Tepeizcuinte. La Mansión del Pájaro Serpiente

Virgilio Rodríguez Macal.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi mamá por todo su apoyo incondicional como asistente de campo. A mi papá y a mis hermanos por su paciencia, apoyo y los ánimos que me dieron durante esta investigación. A todo el personal de la Unidad Técnica Parque Nacional Río Dulce del CONAP: Ing. Agr. Manuel Henry, Lic. Mario Yon, Manuel Aguirre, Karina Barrientos, Doña Isabel y a los guardarrecursos Haroldo Cuz, Miguel Bolom, Alberto Pop Chun, Rolando Chiol, Omar De León, Gloria Dubón, Carlos Aragón, Abelino Xol, Marcelino Chun, Marcos Ba, Ricardo Caal, Alberto Pop Choc y Sebastián Xol, por el apoyo que me brindaron en realizar esta investigación, principalmente en la logística durante las salidas de campo. A todo el personal del CECON, principalmente al Ing. Agr. Óscar Santos y a Cristóbal De León, por el apoyo que me brindaron durante las salidas de campo. Al Dr. Jorge E. López, por su paciencia y por la asesoría que me brindó para la realización de este estudio. A la Dra. Dulce Bustamante, por instruirme en los análisis estadísticos y por impartirme un curso de estadística multivariada utilizando el programa R. A la Dra. Ester Quintana (University of South Florida, USA) y a la Dra. Nataly Castelblanco (ECOSUR Chetumal, México), por los comentarios y observaciones que realizaron al inicio de este estudio. Al Dr. Javier Montenegro y al Dr. Alberto Acosta (Pontificia Universidad Javeriana, Colombia), por proporcionarme, de manera incondicional, el programa HaviStat 2008. A la Licda. Yasmin Quintana, por las ideas que me brindó en la metodología y en el análisis de datos. A la Licda. Maritza Aguirre (AMASURLI), por prestarme el disco Secchi durante este estudio. Al Lic. Jorge Jiménez, a Rosario Rodas (Herbario USCG) y al Lic. Boris MacDonald (Sección de Ecología y Genética de Plantas Acuáticas, Herbario BIGU), por asesorarme en la colecta de plantas acuáticas y por apoyarme en la determinación y montaje de las mismas. A la Licda. Maura Quezada (Sección de Macrohongos, Herbario BIGU), por su aporte de ideas en el diseño de la secadora portátil de plantas. Un agradecimiento especial al Dr. Bradley Krusky, al Dr. Shane Fisher (Dentistry For All, Canadá) y otros colaboradores, por su apoyo incondicional durante este estudio, principalmente en el año 2010. A mi amiga Samanta Orellana, por su entusiasmo y por instruirme en la elaboración de los mapas. A los técnicos del INSIVUMEH, por proporcionarme los datos climatológicos de la estación Las Vegas,

Izabal. Un agradecimiento especial a Silvia Lanza (Grupo Santillana), por darme la oportunidad de trabajar en la editorial y por darme tiempo accesible para realizar el trabajo de campo durante el año 2011. A Ana Gabriela Díaz, Rita Veliz y demás compañeras de trabajo, por apoyarme mientras me encontraba en el campo. A José Manuel Figueroa (Tío Manolo), por su apoyo durante mis viajes a Izabal. A mis amigos y compañeros de estudio de licenciatura (Samanta Orellana, Rosa Sunum, Allan Urbizo, David Cabrera, Victor Gudiel, Yorik Tenes, Raiza Barahona, Luis Trujillo, Astrid Jump y Rodolfo Peña), con quienes pasé varios años de mi vida en la formación de esta tan maravillosa profesión; también les agradezco por ser parte de mi vida, por su apoyo y los ánimos que me brindaron. A la Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala y a todos los catedráticos que formaron parte de mi formación profesional, estaré por siempre agradecida. A la comunidad Carpinteros, por su apoyo incondicional en las últimas etapas de este estudio. Un agradecimiento especial a quienes colaboraron directa o indirectamente en la realización de este estudio.

## **LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

AMASURLI	Autoridad para el manejo sostenible de la cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce
BUKM	Biotopo Universitario para la Conservación del Manatí “Chocón Machacas”
CECON	Centro de Estudios Conservacionistas
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
INGUAT	Instituto Guatemalteco de Turismo
PNRD	Parque Nacional Río Dulce
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USCG	Herbario Universidad de San Carlos de Guatemala

## ÍNDICE

I. RESUMEN.....	10
II. INTRODUCCIÓN.....	12
III. ANTECEDENTES.....	13
A. Planteamiento del problema.....	13
B. Marco teórico.....	14
1. La Familia de los manatíes: Trichechidae.....	14
2. Uso y preferencia del hábitat.....	20
IV. JUSTIFICACIÓN.....	24
V. OBJETIVOS.....	25
A. Generales.....	25
B. Específicos.....	25
VI. HIPÓTESIS.....	26
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
A. Universo de trabajo.....	27
B. Materiales.....	27
1. Recursos humanos.....	27
2. Equipo.....	27
C. Métodos.....	29
1. Área de estudio.....	29
2. Clasificación del hábitat.....	31
3. Uso de hábitat.....	31
4. Preferencia de hábitat.....	33
5. Modelos multivariados.....	34
6. Estudio de la vegetación.....	35

VIII. RESULTADOS .....	36
1. Clasificación del hábitat .....	36
2. Uso de hábitat .....	38
3. Preferencia de hábitat .....	42
4. Modelos multivariados.....	44
5. Estudio de la vegetación.....	47
IX. DISCUSIÓN.....	49
X. CONCLUSIONES .....	55
XI. RECOMENDACIONES .....	57
XII. REFERENCIAS .....	58
XIII. ANEXOS .....	67

## I. RESUMEN

Durante los años 2010 y 2011, se realizaron 17 recorridos acuáticos a lo largo del Parque Nacional Río Dulce, Izabal, Guatemala, con el fin de evaluar el uso y la preferencia del hábitat del manatí antillano y determinar qué variables ambientales y antropogénicas afectan su uso. El esfuerzo total de observación fue de 120 hrs. y se registraron 20 manatíes (17 adultos y tres crías) en el área de estudio. Los hábitats se clasificaron en función de las profundidades del río y la cantidad de transporte acuático: 1) hábitat somero y perturbado (Camelias), abarca un área de 3.5 km<sup>2</sup>; 2) hábitat somero y poco perturbado (Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado), abarca un área de 40.0 km<sup>2</sup>; y 3) hábitat profundo y muy perturbado (Puente, Cuatro Cayos, La Angostura y La Pintada), abarca un área de 16.25 km<sup>2</sup>.

El índice de abundancia relativa (IAR) fue de 0.26 manatíes por kilómetro recorrido. El hábitat somero y poco perturbado fue el único donde se observaron grupos de manatíes de hasta cuatro individuos, mientras que en los otros hábitats sólo se observaron individuos solitarios. Se estimó que los manatíes prefirieron el hábitat somero y poco perturbado; evitaron el hábitat profundo y muy perturbado; y les fue indiferente el hábitat somero y perturbado.

Se evaluaron variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), atmosféricas (temperatura atmosférica, nubosidad y velocidad del viento), biológicas (biomasa de plantas acuáticas) y antropogénicas (cantidad de transporte acuático) con respecto al número de avistamientos de manatíes; ninguna variable mostró correlación significativa con la frecuencia de avistamientos de manatíes. Posteriormente, se elaboraron tres modelos multivariados para relacionar las variables físicas del agua, atmosféricas, biológicas y antropogénicas con los avistamientos. Se utilizaron tres tipos distintos de modelos lineares generalizados (GLM's). Un modelo basado en una Regresión Logística fue el que presentó menor valor del Criterio de Información de Akaike (AIC); sin embargo, las variables que lo conformaron (biomasa, profundidad y transporte) no fueron significativas ( $p > 0.05$ ).

Se observaron 15 especies de plantas acuáticas, de las cuales siete forman parte de la dieta del manatí antillano. Se considera al hábitat somero y poco perturbado como un área de refugio y forrajeo porque cumple con características como profundidades someras, presencia de vegetación acuática y poca cantidad de transporte acuático (media = 1). Dentro de este hábitat se encuentra el Biotopo Universitario para la Conservación del Manatí “Chocón Machacas” (BUCM) por lo que se recomienda desarrollar trabajos científicos sobre la población de manatíes dentro del área, para contribuir a mejorar las estrategias de conservación y manejo del Biotopo y del Parque Nacional Río Dulce.

## II. INTRODUCCIÓN

El manatí de las Antillas (*Trichechus manatus manatus*) es un mamífero herbívoro acuático que forma parte de la fauna del Caribe guatemalteco; se distribuye en el sistema del Lago de Izabal-Río Dulce y en la Bahía de Amatique. La población en esta región está formada por pocos individuos (se han estimado  $53\pm 44$  individuos), según los resultados que se han obtenido desde el año de 1993 hasta el 2008, en los estudios sobre la estimación de la abundancia poblacional del manatí (Quintana-Rizzo, 1993, p. 53; Quintana-Rizzo y Machuca, 2008, p. 56). Esta especie se encuentra en peligro de extinción, principalmente por factores como la cacería, el uso inadecuado de redes de pesca, el tránsito incontrolado de lanchas y la pérdida del hábitat (Herrera, Sandoval y Quintana-Rizzo, 2004, p. 13-17).

Río Dulce forma parte del área de distribución del manatí; también forma parte del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) con el nombre de Parque Nacional Río Dulce (PNRD). En el río se han realizado estudios sobre la distribución y la abundancia poblacional del manatí, principalmente en los últimos años, siguiendo el protocolo de monitoreo propuesto por el área (Arriaza y León, 2006, p. 9-13). Sin embargo, no se cuenta con información acerca del uso y preferencia del hábitat, lo cual es importante ya que la pérdida del hábitat es uno de los factores por el cual la especie se encuentra amenazada.

Con el presente estudio se determinó el uso y la preferencia de hábitat del manatí dentro del Parque Nacional Río Dulce durante los años 2010 y 2011; la hipótesis a falsear en el estudio fue que los manatíes muestran preferencia por al menos un tipo de los hábitats clasificados. Se analizaron diferentes variables en los puntos de observación: 1) variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), 2) atmosféricas (temperatura atmosférica, nubosidad y velocidad del viento), 3) vegetación acuática (biomasa en  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), 4) cantidad de transporte acuático y 5) abundancia relativa de manatíes. Se clasificaron los hábitats en cuanto a su profundidad y cantidad de transporte acuático y se determinó la preferencia de uso de los hábitats por los manatíes.

### III. ANTECEDENTES

#### A. Planteamiento del problema

El sistema acuático Lago de Izabal-Río Dulce y las costas del Atlántico del país son parte del área de distribución del manatí antillano (*T. m. manatus*) (Quintana-Rizzo, 1993, p. 41; Del Valle, 2000, p. 35-36; Del Valle, 2002, p. 5; Romero, 2007, p. 14-15). Se ha estimado que la densidad poblacional mínima de manatíes en el país es de  $53 \pm 44$  individuos (Quintana-Rizzo, 1993, p. 52; Quintana-Rizzo & Reynolds, 2010, p. 11); dicho tamaño poblacional se ha mantenido estable en los últimos años, es decir, no ha variado (Quintana-Rizzo y Machuca, 2008, p. 3-4).

Varias instituciones gubernamentales como la Unidad Técnica Parque Nacional Río Dulce del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce (AMASURLI) y el Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), así como instituciones privadas como la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), han realizado los monitoreos del hábitat del manatí, evaluando la calidad del agua y las poblaciones de la planta acuática *Hydrilla verticillata*, siguiendo la metodología oficial para dichos monitoreos en el área (Arriaza y León, 2006, p. 9-13).

Quintana-Rizzo (1993) reportó las áreas de Cayo Padre, Río Oscuro y Punta Chapín, en el Lago de Izabal, como áreas de parto, y el área de Punta Brava, en las Costas del Atlántico, como área de alimentación del manatí (p. 42, 44 y 46); hasta la fecha, no se han identificado otras áreas usadas por manatíes dentro de Río Dulce, por lo que otros autores han sugerido que El Golfete es considerado como un corredor que los manatíes utilizan para desplazarse del Lago de Izabal hasta la costa y viceversa (Quintana-Rizzo, 1993, p. 46; Quintana-Rizzo & Reynolds, 2010, p. 45). Por lo tanto, cabe preguntarse si existe uso y preferencia de uso de hábitat del manatí en el área de Río Dulce y qué posibles factores son los que los afectan, mediante la evaluación de la abundancia relativa de esta especie en el área de estudio en cuestión.

## **B. Marco teórico**

### **1. La Familia de los manatíes: Trichechidae**

Los manatíes son mamíferos acuáticos pertenecientes al Orden Sirenia, el cual incluye a su pariente del Pacífico, el dugón (*Dugong dugon*, Familia Dugongidae) (Feldhamer, Drickamer, Vessey, Merrit & Krajewski, 2007, p. 378). La Familia Trichechidae presenta tres especies extantes: *Trichechus inunguis* (manatí del Amazonas), *T. senegalensis* (manatí del Oeste de África) y *T. manatus* (manatí de las Indias Occidentales) (Tree of life Project [TOLWEB], 2000). Este último presenta dos subespecies: *T. m. latirostris* (manatí de Florida) y *T. m. manatus* (manatí de las Antillas) (Brook, 1989, p. 10).

#### ***1.1 Características generales***

El manatí de las Antillas es el más grande representante de los sirenios. Puede medir de dos a cuatro metros de largo y pesar hasta 500 kg. Las hembras suelen presentar mayor tamaño que los machos; sin embargo, el tamaño del individuo no determina dimorfismo sexual (Reeves, Stewart & Leatherwood, 1992, p. 261; Reynolds, Powell & Taylor, 2002, p. 682-684). Las crías miden un metro o más de largo y pesan cerca de 26 a 30 kg (Reeves y otros, 1992, p. 261).

Su morfología está claramente adaptada a su forma de vida: presenta una cola aplanada dorsoventralmente y aletas anteriores que cumplen un papel de movilidad y estabilización para el nado (Reeves y otros, 1992, p. 261; Reynolds y otros, 2002, p. 682-684). Las fosas nasales se localizan en la parte superior del hocico y se cierran durante las inmersiones por medio de unos músculos que se abren cuando el mamífero regresa a la superficie para respirar (Reeves y otros, 1992, p. 261). Los labios superiores son alargados y presentan un complejo de músculos y vibrisas que utiliza para manipular la diversas

formas estructurales de las plantas acuáticas de las que se alimenta (Marshall, Kubilis, Huth, Edmonds, Halin & Reep, 2000, p. 649-650).

### ***1.2 Distribución y hábitat***

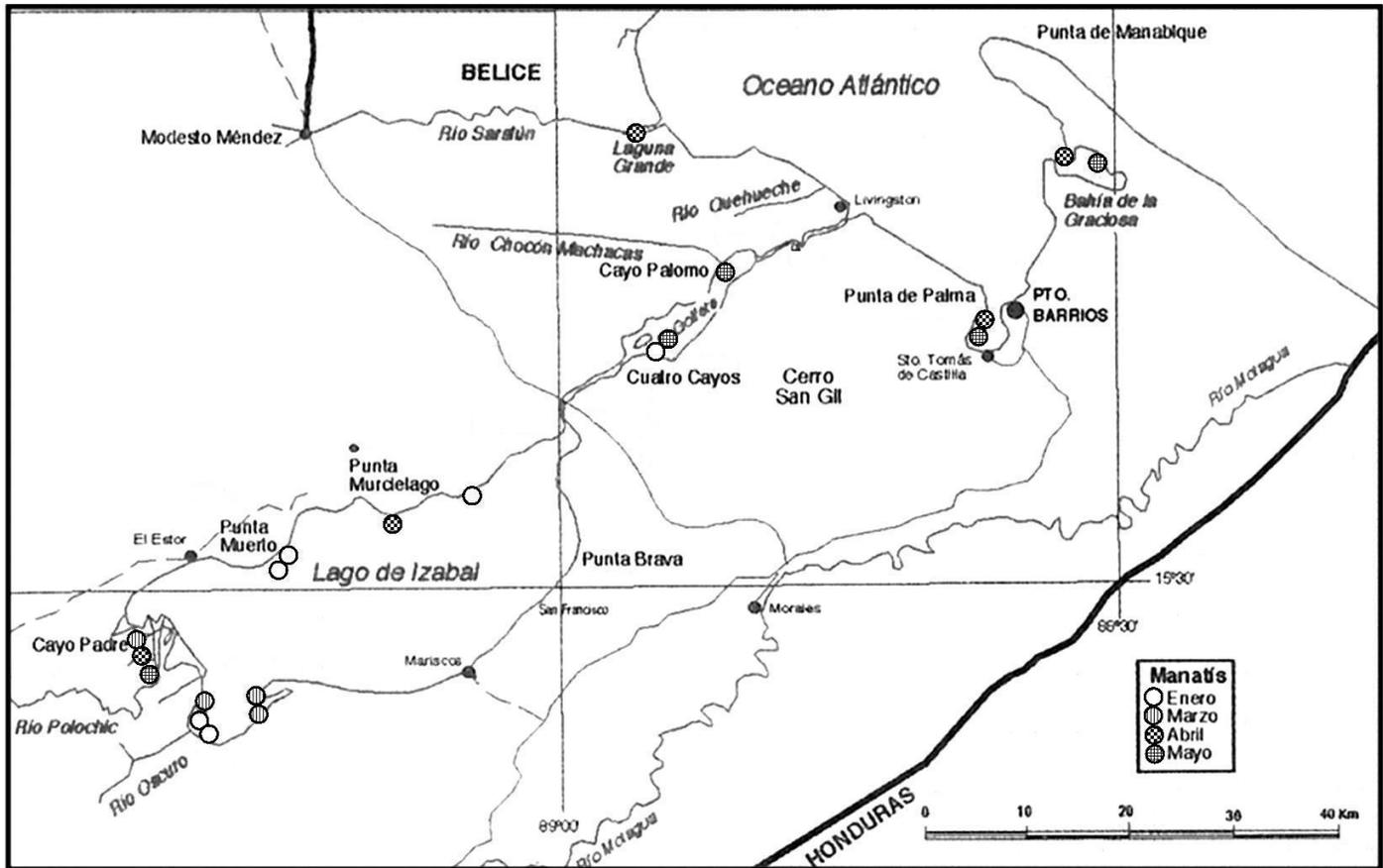
La distribución del manatí de las Antillas incluye el Golfo de México, América Central, las Islas del Caribe, Colombia, Venezuela hasta el noreste de Brasil (Reynolds y otros, 2002, p. 684-686). A diferencia del dugón, los manatíes habitan en aguas dulces como en aguas saladas (Cambell & Irvine, 1977, p. 249), por lo que los ríos, los estuarios y las áreas costeras forman parte de su hábitat. Las poblaciones de manatíes se restringen en áreas cercanas a la costa del trópico y subtropical del Nuevo Mundo, donde los pastos marinos y la vegetación de agua dulce se encuentran cercanas (Reynolds y otros, 2002, p. 684-686).

En Guatemala, la población de manatíes está asociada a sistemas de agua dulce, principalmente en los ríos costeros al norte de Puerto Barrios, el sistema acuático del Lago de Izabal y Río Dulce, el río Sarstún a lo largo de la línea fronteriza con Belice, el Río Motagua y en las aguas costeras cercanas a Punta de Manabique, así como en El Golfete y la Bahía de la Graciosa (Quintana-Rizzo, 1993, p. 41 ; Del Valle, 2000, p. 35-36; Del Valle, 2002, p. 5; Quintana-Rizzo, 2005, p. 13-14 ; Romero, 2007, p. 14-16; Quintana-Rizzo y Machuca, 2008, p. 7-8) (Fig. 1).

### ***1.3 Reproducción***

La reproducción del manatí antillano ha sido observada en todas las épocas del año (Reeves y otros, 1992, p. 264). El estudio de Hartman (1979) describe detalladamente el comportamiento reproductivo del manatí de Florida. La madurez sexual en las hembras se da a los cuatro o cinco años de edad, mientras que los machos a partir de los cuatro. Una hembra en estro suele ser perseguida por un grupo de machos maduros de hasta 22 individuos, y puede aparearse con cinco o 17 machos para asegurar la reproducción (p. 100-

105); la hembra suele ser receptiva durante uno o dos días (Hartman, 1979, p. 100-105; Reeves y otros, 1992, p. 264).



**Fig. 1.** Distribución del manatí antillano en Guatemala reportado por Quintana-Rizzo (1993, p. 41) en el año 1993.

El período de gestación dura de doce a catorce meses, y tienen una cría por cada embarazo. El intervalo entre los nacimientos es de tres a cinco años y el período de crianza es de dos años, aproximadamente (Reeves y otros, 1992, p. 264). Las crías se alimentan de leche durante el período de crianza, y se alimentan de plantas acuáticas luego de pocas semanas de nacidos (Hartman, 1979, p. 110-114; Reeves y otros, 1992, p. 264; O'Shea & Powell, 2001, p. 440-442). Según Quintana-Rizzo (1993), los meses de abril y mayo corresponden al período de mayor abundancia de crías, principalmente en el área de Bocas del Polochic, en Guatemala (p. 65).

## 1.4 Ecología

El manatí es el único mamífero acuático herbívoro. Los manatíes pasan el mayor tiempo alimentándose; acostumbran comer en el borde de las grandes comunidades de vegetación: plantas sumergidas, flotantes y emergentes (Reeves y *otros*, 1992, p. 264). Los adultos pueden llegar a consumir entre el cuatro hasta el nueve por ciento de su peso corporal por día (Etheridge, Rathbun, Powell & Kochman, 1985, p. 22-23), y los adultos pueden pasar alimentándose de seis a ocho horas diarias, por periodos que duran de una a dos horas (Hartman, 1979, p. 55).

Los estudios realizados por Etheridge y colaboradores (1985, p. 23), Mignucci-Giannoni (1998, p. 396) y Castelblanco-Martínez, Morales-Vela, Hernández-Arana & Padilla-Saldivar (2009a, p. 43) reportan que los manatíes se alimentan de una amplia variedad de plantas y de algas, como *Hydrilla verticillata*, *Vallisneria americana*, *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Rhizophora mangle*, *Syringodium filiforme*, *Ulva lactuca* y *Caulerpa prolifera*, entre otras especies. En Guatemala, Pöll (1983) reportó las siguientes especies de plantas acuáticas y algas en el área de El Estor, en Izabal, que posiblemente formen parte de la dieta del manatí: *Chara* sp., *Ceratopteris pteroides*, *Azolla caroliniana*, *Ceratophyllum demersum*, *Utricularia foliosa*, *Nymphaea ampla*, *Sagittaria latifolia*, *Pistia stratiotes*, *V. americana*, *Potamogeton illinoensis* y *Typha domingensis* (p. 1, 5 y 67).

Etheridge y colaboradores (1985) sugieren que los manatíes controlan el crecimiento poblacional de las plantas acuáticas de las que se alimentan (p. 24). Reynolds y colaboradores (2002) sugieren que el pastoreo de los manatíes beneficia a las praderas de pastos marinos porque contribuyen a la dispersión de fragmentos de plantas y porque aumentan los niveles de nutrientes, debido a que la materia fecal es esparcida sobre las praderas de los pastos marinos (p. 686).

Se conoce poco acerca de la depredación natural de los manatíes. Los tiburones, los cocodrilos, los caimanes y las orcas asesinas son predadores potenciales; sin embargo, no

hay suficientes datos documentados. En Florida, durante el invierno, la tasa de mortalidad de los manatíes aumenta, ya que son susceptibles a enfermedades como la neumonía (Reeves y otros, 1992, p. 266).

Los manatíes suelen migrar hacia áreas con aguas tibias cuando la temperatura del agua del área donde se encuentran se torna fría ( $< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). En áreas de agua tibia, los manatíes suelen permanecer en grupos de cientos de individuos (Reynolds & Wilcox, 1985, p. 420-421), y cuando llega el verano, éstos pueden dispersarse a grandes distancias. Aún no se encuentra reportado si existe intercambio de individuos entre áreas apartadas a cierta distancia del Caribe; sin embargo, Quintana-Rizzo & Reynolds (2010) sugieren que es teóricamente posible (p. 8).

### ***1.5 Amenazas***

Existen varios factores antropogénicos que han aumentado la tasa de mortalidad de los manatíes en varios lugares en donde estos se distribuyen. No existe información cuantificada de cómo cada amenaza afecta en el tamaño poblacional de los manatíes en Guatemala (Herrera y otros, 2004, p. 13). Sin embargo, Del Valle (2002) reportó las principales amenazas de la población de manatíes de manera local (p. 13-16).

Las principales amenazas de los manatíes las constituyen la cacería ilegal de su carne; el tránsito de embarcaciones que navegan rápidamente por las aguas, lo que provoca posibles colisiones con los manatíes que se encuentren nadando cerca; el uso no regulado de redes de pesca y trasmallos, que provocan que los manatíes queden atrapados accidentalmente en ellas; y la pérdida del hábitat provocada por el tránsito de embarcaciones, así como la deforestación, la sedimentación, la alteración de las cuencas y la contaminación de sus aguas (Herrera y otros, 2004, p. 13-17).

### ***1.6 Estado de conservación del manatí en Guatemala***

Guatemala cuenta con una ley que prohíbe la cacería del manatí desde el año de 1981 y que sigue en vigencia hasta hoy en día (Diario de Centroamérica, 1981, p. 1503-1504). En 1992, el CECON elaboró la Lista de Especies Amenazadas de Guatemala –LEA. En 1999 se realizó la revisión más reciente de la LEA y se clasificaron las especies en diferentes categorías, dependiendo del grado de amenaza que presenta cada una (Ruiz y López-Selva, 2007, p. 2). El manatí se encuentra dentro de la Categoría 2 de dicha lista, también llamada Lista Roja (Diario de Centroamérica, 2006, p. 3-13), que indica que la especie se encuentra en grave peligro debido a la pérdida de hábitat, su comercio o por presentar poblaciones pequeñas (Ruiz y López-Selva, 2007, p. 3). Por otro lado, las áreas de distribución del manatí en Guatemala se encuentran dentro del SIGAP (CONAP, 2007, p. 28-32).

Actualmente, existe el documento técnico denominado “Estrategia nacional para la conservación del manatí y su hábitat”, elaborado por el CONAP y por profesionales expertos en el tema del manatí, el cual fue publicado en el año 2005. Este documento presenta las estrategias y líneas de acción a tomar en base a los principales factores antropogénicos que afectan el estado poblacional de la especie y su hábitat.

La estrategia nacional para la conservación del manatí tiene como principales objetivos manejar y proteger el hábitat del manatí y las zonas de influencia en la región; proteger y monitorear la población actual de los manatíes y aumentar la valoración social y cultural en las áreas donde estos se distribuyen (Herrera y otros, 2004, p. 21). Es importante mencionar que la estrategia incluye varios ámbitos de acción estratégica, los cuales son llevados a cabo tanto por instituciones gubernamentales y las no gubernamentales, que tienen interés en el estudio y la conservación del manatí. Algunos de los ámbitos son: investigación, legislación, educación, fortalecimiento institucional, manejo de áreas silvestres, monitoreo, entre otros (Herrera y otros, 2004, p. 23).

Existe también un plan de manejo del manatí a nivel regional, elaborado por Quintana-Rizzo & Reynolds (2010), que incluye a todos los países que forman parte del área de distribución de los manatíes. El plan presenta un perfil del estado científico y legislativo y de los esfuerzos de conservación de cada uno de los países; también incluye sugerencias y recomendaciones del manejo y conservación tomando en cuenta los vacíos que presentan cada uno de los países. Quintana-Rizzo & Reynolds (2010) sugieren que Guatemala debe enfocar sus esfuerzos de acción en educación ambiental, en el fortalecimiento de las leyes pertinentes, en la regulación de la actividad pesquera y en el tránsito de embarcaciones y, por último, en realizar estudios acerca del desplazamiento de los individuos dentro de las áreas, mediante métodos de telemetría, así como estudios sobre genética y análisis de contaminantes (p. 118).

## **2. Uso y preferencia del hábitat**

Para cualquier especie, el hábitat se define como el lugar donde existen recursos y condiciones físicas y bióticas que permiten la sobrevivencia, reproducción y establecimiento de un organismo (Batzli & Lesieutre, 1991, p. 299-300). La preferencia de hábitat se evalúa como la diferencia entre la proporción relativa de todos los recursos usados y la disponibilidad de los mismos. Esto genera que, al evaluar la selección por uno o varios recursos (en este caso, la preferencia de hábitat), se extrapolen los resultados para determinar el hábitat de una especie (Underwood, Chapman & Crowe, 2004, p. 165). A diferencia de los estudios de distribución espacial de las especies, en los estudios de uso de hábitat se evalúa la disponibilidad del hábitat (hábitat potencial) y cómo éste es utilizado, según el comportamiento que muestran los individuos de la población (Karczmarski, Cockcroft & McLachlan, 2000, p. 66, 69-70; Morteo, Heckel, Defran y Schramm, 2004, p. 38; Bazzalo, Flores y Pereira, 2008, p. 12-13), o a partir de la distribución de la especie y las características abióticas del hábitat (Axis-Arroyo, Morales-Vela, Torruco-Gómez y Vega-Cendejas, 1998, p. 792; Morales-Vela, Olivera-Gómez, Reynolds & Rathbun, 2000, p. 70-71; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, 129-130).

El uso del hábitat está estrechamente relacionado con la frecuencia de avistamiento de los individuos de una población. Se ha propuesto que las zonas o tipos de hábitat con mayor número de avistamientos (y de individuos) pueden ser consideradas como zonas preferidas por la especie (Ross, Cockroft, Melton & Butterworhs, 1989, p. 124-125). Para que un hábitat sea seleccionado, éste debe estar disponible para la especie, es decir, que el hábitat y los recursos a ser usados no posean factores limitantes (Montenegro y Acosta, 2008a, p. 209-210). Existen varios índices como el de Jacob, el de Ivlev y el de Gabriel LOR, e intervalos como los de Bonferroni y los de Byers, que presentan rangos y criterios que determinan si los individuos prefieren o evitan un determinado tipo de hábitat (Montenegro y Acosta, 2008a, p. 210-212).

Existen varios estudios relacionados con el uso del hábitat del manatí y las variables ecológicas que influyen en su distribución; tales estudios se han realizado con el manatí de Florida (Etheridge y otros, 1985, p. 22) y el manatí antillano (Axis-Arroyo y colaboradores, 1998, p. 793-795; Castelblanco-Martínez, Kendal y Fuentes, 2001, p. 80; Morales-Vela y otros, 2000, p. 70-71; Castelblanco-Martínez, Aguilar y Holguín, 2003, p. 2-3; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 129-130). Por ejemplo, Ramírez-Jiménez y Olivera-Gómez (2007) determinaron el uso de hábitat de los manatíes en la Laguna de las Ilusiones, en México, a partir de la técnica de telemetría. Ellos evaluaron el uso del área mediante la frecuencia de los comportamientos observados, de los cuales la exploración y el descanso fueron los principales; además evaluaron las características del hábitat sobre las actividades realizadas por los manatíes.

En Guatemala, los estudios sobre manatíes se han enfocado en su distribución, su estado poblacional, sus amenazas y su conservación. Los estudios de Quintana-Rizzo (1993, p. 62, 64 y 66) y Quintana-Rizzo & Reynolds (2010, p. 44-46) han clasificado ciertas áreas del Lago de Izabal como áreas de parto y alimentación del manatí, así también para algunas áreas de la Bahía de Amatique. Otros estudios están relacionados con el hábitat del manatí, evaluando la calidad de agua y la presencia de plantas acuáticas invasoras (*Hydrilla verticillata*) (Calderón, 2007a, p. 13-24; Quiñónez, 2009a, p. 11-47; Quiñónez, 2009b, p. 10-15), en las áreas en donde esta especie se distribuye.

Por otro lado, los estudios de Romero (2007) y Quintana-Rizzo y Machuca (2008) tomaron en cuenta la evaluación de algunas variables (físico-químicas, antropogénicas y vegetación) del hábitat del manatí, en el Golfo de Honduras y en el lago de Izabal, respectivamente. Romero (2007) concluyó que no existe diferencia significativa con las variables antropogénicas y las bioecológicas evaluadas entre las condiciones de presencia y ausencia de manatíes, tanto en aguas marinas como continentales; y que sí existe diferencia significativa para la biomasa de las plantas acuáticas en aguas continentales entre dichas condiciones (p. 68-69). Quintana-Rizzo y Machuca (2008) evaluaron la actividad humana (presencia de transporte acuático –cayucos, lanchas de motor y barcos-, presencia de redes de pesca y/o trasmallo) como limitantes en la distribución del manatí en el país; también evaluaron las variables físico-químicas del lago de Izabal, y concluyeron que no existe diferencia significativa en las variables evaluadas lo que sugiere que las condiciones del lago son homogéneas (p. 68-69). Hasta la fecha, estos estudios han sido los únicos reportados a nivel nacional y que reportan información pertinente a cerca del estado actual del manatí en el país.

La clasificación de los tipos de hábitat del manatí y otros mamíferos marinos, está relacionada con las características abióticas del área misma, como el tipo de vegetación presente, las variables físicas del agua, la distancia hacia la costa y hacia ríos tributarios, la profundidad, entre otros (Karczmarski y otros, 2000, p. 68-69; Morales-Vela y otros, 2000, p. 69-70; Morteo y otros, 2004, p. 38; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 128-129; Bazzalo y otros, 2008, p. 12-13). Durante los avistamientos, dichos estudios plantearon evaluar también las actividades que realizaban los individuos (comportamiento) y que, por tanto, determinan el “uso de su hábitat”. Varios estudios realizados en México (Axis-Arroyo y otros, 1998, 793-795; Morales-Vela y otros, 2000, p. 70-71; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, 129-130), en Colombia (Castelblanco-Martínez y otros, 2001, p. 80; Castelblanco-Martínez y otros, 2003, p. 2-3) y un estudio en Guatemala (Quintana-Rizzo, 1993, p. 61-67), han clasificado las áreas de uso de los manatíes, registrando las actividades que éstos realizan: a) Comederos o áreas de alimentación o forrajeo; b) Áreas de tránsito; c) Áreas de apareamiento; d) Áreas de parto; e) Áreas de crianza; y f) Áreas de reposo.

La clasificación propuesta se encuentra estrechamente relacionada con las observaciones etológicas de la especie, por lo que se requiere que las observaciones sean directas para determinar el uso del hábitat. Sin embargo, es válido mencionar que existen metodologías indirectas para determinar la presencia de manatíes en un área, como la presencia de rastros alimenticios y la presencia de heces de manatí (las cuales requieren de muchos años de experiencia para su reconocimiento); las entrevistas con pescadores o excavadores de manatíes también proporcionan información relevante para este tipo de estudios (Castelblanco-Martínez y otros, 2001, p. 80; Del Valle, 2002, p. 11; Castelblanco-Martínez y otros, 2003, p. 2-3).

#### IV. JUSTIFICACIÓN

El manatí antillano (*T. manatus*) está incluido en el Apéndice I de la Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Diario de Centroamérica, 1980, p. 1177), también se encuentra protegido por el Acuerdo Presidencial del 17 de diciembre de 1981 (Diario de Centroamérica, 1981, p. 1503-1504) y en la Categoría 2 de la Lista Roja del CONAP (Diario de Centroamérica, 2006, p. 3-13).

En los últimos años, se han realizado monitoreos aéreos y acuáticos de manatíes en todo el sistema acuático Lago de Izabal-Río Dulce y en las costas del Atlántico de Guatemala (Quintana-Rizzo, 1993, p. 41; Del Valle, 2000, p. 35-36; Del Valle, 2002, p. 12-23; Romero, 2006, p. 9-11; Calderón, 2007b, p. 4-12; Quintana-Rizzo y Machuca, 2008, p. 29-54; Calderón, 2008, p. 9-15; Quiñónez, 2009c, p. 48-51), que han contribuido en los objetivos propuestos en la Estrategia Nacional para la conservación del manatí (Herrera y otros, 2004, p. 37-39) y en la metodología de monitoreo científico de la región (Arriaza y León, 2006, p. 9-13).

Sin embargo, tales investigaciones se han enfocado principalmente en la distribución, la densidad poblacional y las principales amenazas de la reducción de la población, dejando por un lado el estudio del uso y la preferencia del hábitat del manatí en el país. Por lo tanto, es determinante el estudio de la distribución espacial, la disponibilidad, delimitación y cuantificación del hábitat del manatí, el uso de hábitat de esta especie y las variables asociadas con el uso de hábitat, ya que proveen información que ayuda a tomar decisiones para establecer zonas prioritarias de protección y para el manejo de áreas protegidas, específicamente en el área del Parque Nacional Río Dulce. Con en este estudio también se pretende aportar información para actualizar la estrategia nacional para la conservación del manatí y su hábitat en Guatemala.

## **V. OBJETIVOS**

### **A. Generales**

1. Determinar el uso y la preferencia de hábitat del manatí en el Parque Nacional Río Dulce.
2. Determinar las variables que afectan el uso de hábitat del manatí en el Parque Nacional Río Dulce.

### **B. Específicos**

1. Clasificar, cuantificar y delimitar los hábitats disponibles del manatí antillano en el Parque Nacional Río Dulce.
2. Determinar si existe correlación entre los avistamientos de manatíes con respecto a las variables físicas del agua (temperatura, turbidez, profundidad y pH), las variables atmosféricas (temperatura, nubosidad y velocidad del viento), la biomasa de la vegetación acuática y la cantidad de transporte acuático.

## **VI. HIPÓTESIS**

Los manatíes muestran preferencia por al menos un tipo de hábitat clasificado dentro del Parque Nacional Río Dulce.

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Universo de trabajo

El universo de trabajo fue la población de manatíes de Guatemala (que se distribuyen en el sistema del lago de Izabal-Río Dulce y la Bahía de Amatique).

La muestra fueron los manatíes avistados dentro de los diferentes tipos de hábitat del PNRD; los puntos de observación *in situ* para evaluar las variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), así como las variables atmosféricas (temperatura, nubosidad y velocidad del viento); la biomasa de la vegetación acuática y la cantidad de transporte acuático en los puntos de observación. Se siguió la metodología propuesta por Arriaza y León (2006, p. 9-13), tomando en cuenta algunas sugerencias de Del Valle (2002, p. 6-7).

### B. Materiales

#### 1. Recursos humanos

- 1 investigador principal (Escuela de Biología)
- 1 guardarrecurso (PNRD, CONAP)
- 1 lanchero (PNRD, CONAP)

#### 2. Equipo

- 1 lancha con motor de 25 HP.
- 1 sonda multiparamétrica portátil sensION™ HACH (Loveland, Colorado, USA).
- 1 prensadora de madera.
- 1 horno secador portátil hecho a base de madera.

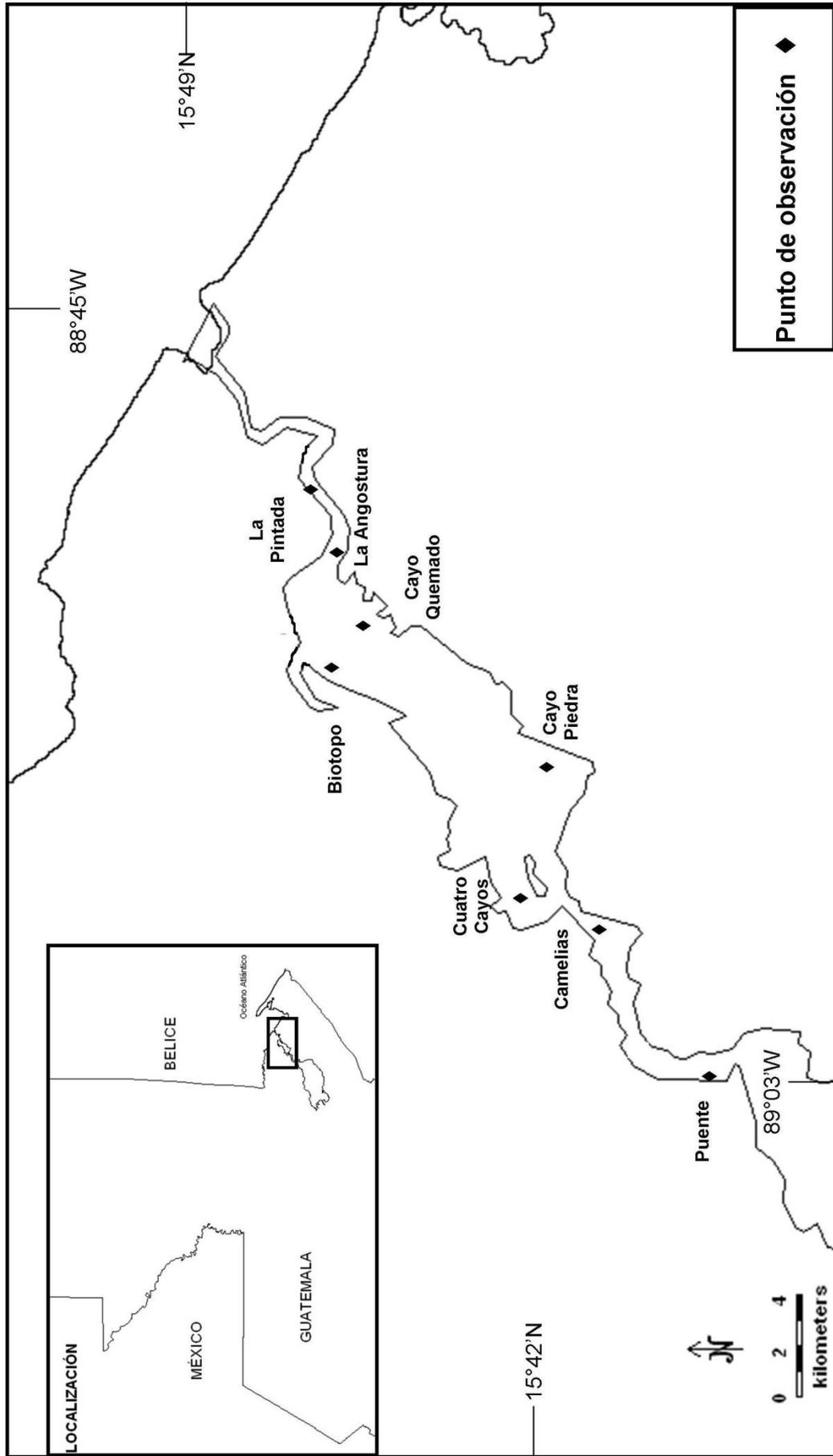
- 1 cámara fotográfica digital SONY® Cyber-shot Modelo DSC-S930 de 10.1 megapíxeles (San Diego, California, USA).
- 1 GPS MAP® Garmin 60CSx de 64 MB (Olathe, Kansas, USA).
- 1 báscula digital de precisión con capacidad de 5 kg marca CAMRY® Modelo EK 3252 (Zhongshan, Guangdong, China).
- 1 disco Secchi.
- 1 medidor de profundidad.
- 3 cuadrantes de PVC de 0.5 x 0.5 m.
- Baterías alcalinas tipo AA.
- Papel periódico.
- Papel parafinado.
- Cinta métrica.
- Navaja o cuchillo.
- Lazos.
- Bolsas plásticas tipo *ziploc*.
- Equipo de snorkel.
- Libreta de campo.
- Marcadores indelebles.
- 1 computadora PC, con Windows® XP y paquete completo de Office 2007 incluido.
- Programa DivaGis® v. 7.5 (Hijmans, Guarino & Mathur, 2012).
- Programa R v. 2.13.1 (R Development Core Team, 2011) y el editor Tinn R GUI v. 2.3.7.1 (Faria, 2011).
- Programa Palaeontological Statistics (PAST) v. 1.81 (Hammer, Harper & Ryan, 2008).
- Paquete Estadístico HaviStat v. 1.0 (Montenegro y Acosta, 2008b).

## C. Métodos

### 1. Área de estudio

Río Dulce se encuentra ubicado en el municipio de Livingston, en el departamento de Izabal. El Parque Nacional Río Dulce (PNRD) forma parte del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) según el artículo 88 del decreto 4-89 de la Ley de Áreas Protegidas (CONAP, 2007, p. 28-29). El parque comprende la doble franja de un kilómetro de ancho de ambas orillas de Río Dulce, desde el Castillo de San Felipe (latitud norte 15°38'20.07'' y longitud oeste 88°59'39.04'') hasta la desembocadura en el Océano Atlántico (latitud norte 15°48'43.47'' y longitud oeste 88°45'31.17'') (Fig. 2). En general, las condiciones climáticas en el área son variables debido a la influencia de los vientos alisios con dirección Norte-Sur que se encuentran cargados de humedad, con una velocidad de 10 km/h aprox. (CONAP, 2005, p. 5).

El PNRD alcanza 7,200 ha aprox. de tierra firme y 5,800 ha de superficie del cuerpo de agua. Las vertientes principales que llegan al río son la de San Gil y la de Santa Cruz. (CONAP, 2005, p. 5). El río incluye la región de El Golfete, en donde se han reportado manatíes (Quintana-Rizzo, 1993, p. 52; Del Valle, 2000, p. 35-36; Del Valle, 2002, p. 12-23; Calderón, 2007b, p. 4-12; Romero, 2006, p. 9-11; Quintana-Rizzo y Machuca, 2008, p. 29-54; Calderón, 2008, p. 9-15; Quiñónez, 2009c, p. 48-51); dentro de esta área se encuentran varios cayos de diferentes tamaños. La época seca ocurre en los meses de febrero a mayo y la época lluviosa de junio a enero, pero es común la presencia de lluvias durante todos los meses del año debido a la influencia de los vientos alisios del noreste. La profundidad del río varía de 2.5 a 18 m (Fundación Centro de Estudios para el Desarrollo [FUNCED], 2007, p. 18-20; Instituto Geográfico Nacional [IGN], 2001). El rango de salinidad varía de 0.0 a 0.2 ppt y la temperatura del agua entre 25.0 a 31.3 °C (Quiñónez, 2009c, p. 11-47).



**Fig. 2.** Área de estudio del uso y preferencia del hábitat del manatí antillano en el Parque Nacional Río Dulce, Izabal, Guatemala, en los años 2010 y 2011.

Según Del Valle (2002), la región de El Golfete es considerada como un cuerpo de agua amplio y descubierta, con insignificante cobertura arbórea en relación con su superficie y aguas relativamente traslúcidas (p. 8). La principal vegetación acuática reportada para Río Dulce incluye *Hydrilla verticillata*, *Pistia stratiotes*, *Nymphaea ampla*, *Najas gramínea*, *N. guadalupensis*, *Potamogeton foliosus*, *P. illinoensis*, *Vallisneria americana*, *Cabomba* sp. y *Ceratophyllum* sp. (Romero, 2007, p. 52).

## **2. Clasificación del hábitat**

Se midieron variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), atmosféricas (temperatura atmosférica, nubosidad y velocidad del viento), biológicas (biomasa de la vegetación acuática) y antropogénicas (cantidad de transporte acuático) para determinar si existía o no diferencia significativa entre los puntos de observación. Para esto se utilizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA); posteriormente, se realizó una prueba *post hoc* de Bonferroni de las variables que fueron estadísticamente significativas. A partir de estos resultados, se procedió a realizar un análisis de clasificación o agrupamiento jerárquico a partir de los promedios de las variables que fueron significativas, con el fin de clasificar las localidades en diferentes tipos de hábitat. Este análisis se realizó por medio del programa PAST v. 1.81 (Hammer y otros, 2008). Posteriormente, se cuantificaron los tipos de hábitat en función al tamaño del área (km<sup>2</sup>), a partir de un cuadrículado generado por medio del programa DivaGis v. 7.5 (Hijmans y otros, 2012).

## **3. Uso de hábitat**

Se empleó la metodología propuesta por Arriaza y León (2006, p. 9-13), siguiendo algunas sugerencias propuestas por Del Valle (2002) recorriendo el curso del río en las primeras horas de la mañana (5 – 8 a.m.) por medio de una lancha de 5.5 m de longitud con motor de 25 HP, a una velocidad de 5 km/h (p. 6-7). Durante los avistamientos, se realizó una espera silenciosa de 20 minutos aprox. en cada uno de los puntos de observación a los

cuales se viajó directamente (Fig. 2). Los avistamientos que se realizaron en otros puntos de observación también fueron tomados en cuenta para el análisis.

Las observaciones directas de los manatíes se realizaron en las áreas reportadas en estudios anteriores (Quintana-Rizzo, 1993, p. 43; Del Valle, 2002, p. 10; Calderón, 2007b, p. 5; Corona, 2010, p. 17) (Fig. 2). Se tomó como observación directa la parte del lomo, cola u hocico del individuo; se rechazó la observación de burbujas u oleaje provocado por el animal, para mayor fiabilidad de los datos (Del Valle, 2002, p. 6-7). Cuando se observaron varios individuos (tamaño de grupo), se diferenció la estructura por edad: cría, cuando el individuo presentara un tamaño menor a 2.0 m, y se encontrara acompañado de su madre; y adulto, cuando presentara un tamaño mayor a 2.0 m. Cuando el avistamiento fue efectivo, se esperó diez minutos más para registrar la actividad o comportamiento de los individuos, cuando ésta fue fácilmente evidente. Cada avistamiento se registró por medio del sistema de posicionamiento global (GPS) y se elaboró un mapa, por medio del programa DivaGis versión 7.5 (Hijmans y otros, 2012), para evidenciar la distribución de los manatíes en este estudio. Posteriormente, se estimó el índice de abundancia relativa (IAR) en toda el área como el número de manatíes avistados por kilómetro recorrido.

Se realizó un conteo por mes durante los meses de enero y febrero, y dos conteos mensuales a partir de marzo hasta julio del año 2011, siendo un total de doce conteos. También se tomaron en cuenta los conteos que se realizaron durante los meses de marzo a junio del 2010 (Corona, 2010, p. 16-18).

En cada punto se midieron las variables físicas del agua (temperatura y pH) mediante una sonda multiparamétrica; la turbidez, mediante el disco Secchi y la profundidad, por plomada a fondo, para determinar las condiciones del hábitat en cada punto de observación, existiera o no uso efectivo (avistamientos). También se tomaron en cuenta las variables atmosféricas por día: temperatura atmosférica, nubosidad y velocidad del viento, a partir de los registros de la estación meteorológica Las Vegas, Izabal; y las variables antropogénicas (cantidad de transporte acuático alrededor de los puntos de observación). Se realizó una prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) para

determinar si la frecuencia de uso efectivo estaba o no asociada con las variables evaluadas en toda el área de estudio.

#### 4. Preferencia de hábitat

Se realizó una prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) con el fin de determinar si la presencia de manatíes estaba o no asociada con los hábitats. Posteriormente, se calcularon los intervalos de confianza de Bonferroni para determinar si los manatíes observados utilizaron los diferentes tipos de hábitat en mayor, menor o igual proporción a lo esperado. Para esto se utilizó la ecuación establecida por Byers, Steinhorts & Krausman (1984, p. 1051-1052) (1). Siguiendo los criterios de los intervalos de Bonferroni, se determinó si los manatíes están prefiriendo, no prefiriendo o evitando los diferentes hábitats. En este análisis, se tomó en cuenta el tamaño del área ( $\text{km}^2$ ) de los hábitats clasificados como variable independiente. Los intervalos y las proporciones de uso esperados ( $P_e$ ) se calcularon a partir del programa HaviStat 2008 versión 1.0 (Montenegro y Acosta, 2008b).

$$P_i - Z_{\alpha/2k} \sqrt{P_i(1 - P_i)/n} \leq P_i \leq P_i + Z_{\alpha/2k} \sqrt{P_i(1 - P_i)/n} \quad (1)$$

Donde  $P_i$  es la proporción de uso de la categoría “i” con respecto al número total de individuos y  $Z_{\alpha/2k}$ , el valor en la distribución Z, que corresponde al área de la cola de  $\alpha/2k$ .

Los criterios son: el rango: va de -1 a 1. Si la proporción de uso esperado ( $P_e$ ) es mayor que el intervalo mayor, entonces prefiere; si  $P_e$  es menor que el intervalo menor, evita; si  $P_e$  es menor que el intervalo mayor y mayor que el intervalo menor, entonces se observa uso pero no preferencia; es decir, muestra indiferencia (Cherry, 1996, p. 654; Montenegro y Acosta, 2008a, p. 212).

## 5. Modelos multivariados

Se utilizó el análisis de correlación de Spearman para calcular los coeficientes de correlación de las variables estudiadas con respecto al número de avistamientos de manatíes en toda la cuenca del río. Luego, para evaluar la asociación de cada variable con respecto a los avistamientos de manatíes en el área entera, se elaboraron tres modelos diferentes y se utilizaron tres tipos de modelos lineales generalizados (GLMs): la regresión Logística o Binomial simple, la regresión de Poisson y la regresión Binomial Negativa. La regresión Logística asume una distribución binomial de los errores residuales y utiliza la función *logit*; en la regresión de Poisson, los errores residuales presentan una distribución de Poisson y utiliza la función logarítmica o *log*; la regresión Binomial Negativa asume una distribución binomial negativa de los errores residuales y utiliza la función logarítmica (*log*) (Ver Zuur, Ieno, Walker, Saveliev & Smith, 2009, p. 211-218, 233-238 y 245-251). Para realizar los modelos, se redujo el número de avistamientos a presencia-ausencia de manatíes.

Para seleccionar el mejor modelo, dentro del conjunto de modelos admisibles propuestos en este estudio, se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC). Este criterio se basa en la distancia de Kullback-Leibler en la teoría de la información. El AIC mide la cantidad de información que se pierde cuando se utiliza un modelo para representar la realidad que generan los datos observados, para la cual el número de parámetros es desconocido y potencialmente grande. Aquel modelo que presente menor valor de AIC es mejor que los demás porque es el que se acerca más a la realidad (Burnham & Anderson, 2004, p. 271-272). Posteriormente, se calcularon los *odds ratio* con el fin de analizar los factores de riesgo de las variables que conformaron los modelos seleccionados. Luego, se evaluó la sobredispersión de los modelos seleccionados, como el cociente de la varianza nula y los grados de libertad. Si el cociente se acerca a 1, entonces se asume que el modelo no presenta sobredispersión; si es mayor que 1, entonces proporciona evidencia de sobredispersión (Zuur y otros, 2009, p. 224). Los modelos se elaboraron a partir del

Programa R versión 2.13.1 (R Development Core Team, 2011) y un editor Tinn R GUI v. 2.3.7.1 (Faria, 2011).

## **6. Estudio de la vegetación**

Se realizó una colecta de las plantas acuáticas en los puntos de observación donde los avistamientos fueron efectivos. Para esto se utilizó el método Braun-Blanquet, con cuadrantes de 0.5 X 0.5 m (Romero, 2007, p. 32); se colectó un cuadrante con dos repeticiones de manera aleatoria. Cada planta colectada fue separada por morfoespecie y se calculó la biomasa como peso húmedo ( $\text{kg/m}^2$ ) por medio de una báscula de precisión marca Camry®. Una vez pesadas, las plantas se devolvieron en los puntos donde fueron colectadas. Se colectaron varios ejemplares los cuales se expusieron en un horno secador portátil a una temperatura de 40 °C durante dos días aproximadamente. La determinación y el montaje del material colectado se realizaron en el Herbario USCG del Jardín Botánico del Centro de Estudios Conservacionistas –CECON- de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC.

Se calculó el promedio y la desviación estándar de la biomasa por especie de plantas acuáticas. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza con el fin de determinar si los tipos de hábitat y la vegetación acuática tienen efecto sobre la biomasa.

## VIII. RESULTADOS

### 1. Clasificación del hábitat

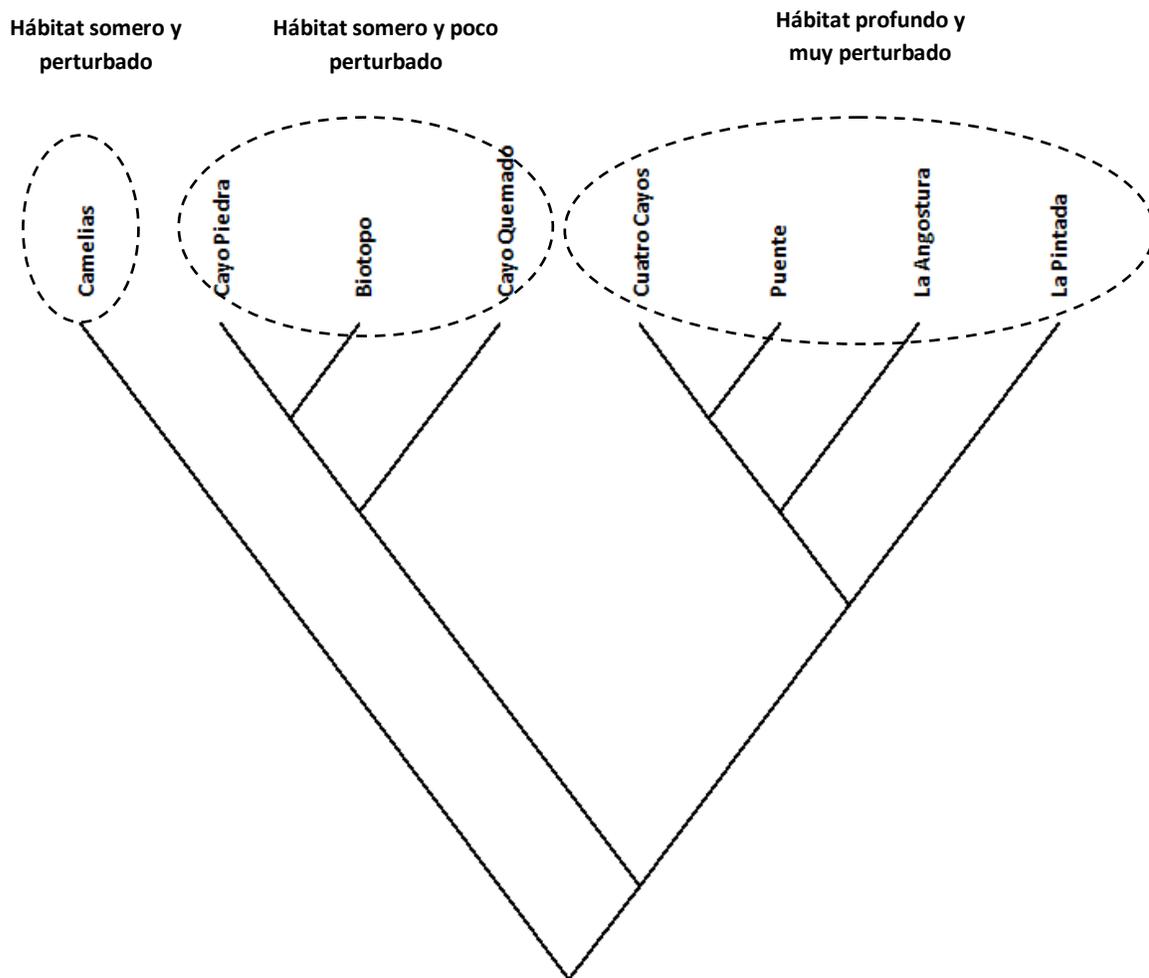
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de las variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), atmosféricas (temperatura atmosférica, velocidad del viento y nubosidad), biológicas (biomasa de plantas acuáticas) y antropogénicas (cantidad de transporte acuático), con el fin de determinar si había diferencia significativa entre los ocho puntos de observación. Sólo las variables profundidad y transporte mostraron diferencia significativa ( $F = 18.454$ ,  $gl = 7$ ,  $p < 0.05$ ;  $F = 7.4652$ ,  $gl = 7$ ,  $p < 0.05$ ). Posteriormente, se realizó una prueba *post hoc* de Bonferroni para analizar cuáles de los puntos de observación fueron diferentes (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Valores *p* de la prueba *post hoc* de Bonferroni de las variables profundidad y cantidad de transporte acuático, en el Parque Nacional Río Dulce durante los años 2010 y 2011.

Puntos de observación	Biotopo	Cayo Piedra	Cayo Quemado	Cuatro Cayos	Inicio El Golfete	La Angostura	La Pintada
<i>Profundidad</i>							
Cayo Piedra	1.0000	-	-	-	-	-	-
Cayo Quemado	1.0000	1.0000	-	-	-	-	-
Cuatro Cayos	1.0000	1.0000	0.6250	-	-	-	-
Camelias	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-	-	-
La Angostura	<i>0.0042</i>	<i>0.0029</i>	0.2857	0.0001	0.0020	-	-
La Pintada	<i>1.6E-10</i>	<i>2E-10</i>	<i>0.00000015</i>	<i>5E-12</i>	<i>1.8E-10</i>	<i>0.0056</i>	-
Puente	<i>0.00011</i>	<i>0.000089</i>	<i>0.0161</i>	<i>0.0000024</i>	<i>0.000058</i>	1.0000	0.1504
<i>Transporte</i>							
Cayo Piedra	1.0000	-	-	-	-	-	-
Cayo Quemado	0.3684	0.1968	-	-	-	-	-
Cuatro Cayos	1.0000	1.0000	1.0000	-	-	-	-
Camelias	0.5030	0.2696	1.0000	1.0000	-	-	-
La Angostura	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-	-
La Pintada	0.0591	<i>0.0325</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	-
Puente	<i>0.0000007</i>	<i>0.00000066</i>	<i>0.0253</i>	<i>0.0033</i>	<i>0.0252</i>	<i>0.0007</i>	0.3052

Varianza *pool* de los ocho puntos de observación para cada t test; *p* ajustado a Bonferroni. Los valores en cursiva son menores a 0.05.

Dado que los puntos de observación fueron estadísticamente diferentes en cuanto a la profundidad y la cantidad de transporte acuático, se decidió realizar un análisis de clasificación de los tipos de hábitat con los valores promedio de cada punto de observación. La Fig. 3 muestra el cladograma de consenso en el que se observan tres grupos: 1) Hábitat somero y perturbado: Camelias; 2) Hábitat somero y poco perturbado: Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado; y 3) Hábitat profundo y muy perturbado: Cuatro Cayos, Puente, La Angostura y La Pintada.



**Fig. 3.** Cladograma de los diferentes tipos de hábitat para el manatí en el Parque Nacional Río Dulce clasificados en función de las variables profundidad y cantidad de transporte acuático. Los hábitats son: somero y perturbado (Camelias), 2) somero y poco perturbado (Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado) y 3) profundo y muy perturbado (Cuatro Cayos, Puente, La Angostura y La Pintada).

El área total disponible del río es de 59.8 km<sup>2</sup>, aproximadamente. Los tres hábitats clasificados en el Parque Nacional Río Dulce son: 1) Hábitat somero y perturbado, comprende la aldea Camelias y otros lugares aledaños hasta donde inicia El Golfete, abarca un área de 3.5 km<sup>2</sup>; 2) Hábitat somero y poco perturbado, corresponde a la parte norte y sur de El Golfete, abarca un área de 40.0 km<sup>2</sup>; y 3) Hábitat profundo y muy perturbado, corresponde el inicio de la cuenca del río, en el área del puente de la aldea Río Dulce, la aldea La Angostura hasta la desembocadura hacia el mar, abarca un área total de 16.25 km<sup>2</sup> (Fig. 4, Cuadro 2).

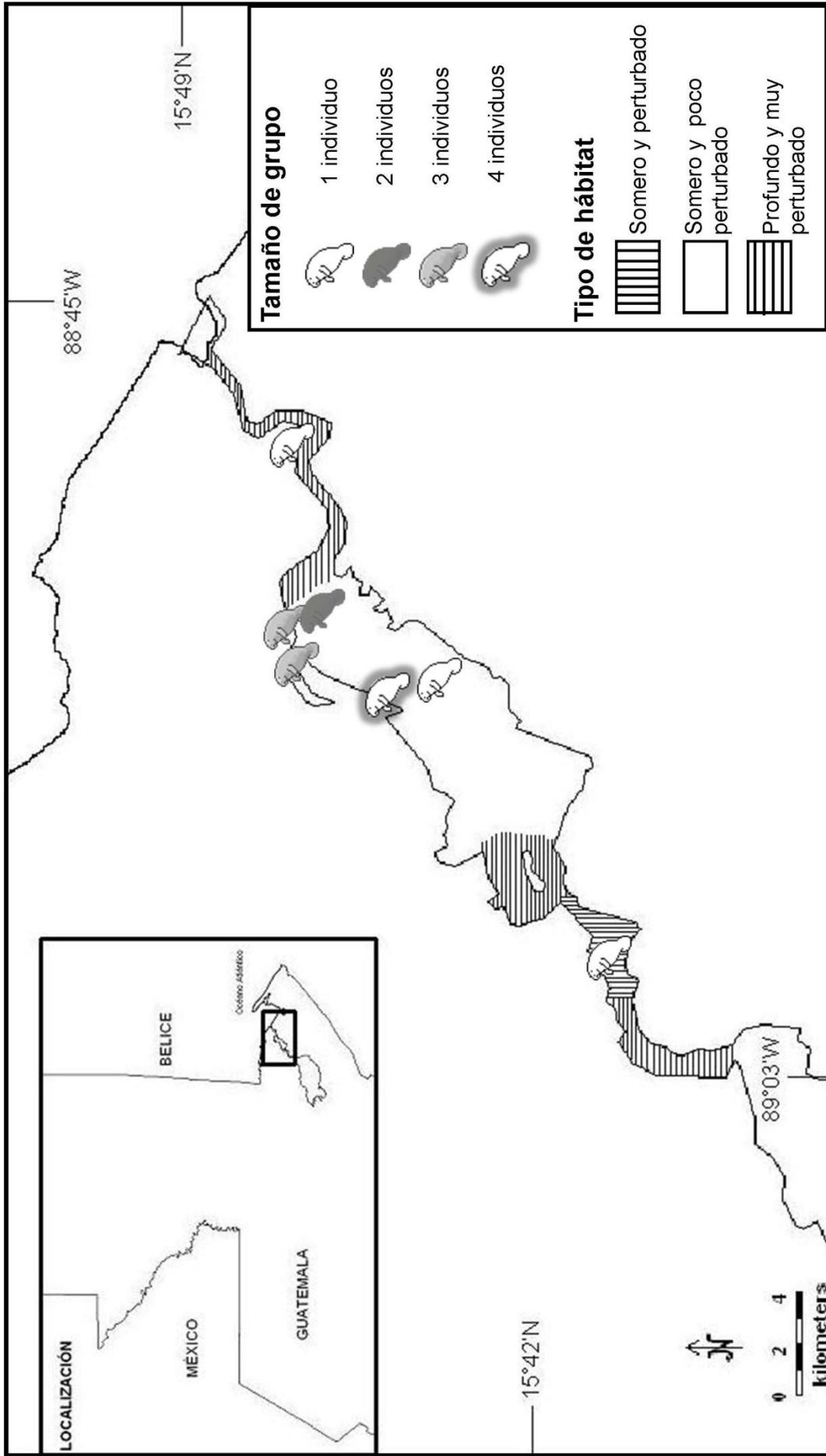
## 2. Uso de hábitat

Se observaron 20 manatíes (17 adultos y tres crías) en los años 2010 y 2011 dentro de la cuenca de Río Dulce (Cuadro 2), con un esfuerzo total de observación de 120 horas. Se recorrieron aproximadamente 75 km por día; el índice de abundancia relativa (IAR) para el área total fue de 0.26 manatíes/km recorrido.

**Cuadro 2.** Número de manatíes observados en cada uno de los hábitats clasificados dentro del Parque Nacional Río Dulce, en los años 2010 y 2011.

Tipos de hábitat	Área (km <sup>2</sup> )	No. de individuos
Somero y perturbado	3.5	1
Somero y poco perturbado	40.0	18
Profundo y muy perturbado	16.3	1
Total	59.8	20

En los avistamientos que fueron efectivos, se observaron manatíes solos en los tres tipos de hábitat. Sólo en el hábitat somero y poco perturbado se observaron grupos de manatíes que variaron de dos a cuatro individuos (Fig. 4). En tres ocasiones se observaron grupos de dos individuos que se clasificaron como madre y cría, debido a la diferencia de tamaños. Cuando los manatíes se encontraban en grupo permanecían en el punto de observación más de los 30 minutos observados. Las actividades que posiblemente realizaban durante la observación fueron alimentación, juego y descanso.



**Fig. 4.** Distribución de los manatíes observados en el Parque Nacional Río Dulce, en los años 2010 y 2011.

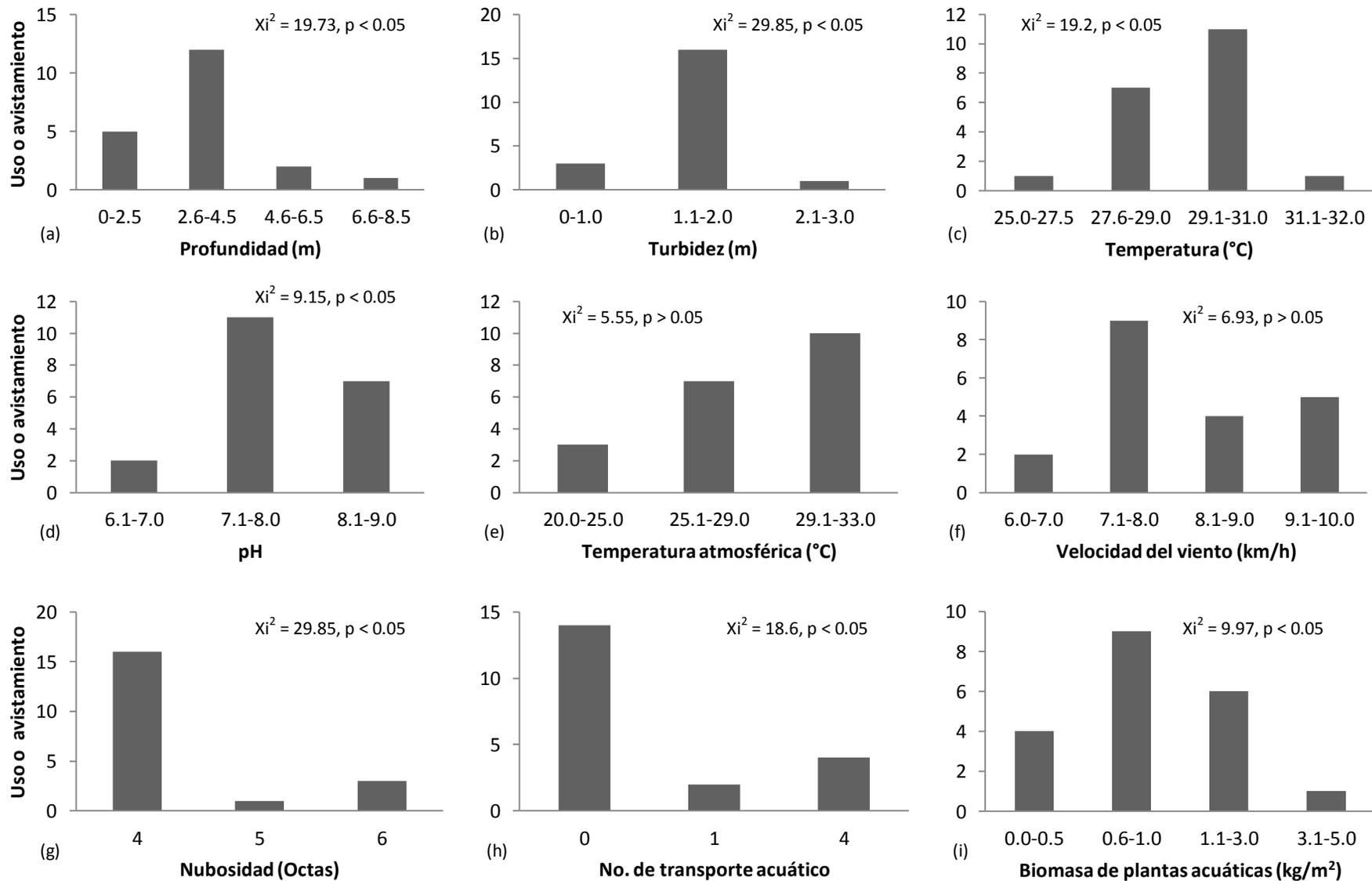
En cambio, cuando se observaron manatíes solos, estos permanecían de forma efímera (menos de diez minutos) en el punto de observación. Durante este estudio, algunos guardarrrecursos de CONAP reportaron haber visto un grupo de cuatro manatíes en la aldea Camelias (hábitat somero y perturbado), y un manatí frente a las estaciones de gasolina cercanas al puente (hábitat profundo y muy perturbado).

**Cuadro 3.** Valores promedio y desviaciones estándar (DE) de las variables evaluadas en los tres hábitats del Parque Nacional Río Dulce, durante los años 2010 y 2011.

Hábitats Variables	Somero y perturbado		Somero y poco perturbado		Profundo y muy perturbado	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Profundidad (m)	2.98	1.09	3.43	1.06	5.61	2.94
Turbidez (m)	1.54	0.34	1.65	0.61	1.88	0.92
Temperatura (°C)	30.0	1.9	29.7	2.2	29.8	1.7
pH	7.769	0.498	7.963	0.498	7.886	0.441
Temperatura atmosférica (°C)	27.7	3.5	27.9	3.3	27.9	3.3
Velocidad del viento (km/h)	8.3	1.1	8.3	1.1	8.4	1.0
Nubosidad (octas)	4.8	1.4	4.8	1.3	4.8	1.3
Biomasa total (kg/m <sup>2</sup> )	0.584	0.881	0.953	1.069	0.855	0.721
Transporte acuático	2	2	1	2	3	3

El Cuadro 3 muestra, para cada hábitat, los valores promedio y las desviaciones estándar de cada una de las variables evaluadas en este estudio. Los promedios de las variables turbidez, temperatura, pH, temperatura atmosférica, velocidad del viento, nubosidad y biomasa fueron similares para los tres tipos de hábitats. En cambio, las variables profundidad y transporte acuático fueron diferentes para cada hábitat.

La Fig. 5 muestra la frecuencia de uso por los manatíes (avistamientos efectivos) en función a las variables evaluadas en toda el área de estudio. La frecuencia de uso fue afectada por la profundidad ( $\chi^2 = 19.73$ ,  $gl = 3$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (a)), la turbidez ( $\chi^2 = 28.85$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (b)), la temperatura del agua ( $\chi^2 = 19.2$ ,  $gl = 3$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (c)), el pH ( $\chi^2 = 9.15$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (d)), la nubosidad ( $\chi^2 = 5.55$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (g)), la cantidad de transporte acuático ( $\chi^2 = 29.85$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (h)) y la biomasa de plantas acuáticas ( $\chi^2 = 9.07$ ,  $gl = 3$ ,  $p < 0.05$ , Fig. 5 (i)).



**Fig. 5.** Frecuencia de uso por los manatíes (avistamientos efectivos) en el Parque Nacional Río Dulce, en función de las variables profundidad (a), turbidez (b), temperatura del agua (c), pH (d), temperatura atmosférica (e), velocidad del viento (f), nubosidad (g), transporte acuático (h) y biomasa de plantas acuáticas (i), en los años 2010 y 2011.

### 3. Preferencia de hábitat

Se realizó una prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) con el fin de determinar si la presencia de manatíes estaba o no asociada con los tipos de hábitat. De acuerdo a los resultados, la presencia de manatíes se encuentra asociada con los hábitats ( $\chi^2 = 43.35$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.05$ ).

Se determinó que, para los hábitats somero-perturbado y profundo-muy perturbado, la proporción de uso de hábitat esperado ( $P_e$ ) fue mayor a la proporción de uso de hábitat observado ( $P_i$ ) (Cuadro 4), lo que sugiere que los hábitats están siendo utilizados por los manatíes en menor proporción a lo esperado. En cambio, para el hábitat somero y poco perturbado,  $P_e$  fue menor a  $P_i$  (Cuadro 4); por lo tanto, este hábitat está siendo utilizado por los manatíes en mayor proporción a lo esperado.

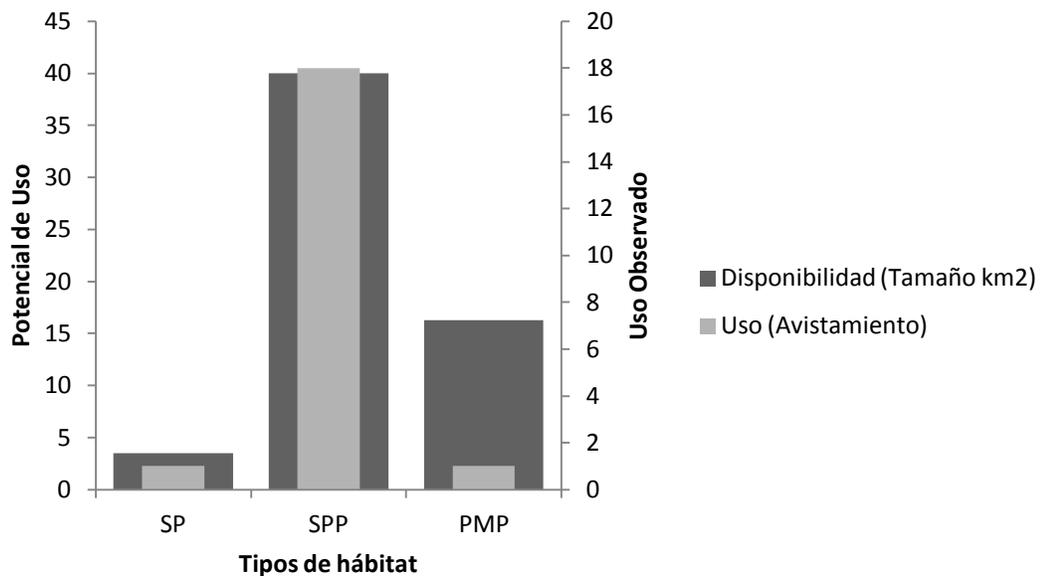
**Cuadro 4.** Análisis de preferencia de hábitat del manatí en el Parque Nacional Río Dulce, a partir de los intervalos de confianza de Bonferroni a un nivel de significancia de 0.05

Hábitat	Proporción de uso esperado ( $P_e$ )	Proporción de uso observado ( $P_i$ )	Intervalos de Bonferroni	$p$
SP	0.056	0.050	$-0.064 \leq P_e \leq 0.164$	$P_e > P_i$
SPP	0.727	0.900	$0.742 \geq P_e \leq 1.058$	$P_e < P_i$
PMP	0.216	0.050	$-0.064 \leq P_e \leq 0.164$	$P_e > P_i$

SP: Somero y perturbado; SPP: Somero y poco perturbado; PMP: Profundo y muy perturbado.

Criterios de los intervalos de Bonferroni: el rango va de -1 a 1; si  $P_e >$  intervalo mayor (prefiere); si  $P_e <$  intervalo menor (evita); si intervalo mayor  $> P_e >$  intervalo menor (indiferente) (Cherry, 1996, p.654; Montenegro y Acosta, 2008a, p. 212).

Según los intervalos de Bonferroni (Cuadro 4), se observa que los manatíes muestran preferencia por el hábitat somero y poco perturbado, ya que la proporción de uso esperado es menor a los intervalos calculados; asimismo, se observa que el hábitat somero y perturbado está siendo usado por los manatíes de manera indiferente, y el hábitat profundo y muy perturbado está siendo evitado o no preferido por los manatíes.



**Fig. 6.** Uso y preferencia del hábitat de los manatíes en el Parque Nacional río Dulce. Las ordenadas indican el potencial de uso de hábitat o disponibilidad de hábitat (tamaño de área en km<sup>2</sup>) y el uso observado (avistamientos); la abscisa, los tipos de hábitat clasificados: SP: somero y perturbado; SPP: somero y poco perturbado; y PMP: profundo y muy perturbado.

La Fig. 6 muestra, de manera gráfica, la preferencia de los manatíes por los hábitats clasificados. Se observa preferencia cuando el uso observado supera el potencial de uso, en este caso, el número de individuos (avistamientos) y la disponibilidad de los hábitats, expresada como el tamaño del área (km<sup>2</sup>), respectivamente. Por lo tanto, los manatíes muestran preferencia sólo por el hábitat somero y poco perturbado; los hábitats somero-perturbado y profundo-muy perturbado están siendo usados por los manatíes pero no los prefieren, es decir, les es indiferente.

#### 4. Modelos multivariados

Los coeficientes de correlación de Spearman de las variables profundidad y biomasa mostraron correlación positiva con respecto al número de avistamientos. Para el resto de las variables la correlación fue negativa. Sin embargo, el valor de significancia de los coeficientes de correlación de todas las variables fue mayor al nivel de significancia ( $p > 0.05$ ), lo cual indica que no existe correlación lineal entre las variables estudiadas en relación al número de avistamientos en los puntos de observación (ver Anexos 1 y 2).

Se elaboraron tres modelos multivariados diferentes para evaluar la posible asociación de las variables físicas del agua, atmosféricas, biológicas y antropogénicas con la presencia-ausencia de manatíes en los puntos de observación. El modelo completo o modelo uno (M1) incluye todas las variables muestreadas: profundidad, turbidez, temperatura del agua, pH, nubosidad, velocidad del viento, temperatura atmosférica, biomasa de plantas acuáticas y cantidad de transporte acuático. El modelo dos (M2) toma en cuenta las variables sugeridas por Axis-Arroyo y colaboradores (1998): profundidad, turbidez, temperatura, nubosidad, velocidad del viento, temperatura atmosférica y biomasa (p. 792). Según el criterio de clasificación de los tipos de hábitat y la biología del manatí, el modelo tres (M3) incluye sólo las variables profundidad, cantidad de transporte acuático y biomasa. Se utilizaron tres tipos de modelos lineares generalizados (GLM's): regresión Binomial o Logística, regresión de Poisson y regresión Binomial Negativa, para modelar las variables de los modelos sugeridos (Cuadro 5).

El modelo tres (M3) de la regresión Logística fue el que presentó mayor poder predictivo porque presentó menor valor de AIC (Cuadro 5). Por lo tanto, M3 fue el modelo que mejor explica la asociación de las variables sugeridas, dentro del conjunto de modelos evaluados. Tomando en cuenta las reglas de las diferencias de AIC, formuladas por Burnham & Anderson (2004, p. 271), los valores de AIC entre los M3 de la regresión Logística y la de Poisson, y entre la regresión de Poisson y la regresión Binomial Negativa, fueron los más plausibles, porque la diferencia entre estos fue menor o igual a cuatro.

También se observó que los porcentajes de explicación de los M3, en los tres tipos de regresiones, fueron los que presentaron menor valor.

**Cuadro 5.** Valores de AIC y porcentajes de explicación de los tres modelos propuestos para evaluar la posible asociación entre las variables evaluadas (físicas, atmosféricas, biológicas y antropogénicas) con respecto a la presencia-ausencia de manatíes, en el Parque Nacional Río Dulce, durante los años 2010 y 2011.

Regresión	Modelo	Valor de AIC	% de explicación
Binomial simple o logística	M1	77.294	12.15%
	M2	74.382	10.46%
	M3	66.974	9.57%
Poisson	M1	83.921	14.34%
	M2	80.309	12.35%
	M3	69.668	11.30%
Binomial negativa	M1	82.310	14.34%
	M2	79.203	12.34%
	M3	71.669	11.30%

% de explicación = ((varianza nula – varianza residual) / varianza nula) X 100

Por otro lado, se utilizó el procedimiento de selección *forward* y *backward* para seleccionar las variables de los modelos multivariados. La decisión de selección se basó en el valor de AIC para cada modelo. Este procedimiento sólo se hizo con fines comparativos y para observar si existían o no otras variables importantes en los modelos. Bajo este procedimiento, los modelos que presentaron menor valor de AIC fueron los que mantuvieron las variables biomasa, transporte y profundidad, de forma similar al modelo tres (M3). A partir de este hallazgo, se obtuvo un cuarto modelo, denominado modelo tres simplificado, que incluye sólo la variable biomasa (Cuadro 6).

El Cuadro 6 muestra los coeficientes, errores estándar y los valores  $Z$  y  $p$  del intercepto y las variables evaluadas del modelo tres (M3) y del modelo tres simplificado, de la regresión Logística. También se muestran los valores de los *odds ratio* de las variables con sus intervalos de confianza. Los valores de significancia ( $p$ ) de las variables de cada modelo fueron mayores al nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ), excepto para los interceptos. Sin embargo, el valor  $p$  de la variable biomasa, para ambos modelos, fue significativo al nivel 0.1.

**Cuadro 6.** Estructura del modelo tres (M3) y del modelo tres simplificado de la regresión Logística para los tres tipos de hábitat usados por los manatíes en el Parque Nacional río Dulce, durante los años 2010 y 2011.

Variables	Coefficiente	Error estándar	Valor Z	<i>p</i>	OR	I. C. 95% para OR	
						Inf.	Sup.
<i>Modelo tres (M3)</i>							
Intercepto	-3.2294	0.9719	-3.323	0.000891	0.039	---	---
Profundidad	0.2674	0.1868	1.432	0.152159	1.306	0.906	1.884
Biomasa	0.5823	0.3203	1.818	0.069012	1.790	0.956	3.354
Transporte	-0.2528	0.2507	-1.009	0.313192	0.776	0.475	1.269
Varianza nula: 65.216 con 83 grados de libertad							
Varianza residual: 58.974 con 80 grados de libertad							
<i>Modelo tres simplificado</i>							
Intercepto	-2.4794	0.4935	-5.024	5.06e-07	0.084	---	---
Biomasa	0.5595	0.2997	1.867	0.0619	1.750	0.973	3.148
Varianza nula: 65.216 con 83 grados de libertad							
Varianza residual: 61.828 con 82 grados de libertad							
OR: Odds Ratio; I. C.: Intervalos de confianza.							

Dado que los intervalos de confianza de los *odds ratio* de ambos modelos incluyen el valor 1, las variables no representan factores de riesgo; es decir, el riesgo de que la variable *y* (presencia/ausencia de manatíes) suceda por causa de las variables *x* (profundidad, biomasa y transporte) no son estadísticamente significativos. Sin embargo, las tendencias de riesgo que se observan para el modelo tres (M3) son: la biomasa de plantas acuáticas aumentaría la posibilidad de la presencia de manatíes por un factor multiplicativo de 1.79 (79%); y la profundidad, por un factor multiplicativo de 1.30 (30%). Por otro lado, el transporte disminuiría la posibilidad de la presencia de manatíes por un factor multiplicativo de 0.77 (23%). Para el modelo tres simplificado, la biomasa de plantas acuáticas aumentaría la posibilidad de la presencia de manatíes por un factor multiplicativo de 1.75 (75%).

Se evaluó la sobredispersión ( $\phi$ ) del modelo tres (M3) y del modelo tres simplificado; las dos proporciones fueron menores que 1 ( $\phi_{M3} = 0.737$ ;  $\phi_{M3 \text{ simplificado}} = 0.754$ ), por lo que se asume que no hay sobredispersión en los modelos seleccionados (Zuur y otros, 2007, p. 224).

## 5. Estudio de la vegetación

El Cuadro 7 muestra las medias y las desviaciones estándar de la biomasa de la vegetación observada en cada tipo de hábitat. En el hábitat somero y perturbado, la especie con mayor biomasa fue *Potamogeton foliosus*, seguida por *Vallisneria americana*. En el hábitat somero y poco perturbado, *V. americana* fue la que presentó mayor biomasa, seguida por *Ceratophyllum demersum*; en el hábitat profundo y muy perturbado, *V. americana* presentó mayor biomasa, seguida por *Potamogeton illinoensis*. En los hábitats somero-poco perturbado y profundo-muy perturbado, se observó presencia de parches de *Hydrilla verticillata* cuya media de la biomasa fue 0.138 y 108 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente.

**Cuadro 7.** Valores promedio y desviaciones estándar de la biomasa (kg/m<sup>2</sup>) de la vegetación acuática muestreada en los tres tipos de hábitat del Parque Nacional Río Dulce, en los años 2010 y 2011.

Tipos de hábitat	Especie	Media	DE
Somero y perturbado	<i>Cabomba palaeformis</i>	0.452	DU
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0.095	0.067
	<i>Potamogeton foliosus</i>	1.057	DU
	<i>Potamogeton illinoensis</i>	0.539	0.385
	<i>Vallisneria americana</i>	0.995	0.935
Somero y poco perturbado	<i>Cabomba palaeformis</i>	0.299	0.372
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0.689	0.902
	<i>Hydrilla verticillata</i>	0.138	0.955
	<i>Nymphaea ampla</i>	0.324	0.458
	<i>Potamogeton foliosus</i>	0.065	DU
	<i>Potamogeton illinoensis</i>	0.294	0.297
	<i>Vallisneria americana</i>	0.997	0.958
Profundo y muy perturbado	<i>Cabomba palaeformis</i>	0.055	0.045
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	0.116	0.102
	<i>Eichhornia crassipes</i>	0.055	DU
	<i>Hydrilla verticillata</i>	0.108	DU
	<i>Nymphaea ampla</i>	0.138	DU
	<i>Potamogeton foliosus</i>	0.075	0.044
	<i>Potamogeton illinoensis</i>	0.257	0.206
<i>Vallisneria americana</i>	0.886	0.676	

DE = Desviación estándar

DU = Datos únicos

Se realizó un análisis de varianza para determinar si el tipo de hábitat y las especies de plantas tienen efecto en la biomasa. No se encontró diferencia estadística significativa en la biomasa de la vegetación en cada tipo de hábitat ( $F = 3.75$ ,  $gl = 2$ ,  $p > 0.05$ ), ni por especie ( $F = 2.24$ ,  $gl = 7$ ,  $p > 0.05$ ).

Se observaron otras especies de plantas acuáticas durante los avistamientos en el río. Sin embargo, ninguna de estas fue colectada por el método de Braun-Blanquet. Las especies son: *Hymenocallis littoralis*, *Montrichardia arborescens*, *Sagittaria lancifolia*, *Paspalidium geminatum*, *Cyperus articulatus*, *Rhizophora mangle* y *Salvinia auriculata*, una especie de helecho acuático flotante.

## IX. DISCUSIÓN

El área del Parque Nacional Río Dulce se clasificó en tres tipos de hábitat para el manatí según las profundidades del río y la cantidad de transporte acuático que transita en el área. Los hábitats son: somero y perturbado (Camelias), somero y poco perturbado (Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado) y profundo y muy perturbado (Puente, Cuatro Cayos, La Angostura y La Pintada) (Figs. 3 y 4). La profundidad y la cantidad de transporte acuático fueron estadísticamente diferentes entre los puntos de observación ( $p < 0.05$ ). Un área de estudio puede clasificarse en varios tipos de hábitat según las características abióticas que presenten, como el tipo de vegetación, las variables físico-químicas del agua, la distancia hacia la costa y hacia los ríos tributarios, entre otras (Karczmarski y otros, 2000, p. 68-69; Morales-Vela y otros, 2000, p. 69-70; Morteo y otros, 2004, p. 38; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 128-129; Bazzalo y otros, 2008, p. 12-13).

Se observaron 20 manatíes en toda la cuenca de Río Dulce (Cuadro 2), de los cuales tres individuos fueron crías. Se observaron manatíes solitarios en los tres tipos de hábitat, pero sólo en el hábitat somero y poco perturbado se observaron grupos de hasta cuatro manatíes. Quintana-Rizzo (1993) estimó la densidad poblacional de manatíes con el índice de abundancia relativa como el número de individuos por kilómetro cuadrado, reportando así 0.401 manatíes/km<sup>2</sup> para toda el área (p. 29 y 59). En este estudio, el IAR para toda el área de Río Dulce fue de 0.26 manatíes por kilómetro recorrido. Según el análisis de Chi-cuadrado, la presencia de manatíes se encuentra asociada al tipo de hábitat ( $p < 0.05$ ), lo que sugiere que las condiciones ambientales y/o antropogénicas, en este caso, la profundidad y la cantidad de transporte acuático, pueden encontrarse asociadas directamente con la presencia de los manatíes en los hábitats clasificados (Axis-Arroyo y otros, 1998, p. 800; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 131; Jiménez, 2005, p. 497-499; Castelblanco-Martínez, Bermúdez-Romero, Gómez-Camelo, Weber, Trujillo & Zerda-Ordoñez, 2009b, p. 241).

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante los intervalos de Bonferroni, se estimó que los manatíes muestran preferencia de uso por el hábitat somero y poco

perturbado (Cuadro 4, Fig. 6), mientras que por los hábitats somero-perturbado y profundo-muy perturbado muestran indiferencia y evitación, respectivamente (Cherry, 1996, p. 654-655; Montenegro y Acosta, 2008a, p. 212). Estos resultados apoyan lo sugerido por Quintana-Rizzo (1993), quien indica que el área de Río Dulce no es más que un corredor o área de paso para los manatíes (p. 66). Sin embargo, este hallazgo se aplicaría principalmente a los hábitats somero-perturbado y profundo-muy perturbado, ya que el hábitat somero y poco perturbado presentó mayor uso y preferencia, y fue el único donde se observaron grupos de manatíes (Cuadro 2, Fig. 4), los cuales permanecieron más de 30 minutos en dicho hábitat. En un estudio similar, Quintana-Rizzo y Machuca (2008) reportaron valores altos de avistamientos de manatíes ( $n = 36$ ) en el área de El Golfete (p. 56). Asimismo, en tres ocasiones, se observaron crías dentro del hábitat somero y poco perturbado. Morales-Vela y Olivera-Gómez (1992) sugieren que la presencia de crías indica que el área es usada como refugio por los manatíes (s.n.p)<sup>1</sup>. Según Quintana-Rizzo y Machuca (2008), el área de El Golfete es un hábitat con condiciones adecuadas para el manatí (p. 56). Por lo tanto, se sugiere que el hábitat somero y poco perturbado es un área de refugio importante para la sobrevivencia y desarrollo de los manatíes.

Con respecto a las variables físicas del agua, las atmosféricas, las biológicas y las antropogénicas, se observó que no existe correlación significativa con el número de avistamientos de manatíes ( $p > 0.05$ ), lo cual indica que la asociación entre las variables fue baja o nula. Estos resultados coinciden con los que se obtuvieron en un estudio similar realizado en el Lago de Izabal (Quintana-Rizzo y Machuca, 2008, p. 59), en el cual sugieren que probablemente se debe a que el comportamiento de las condiciones físicas (y químicas) del lago no presenta cambios drásticos. Posiblemente se deba también a los pocos avistamientos efectivos que se obtuvieron en este estudio, por lo que se sugiere continuar con los monitoreos de manatí dentro del PNRD, para llegar a mejores conclusiones.

Se observó que los manatíes usaron hábitats con profundidades someras (2.6 a 4.5 metros) (Fig. 5 (a)). La profundidad promedio del hábitat somero y poco perturbado

---

<sup>1</sup> s.n.p.: sin número de página.

(Cuadro 3) coincide con la de otros estudios en los que se reportan que los manatíes frecuentan áreas con profundidades someras (Axis-Arroyo y otros, 1998, p. 800; Morales-Vela y otros, 2000, p. 72; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 130 y 131; Castelblanco-Martínez y otros, 2009b, p. 238). En cuanto a la temperatura del agua, se observó que el promedio fue de 29.8 °C, aproximadamente, para los tres hábitats (Cuadro 3). Axis-Arroyo y colaboradores (1998) sugieren que la temperatura del agua tiene poca importancia en la distribución del manatí en países con aguas cálidas, ya que supera a los 20 °C (p. 800), temperatura considerada como crítica para la distribución de la especie (Reynolds & Wilcox, 1985, p. 416 y 419). El promedio más alto de la biomasa total lo presentó el hábitat somero y poco perturbado, seguido por el hábitat profundo y muy perturbado (Cuadro 3). En este estudio, el hábitat profundo y muy perturbado fue evitado por los manatíes, pero presentó el segundo valor más alto de biomasa. La biomasa de la vegetación acuática (o cobertura de la vegetación acuática) otorga un enorme peso al uso del hábitat por la importancia biológica que presenta para la especie (Axis-Arroyo y otros, 1998, p. 800; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 130 y 131; Jiménez, 2005, p. 496; Castelblanco-Martínez y otros, 2009b, p. 241); por lo tanto, es recomendable tomar la biomasa o cobertura de la vegetación acuática como criterios de clasificación del hábitat en futuros estudios.

De acuerdo al Plan Maestro del PNRD, las vías acuáticas del río son navegables en toda su extensión; las vías acuáticas de Río Dulce y El Golfete son utilizadas comúnmente para el transporte comercial local y para el turismo (CONAP, 2005, p. 20). La presencia de transporte acuático fue evidente a lo largo del estudio, principalmente en los hábitats somero-perturbado y profundo-muy perturbado (Cuadro 3). En el hábitat somero y poco perturbado también se observó transporte acuático, pero fue mínimo. Sin embargo, en julio de 2011, durante este estudio, una cría macho de manatí fue lastimada por impacto de una lancha de motor, que viajaba cerca de la aldea Lagunita Salvador, ubicada en el hábitat somero y poco perturbado. Según el plan de manejo que CONAP (2005) elaboró para el PNRD, dentro de las normativas de las actividades turísticas y de navegación, se han establecido límites en la velocidad del transporte dentro de las vías acuáticas del río (p. 115-117). Quintana-Rizzo (1993, p. 72) recomendó colocar señales acuáticas que

contengan la siguiente indicación: a) “cuidado área de manatíes”, en áreas donde los manatíes son poco frecuentes (por ejemplo, hábitats somero-perturbado y profundo-muy perturbado); b) “zona de baja velocidad”, en los bordes de las áreas protegidas (por ejemplo, en el Biotopo Chocón Machacas –hábitat somero y poco perturbado-); y c) “no entre”, en áreas de refugio (por ejemplo, en áreas poco profundas del hábitat somero y poco perturbado). Por lo tanto, es recomendable que las autoridades del parque coloquen rótulos o boyas que señalen los límites de velocidad del transporte acuático principalmente en las áreas más transitadas y que monitoreen diariamente su cumplimiento.

Los tres modelos multivariados generados fueron modelados a partir de tres tipos de modelos lineales generalizados (GLM's) (Regresión Binomial o Logística, Regresión de Poisson y Regresión Binomial Negativa) (Cuadro 5). En un estudio sobre la distribución del manatí antillano en función a las características del hábitat, Olivera-Gómez & Mellink (2005) exploraron la importancia de las variables mediante la regresión Logística y la de Poisson (p. 129-131). Asimismo, Jiménez (2005), en un estudio sobre el desarrollo de modelos predictivos que explican la distribución del manatí en aguas tropicales, utiliza la Regresión Logística para evaluar la presencia de manatíes con respecto a las características del hábitat. Debido a la gran cantidad de avistamientos no efectivos en este estudio, se decidió trabajar también con la regresión Binomial Negativa. Quintana-Rizzo (1993) evaluó un modelo en el que incluyó las variables lugar y época, asumiendo que los datos se comportaron siguiendo una distribución binomial negativa (p. 47 y 48).

Según los valores de AIC, el modelo tres (M3) de la Regresión Logística fue el que presentó mayor poder explicativo (Cuadro 5). Este modelo incluye las variables biomasa, transporte y profundidad. Sin embargo, dichas variables no fueron significativas ( $p > 0.05$ ) (Cuadro 6), aunque la variable biomasa mostró un ligero acercamiento. Con fines comparativos, se realizó un procedimiento de selección *forward* y *backward* (Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 129) del modelo completo (M1), tomando en cuenta los valores de AIC de cada modelo; el modelo con las variables biomasa, profundidad y transporte fue el que presentó menor valor de AIC (ver Anexo 3). A partir de esto, se obtuvo el modelo tres simplificado, cuya variable explicativa fue la biomasa. Aunque las variables no fueron

significativas, el modelo tres (M3) de la Regresión Logística es el que podría explicar mejor la asociación de las variables con la presencia-ausencia de manatíes.

A pesar de la ausencia de significancia estadística en el modelo tres (M3), se puede interpretar que, según los *odds ratio*, al aumentar la biomasa de vegetación acuática, aumenta la posibilidad de observar manatíes a un 79%, mientras que la profundidad a un 30% (principalmente en aguas someras). En cambio, la presencia de transporte acuático disminuiría la posibilidad de observar manatíes en un 23%. Se ha reportado que dichas variables son factores del hábitat que afectan la distribución de la especie en aguas tropicales y subtropicales: profundidad (Axis-Arroyo y otros, 1998, p. 800; Morales-Vela y otros, 2000, p. 72; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 130 y 131; Castelblanco-Martínez y otros, 2009b, p. 238), biomasa o cobertura de la vegetación acuática (Axis-Arroyo y otros, 1998, p. 800; Morales-Vela y otros, 2000, p. 72; Olivera-Gómez & Mellink, 2005, p. 130 y 131; Jiménez, 2005, p. 496; Castelblanco-Martínez y otros, 2009b, p. 241) y transporte acuático (Buckingham, Lefebvre, Schaefer & Kochman, 1999, p. 514; Jiménez, 2005, p. 498 y 499).

Se observaron quince especies de plantas acuáticas en el área de estudio, de las cuales siete especies forman parte de la dieta del manatí (Etheridge y otros, 1985, p. 23; Castelblanco-Martínez y otros, 2009a, p. 43; Quintana-Rizzo & Reynolds, 2010, p. 9). Estas especies son: *Ceratophyllum demersum*, *Cyperus articulatus*, *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla verticillata*, *Potamogeton illinoensis*, *Rhizophora mangle* y *Vallisneria americana* (Cuadro 7). Algunas de estas especies también se reportaron en los estudios de Pöll (1983, p. 5) y Romero (2007, p. 52), en el área de El Estor y en el sistema Lago de Izabal-Río Dulce, respectivamente.

En los tres tipos de hábitat se encontró especies de plantas acuáticas que forman parte de la dieta del manatí (Cuadro 7), principalmente en los hábitats somero-poco perturbado y profundo-muy perturbado. De nuevo, se recalca la importancia del hábitat somero y poco perturbado como área de refugio para los manatíes, no sólo por la presencia de crías sino también por la presencia de alimento. Durante los avistamientos de los grupos

de manatíes en este tipo de hábitat (Fig. 4), los manatíes permanecieron más de los 30 minutos de observación, según lo reportado por varios guardarrecurso del Biotopo Chocón Machacas, por lo que se asume que los individuos utilizan el área como refugio y para el forrajeo. Además, en una ocasión en la que se observaron cuatro individuos, se escucharon los sonidos de las respiraciones que realizaban dentro de la vegetación acuática, por lo que también se asume que se encontraban forrajeando. Sin embargo, no se observaron rastros alimenticios.

Algunas áreas del sistema acuático del parque son consideradas como corredor o áreas de paso para los manatíes. Los tres hábitats clasificados en el área fueron utilizados por los manatíes, pero mostraron preferencia por el hábitat somero y poco perturbado; el hábitat somero y perturbado fue indiferente y el hábitat profundo y muy perturbado fue evitado por los manatíes. Se recalca en que debe tomarse en cuenta la vegetación acuática como criterio de clasificación, ya que el hábitat profundo y muy perturbado mostró más especies de plantas que forman parte de la dieta del manatí. El hábitat somero y poco perturbado puede considerarse como un área de refugio por varias razones: 1) tiene profundidades someras ( $< 5.0$  m), 2) bajo número de transporte acuático, 3) presencia de vegetación acuática, 4) presencia de grupos de manatíes y 5) presencia de crías. En la zona noreste del hábitat somero y poco perturbado se encuentra el Biotopo Universitario para la Conservación del Manatí “Chocón Machacas” (BUCM), por lo que es de suma importancia que, por medio de estudios futuros sobre el estado poblacional del manatí, se mejoren las estrategias de conservación y manejo del área. El hábitat somero y poco perturbado, en especial el BUCM, presenta condiciones ambientales que influyen en la distribución de la especie, por lo que podría considerarse como áreas de reintroducción o trasladación potencial de individuos.

## X. CONCLUSIONES

1. En el Parque Nacional Río Dulce (PNRD) se clasificó el hábitat del manatí en tres tipos según las profundidades del río y la cantidad de transporte acuático: el hábitat somero y perturbado (Camelias) abarca un área de 3.5 km<sup>2</sup>; el hábitat somero y poco perturbado (Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado) abarca un área de 40.0 km<sup>2</sup> y el hábitat profundo y muy perturbado (Puente, Cuatro Cayos, La Angostura y La Pintada), 16.25 km<sup>2</sup>. Las profundidades y la cantidad de transporte acuático de los tres hábitats fueron significativamente diferentes.
2. El índice de abundancia relativa de manatíes (IAR) fue de 0.26 manatíes por kilómetro recorrido.
3. Se estimó que los manatíes utilizan los tres hábitats clasificados, pero tuvieron preferencia en el hábitat somero y poco perturbado (Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado); el hábitat somero y perturbado (Camelias) fue indiferente, es decir, lo usaron de manera proporcional a su disponibilidad; el hábitat profundo y muy perturbado (Puente, Cuatro Cayos, La Angostura y La Pintada) fue evitado por los manatíes.
4. No existe correlación significativa de las variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), las atmosféricas (temperatura atmosférica, nubosidad y velocidad del viento), las biológicas (biomasa) y las antropogénicas (cantidad de transporte acuático) con el número de avistamientos de manatíes.
5. El modelo tres de la Regresión Logística propuesto en este estudio, el cual incluye las variables biomasa, profundidad y transporte, fue el que presentó mayor poder predictivo; por lo tanto es el que mejor explicaría la presencia-ausencia de manatíes en el área. Sin embargo, las variables no fueron estadísticamente significativas.

6. En el Parque Nacional Río Dulce se observaron quince especies de plantas acuáticas; siete de estas, de acuerdo a otros estudios, forman parte de la dieta del manatí antillano.
  
7. Se considera al hábitat somero y poco perturbado (Cayo Piedra, Biotopo y Cayo Quemado) como área de refugio y forrajeo para los manatíes debido a: 1) es un área con poca profundidad ( $< 5.0$  m), 2) con poca cantidad de transporte acuático, 3) con presencia de vegetación acuática, 4) presencia de grupos de manatíes y 5) presencia de crías.

## **XI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda continuar con los monitoreos acuáticos mensualmente para conocer si existe una correlación significativa entre las variables ambientales con la presencia o ausencia de los manatíes. Asimismo, se recomienda realizar observaciones sobre el comportamiento de los manatíes, principalmente el forrajeo, para ubicar posibles áreas de alimentación.
2. Se recomienda utilizar la biomasa o la cobertura de la vegetación acuática como criterios de clasificación de los hábitats en futuros estudios.
3. Se recomiendan realizar los avistamientos tomando en cuenta la temporalidad (épocas seca y lluviosa), para observar si existe alguna correlación con la presencia o ausencia de manatíes y también para observar posibles diferencias con respecto a las variables ambientales.
4. Se recomienda que las autoridades del parque (CONAP, CECON, AMASURLI, INGUAT, etc.) coloquen rótulos o boyas que indiquen los límites de velocidad del transporte acuático en toda el área navegable y rótulos de precaución en áreas con profundidades menores a cinco metros, y que sean monitoreados para su cumplimiento.

## XII. REFERENCIAS

- Arriaza, M. y León, L.** (2006). Estandarización de metodologías y herramientas: Monitoreo de manatí, *Hydrilla*, calidad de agua, aves y peces, Control de expedientes EIA, Guías de transporte, Licencias de consumo familiar y Planes de manejo forestal de la Región Nororiente. Parque Nacional Río Dulce –PNRD. Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-; en el marco del proyecto “Justicia Ambiental, Empoderamiento Comunitario y Equidad Social para la Conservación de la Región Sarstún-Motagua” JADE. Guatemala. 50 pp.
- Axis-Arroyo, J., Morales-Vela, B., Torruco-Gómez, D. y Vega-Cendejas, M.** (1998). Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). *Rev. biol. Trop.* 46(3): 791-803.
- Batzli, G., & Lesieutre, C.** (1991). The influence of high quality food on habitat use by arctic microtine rodents. *Oikos*. 60: 299-306.
- Bazzalo, M., Flores, P. y Pereira, M.** (2008). Uso de hábitat y principales comportamientos del delfín gris (*Sotalia guianensis*, Van Bénédén, 1864) en la Bahía Norte, estado de Santa Catarina, Brasil. *Mastozoología Neotropical*. 15(1): 9-22.
- Brook, V.** (1989). The Florida Manatee. Florida Power & Light Company. Miami, Florida. 41 pp.
- Buckingham, C. Lefebvre, L., Schaefer, J., & Kochman, H.** (1999). Manatee response to boating activity in a thermal refuge. *Wildlife Society Bulletin*. 27(2): 514-522.
- Burnham, K., & Anderson, D.** (2004). Multimodel Inference. Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*. 33(2): 261-304.

- Byers, C., Steinhorts, C., & Krausman, P.** (1984). Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of wildlife Management*. 48: 1050-1053.
- Calderón, T.** (2007a). Monitoreo de Calidad de Agua. En: Calderón, T. Informe Final de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS. Universidad de San Carlos. Guatemala. 118 pp.
- Calderón, T.** (2007b). Monitoreo de Manatí (*Trichechus manatus manatus*). En: Calderón, T. Informe Final de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS. Universidad de San Carlos. Guatemala. 118 pp.
- Calderón, T.** (2008). Monitoreo de manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*). Biotopo Chocón Machacas. Centro de Estudios Conservacionistas CECON. Universidad de San Carlos de Guatemala. Gobierno Real de Los Países Bajos. Proyecto JADE. Guatemala. 27 pp.
- Cambell, H., & Irvine, A.** (1977). Feeding ecology of the West Indian Manatee *Trichechus manatus* Linnaeus. *Aquaculture*. 12: 249-251.
- Castelblanco-Martínez, N., Kendall, S., y Fuentes, L.** (2001). Uso de Hábitat y Observaciones de Manatí (*Trichechus manatus*) en una zona del Orinoco Medio, Colombia. En V Congreso Internacional: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica. Cartagena de Indias, Colombia.
- Castelblanco-Martínez, N., Aguilar, B., y Holguín, V.** (2003). Uso de hábitat del manatí antillano *Trichechus manatus manatus* en el Magdalena Medio (Santander, Colombia). En VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, Brasil. Pp. 254-255.

- Castelblanco-Martínez, D., Morales-Vela, B., Hernández-Arana, H., & Padilla-Saldivar, J.** (2009a). Diet of the manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Chetumal Bay, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Mamm.* 7(1-2): 39-46.
- Castelblanco-Martínez, D., Bermúdez-Romero, A., Gómez-Camelo, I., Weber, F., Trujillo, F., & Zerda-Ordoñez, E.** (2009b). Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. *Fauna & Flora International, Oryx.* 43(2): 235-242.
- Cherry, S.** (1996). A comparison of confidence interval methods for habitat use-availability studies. *The Journal of Wildlife Management.* 60(3): 653-658.
- CONAP** (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). (2005). Plan Maestro 2005-2010 Parque Nacional Río Dulce. Documento Técnico No. 27 (08-2005). FONACON. 157 pp.
- CONAP.** (2007). Ley de Áreas Protegidas y su Reglamento. 4ª reimpression. Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP. 96 pp.
- Corona, F.** (2010). Preferencia y uso de hábitat del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el Parque Nacional Río Dulce. En: Corona, F. Informe final del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS. Universidad de San Carlos. 32 pp.
- Del Valle, F.** (2000). Evaluación del área de distribución de la población de manatí (*Trichechus manatus* L.) Trichechidae-Sirenia en Guatemala y sus principales amenazas. Guatemala. (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 76 pp.
- Del Valle, F.** (2002). Protocolo de monitoreo para el Manatí (*Trichechus manatus*, L.). Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN). National Fish and Wildlife Foundation (NFWF). Guatemala. 44 pp.

- Diario de Centroamérica.** (1980). “Organismo Legislativo. Decreto 63-79”. Tomo CCXIII. No. 32. Guatemala, marzo 14. Pp. 1170-1181.
- Diario de Centroamérica.** (1981). “Organismo Ejecutivo. Ministerio de Agricultura. Guatemala, 17 de diciembre de 1981”. Tomo CCXVII. No. 81. Guatemala, diciembre 30. Pp. 1503-1504.
- Diario de Centroamérica.** (2006). “Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Resolución No. SC/15/2006”. Tomo CCLXXIX. No. 97. Guatemala, agosto 22. Pp. 3-13.
- Etheridge, K., Rathbun, J., Powell, J., & Kochman, H.** (1985). Consumption of Aquatic Plants by the West Indian Manatee. *J. Aquat. Plant Manage.* EE.UU. 23: 21-25.
- Faria, J.** (2011). Resources of Tinn-R GUI/Editor for R Environment. UESC, Ilheus, Brasil.
- Feldhamer, G., Drickamer, L., Vessey, S., Merritt, J., & Krajewski, C.** (2007). *Mammalogy: Adaptation, Diversity, Ecology.* (3<sup>rd</sup> ed.). Johns Hopkins. Baltimore, Maryland. 643 pp.
- FUNCED** (Fundación Centro de Estudios para el Desarrollo). (2007). Informe Resultado No. 1: Diagnostico de los diferentes usos y aprovechamientos del cuerpo de agua del Lago de Izabal y Río Dulce. AMASURLI. Guatemala. 57 pp.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P.** (2008). *Palaeontological Statistics (PAST).* Version 1.81. 88 pp.
- Hartman, D.** (1979). Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. American Society of Mammalogist. Special Publication No. 5. 153 pp.

**Herrera, F., Sandoval, K., y Quintana-Rizzo, E.** (2004). Estrategia Nacional para la Conservación del Manatí. Documento Técnico No. 13 (02-2004). Consejo Nacional de Áreas Protegidas-CONAP. Guatemala. 67 pp.

**Hijmans, R., Guarino, L., & Mathur, P.** (2012). DIVA-GIS. Version 7.5. 71 pp.

**IGN** (Instituto Geográfico Nacional). (2001). Hoja Topográfica No. 2463 III.

**Jiménez, I.** (2005). Development of predictive models to explain the distribution of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in tropical watercourses. *Biological Conservation*. 125: 491-503.

**Karczmarski, L., Cockcroft, V., & McLachlan, A.** (2000). Habitat use and preference of Indo-Pacific Humpback Dolphins *Sousa chinensis* in Algoa Bay, South Africa. *Marine Mammal Science*. 16(1): 65-79.

**Marshall, C., Kubilis, P., Huth, G., Edmonds, V., Halin, D., & Reep, R.** (2000). Food-handling ability and feeding-cycle length of manatees feeding on several species of aquatic plants. *Journal of Mammalogy*. 81(3):649-658.

**Mignucci-Giannoni, A.** (1998). The diet of the manatee (*Trichechus manatus*) in Puerto Rico. *Marine Mammal Science*. 14(2):394-397.

**Montenegro, J. y Acosta, A.** (2008a). Programa innovador para evaluar Uso y Preferencia de Hábitat. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. *Universitas Scientiarum*. 13(2): 208-217.

**Montenegro, J. y Acosta, A.** (2008b). HaviStat versión 1.0 (Programa para inferir Uso, Preferencia de Hábitat y Amplitud de Nicho). Unesis – Departamento de Biología – Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

- Morales-Vela, B. y Olivera-Gómez, D.** 1992. La Bahía de Chetumal y su importancia para el manatí en el Caribe mexicano. Trabajo presentado en la XVII Reunión Internacional para el Estudio de los mamíferos marinos. 21-25 abril 1992, La Paz, B.C.S., México. 13 páginas sin numerar.
- Morales-Vela, B., Olivera-Gómez, D., Reynolds III, J., & Rathbun, G.** (2000). Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biological Conservation*. 95: 67-75.
- Morteo, E., Heckel, G., Defran, R., y Schramm, Y.** (2004). Distribución, movimientos y tamaño de grupo del TursiÓN (*Tursiops truncatus*) al sur de Bahía San Quintín, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 30(1A): 35-46.
- Olivera-Gómez, D. & Mellink, E.** (2005). Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristics, in Bahía de Chetumal, Mexico. *Biological Conservation*. 121: 127-133.
- O'Shea, T., & Powell, J.** (2001). Sirenians. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. 5: 436-446.
- Pöll, E.** (1983). Plantas acuáticas de la región El Estor, Izabal. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Biología. Departamento de Botánica, Recursos Naturales Renovables y Conservación. Fitopublicaciones No. 2. 103 pp.
- Quintana-Rizzo, E.** (1993). Estimación de la distribución y el tamaño poblacional del manatí *Trichechus manatus* (Trichechidae-Sirenia) en Guatemala. (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 80 pp.

- Quintana-Rizzo, E.** (2005). Estudio sinóptico de la distribución y abundancia relativa del manatí (*Trichechus manatus*) en el Golfo de Honduras en el periodo de Mayo-Junio 2005. Honduras. 33 pp.
- Quintan-Rizzo, E., y Machuca, O.** (2008). Monitoreo científico para la conservación del manatí y su hábitat. Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN). Fondo Nacional para la Conservación (FONACON). Guatemala. 98 pp.
- Quintana-Rizzo, E., & Reynolds III, J.** (2010). Regional management plan for the West Indian manatee (*Trichechus manatus*). PNUMA. UNEP. CEP Technical Report 48. 168 pp.
- Quiñónez, J.** (2009a). Continuidad del Monitoreo de Calidad de Agua en Río Dulce. En: Quiñónez, J. Informe final de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS. Universidad de San Carlos. Guatemala. 92 pp.
- Quiñónez, J.** (2009b). Comparación de la distribución espacio-temporal de *Hydrilla verticillata* en el Parque nacional río dulce en la época seca y época lluviosa del 2008 y 2006. En: Quiñónez, J. Informe final de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS. Universidad de San Carlos. Guatemala. 92 pp.
- Quiñónez, J.** (2009c). Monitoreo de Manatí. En: Quiñónez, J. Informe final de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS. Universidad de San Carlos. Guatemala. 92 pp.
- R Development Core Team.** (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ramírez-Jiménez, H. y Olivera-Gómez, L.** (2007). Uso de hábitat de manatíes (*Trichechus manatus*) aislados en la Laguna de Las Ilusiones, Tabasco, México. *Mesoamericana*. 11(3): 95-96.

- Reeves, R., Stewart, B., & Leatherwood, S.** (1992). The Sierra Club Handbook of Seal and Sireniacs. San Francisco. 359 pp.
- Reynolds, J., & Wilcox, R.** (1985). Abundance of West Indian manatees (*Trichechus manatus*) around selected Florida power plants following winter cold fronts, 1982-1983. *Marine science*. 36(3): 413-422.
- Reynolds, J., Powell, J., & Taylor, C.** (2002). The manatees-Family Trichechidae (*Trichechus manatus*, *T. senegalensis*, and *T. inunguis*). In Perrin, W., Würsig, B., and Thewissen (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals, Academic Press, San Diego, California. Pp. 682-691.
- Romero, C.** (2006). Distribución y abundancia relativa de la época lluviosa (diciembre) de la población del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en Guatemala y comparación de la época seca (junio) 2005. Estudio sinóptico utilizando la técnica de sondeo aéreo. Comitato Internazionale per lo Sviluppo dei Popoli (CISP). FUNDAECO. Unión Europea. Fundación defensores de la Naturaleza (FDN). Guatemala. 33 pp.
- Romero, C.** (2007). Evaluación del hábitat del manatí *Trichechus manatus manatus* Linneaus 1758, en el Golfo de Honduras. (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 97 pp.
- Ross, G., Cockcroft, V., Melton, D., & Butterworths, D.** (1989). Population estimates for bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in Natal and Transkei waters. *Afr. J. Mar. Sci.* 8: 119-129.
- Ruiz, R., y López-Selva, M.** (2007). Fauna de Guatemala en peligro de extinción. 3ª ed. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala. 62 pp.

**TOLWEB** (Tree of life project). (2000). Trichechidae. Manatees. Recuperado de:  
<http://tolweb.org/Trichechidae/16833/2000.01.01>.

**Underwood, A., Chapman, M., & Crowe, T.** (2004). Identifying and understanding ecological preferences for habitat or prey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 300: 161-187.

**Zuur, A., Ieno, E., Walker, N., Saveliev, A., & Smith, G.** (2009). Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer. USA. 574 pp.

### XIII. ANEXOS

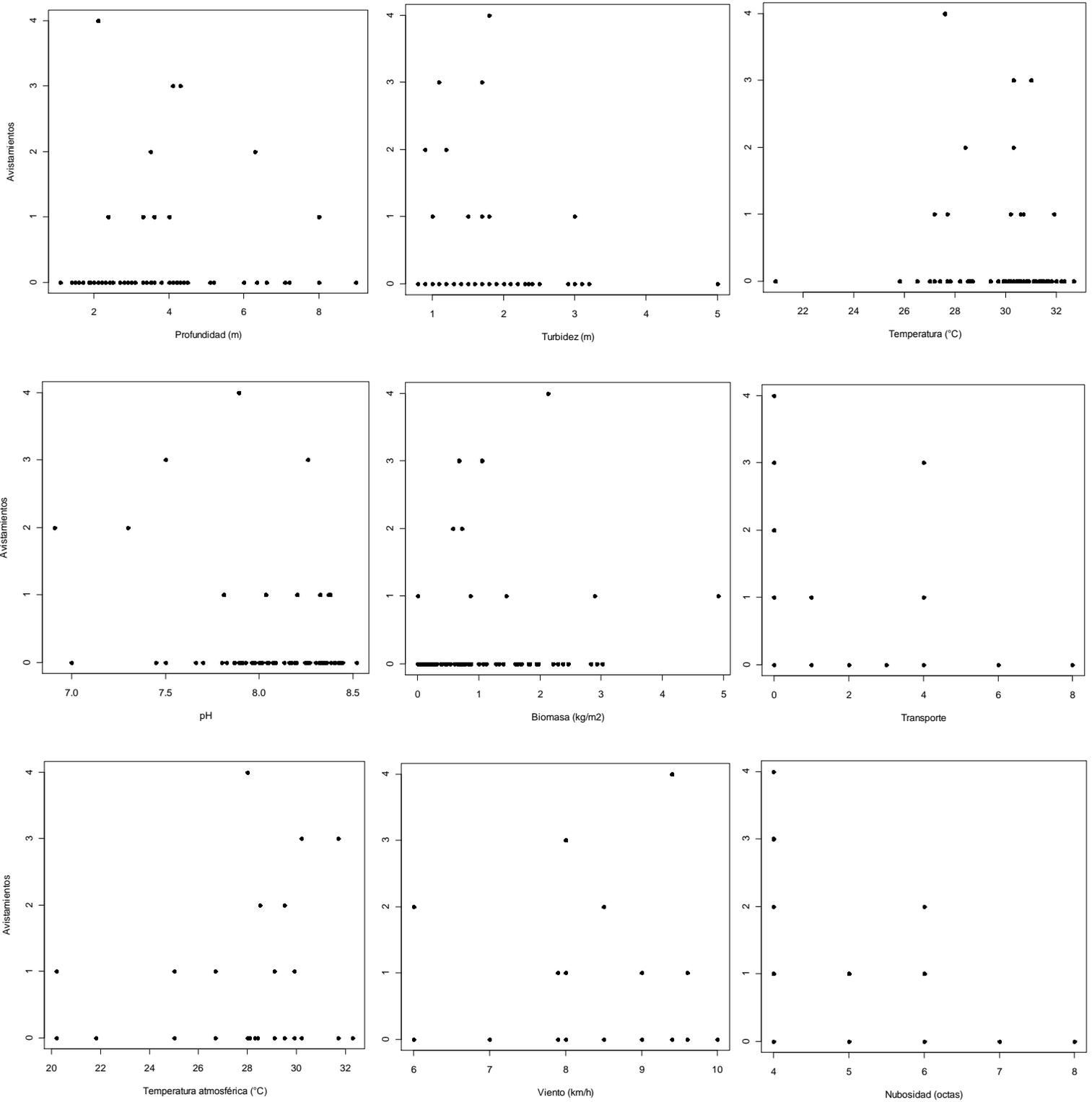
**Anexo 1.** Coeficientes de correlación de Spearman de las variables físicas, atmosféricas, biológicas y antropogénicas en relación al número de avistamientos de manatíes.

Variables	Profundidad	Turbidez	Temperatura	pH	Tempatm	Viento	Nubosidad	Transporte	Biomasa	Avistamiento
Profundidad	1.000	0.300**	0.047	0.467**	-0.154	0.048	-0.095	-0.002	-0.047	0.158
Turbidez	0.300**	1.000	0.345**	0.383	-0.153	0.047	-0.139	0.115	-0.044	-0.022
Temperatura	0.047	0.345**	1.000	-0.094	0.548**	0.211*	-0.207*	0.122	-0.204*	-0.133
pH	0.467**	0.383**	-0.094	1.000	-0.524**	-0.074	0.130	0.120	-0.070	-0.018
Tempatm	-0.154	-0.153	0.548**	-0.524**	1.000	0.144	-0.123	0.089	-0.016	-0.026
Viento	0.048	0.047	0.211*	-0.074	0.144	1.000	-0.391**	-0.024	0.015	-0.016
Nubosidad	-0.095	-0.139	-0.207*	0.130	-0.123	-0.391**	1.000	0.089	-0.202*	-0.083
Transporte	-0.002	0.115	0.122	0.120	0.089	-0.024	0.089	1.000	-0.181*	-0.169
Biomasa	-0.047	-0.044	-0.204*	-0.070	-0.016	0.015	-0.202*	-0.181*	1.000	0.151
Avistamiento	0.158	-0.022	-0.133	-0.018	-0.026	-0.016	-0.083	-0.169	0.151	1.000

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (unilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (unilateral).

**Anexo 2.** Gráficos de correlación de las variables físicas del agua (profundidad, turbidez, temperatura y pH), variables biológicas (biomasa), antropogénicas (transporte) y atmosféricas (temperatura atmosférica, viento y nubosidad), ubicadas en los ejes *x*, respectivamente, *versus* el número de avistamientos, en el eje *y*.



**Anexo 3.** Variables seleccionadas bajo el procedimiento de selección *forward* y *backward* basado en el valor de AIC.

### Regresión binomial simple (logística)

var\_1\$P\_A ~ var\_1\$Profundidad + var\_1\$Transporte + var\_1\$Biomasa

	Df	Deviance	AIC
- var_1\$Transporte	1	60.236	66.236
- var_1\$Profundidad	1	60.916	66.916
<none>		58.974	66.974
- var_1\$Biomasa	1	62.335	68.335

Step: AIC = 66.24

### Regresión de Poisson

var\_1\$P\_A ~ var\_1\$Profundidad + var\_1\$Transporte + var\_1\$Biomasa

	Df	Deviance	AIC
- var_1\$Transporte	1	40.688	68.688
- var_1\$Profundidad	1	41.227	69.227
<none>		39.668	69.668
- var_1\$Biomasa	1	42.245	70.245

Step: AIC = 68.69

### Regresión Binomial Negativa

var\_1\$P\_A ~ var\_1\$Profundidad + var\_1\$Transporte + var\_1\$Biomasa

	Df	Deviance	AIC
- var_1\$Transporte	1	40.685	68.688
- var_1\$Profundidad	1	41.224	69.228
<none>		39.665	69.669
- var_1\$Biomasa	1	42.242	70.245

Step: AIC = 68.69



---

Mildred Fabiola Corona Figueroa

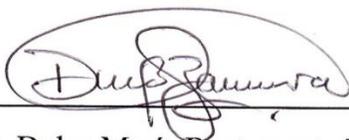
Autora



---

Dr. Jorge Erwin López Gutiérrez

Asesor



---

Dra. Dulce María Bustamante Zamora

Revisor

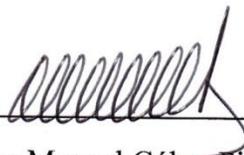


---

Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares

Director

Escuela de Biología



---

Dr. Óscar Manuel Cobar Pinto

Decano

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia