

Caracterización del hábitat, presencia, percepción local del manatí del Gran Caribe en la Laguna  
Guerrero, Quintana Roo, México.

Natalia Espinosa González

Trabajo de tesis como requisito parcial para optar al título de Bióloga

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Programa de Biología

Directora

Delma Nataly Castelblanco Martínez, Ph.D

Santiago de Cali, 2024

## **Dedicatoria**

A todas y cada una de las personas que creyeron en mí, que estuvieron desde el inicio o se fueron sumando a lo largo de este proceso.

A Natalia... porque ya llevaba un buen tiempo sin culminar procesos.

A Pompeyo, que en paz descanse.

## *Agradecimientos*

A mis padres y hermano, Ana Jimena, Juan Carlos y Jacobo, por apoyarme en cada decisión que tomo, alentarme a seguir adelante sin importar las adversidades y que el esfuerzo y la dedicación son la clave para alcanzar todo aquello que me proponga.

A mi directora de tesis: Nataly Castelblanco Martínez, por brindarme la maravillosa oportunidad de conocer y participar del proceso de rehabilitación de un manatí, por todo el apoyo y disposición brindada durante mi estadía en el CARMA, además de la orientación y comentarios que enriquecieron este trabajo.

A FINS por el financiamiento otorgado y los equipos brindados para realizar la fase de campo de este proyecto

A Fabi por asesorarme siempre con la mejor actitud y disposición, el apoyo en campo, brindarme hospedaje y ayudarme siempre que lo necesité. A Natalia Garces, por toda la atención brindada durante y después de la operación (apendicitis), por ofrecerme hospedaje y apoyarme en la recuperación. A Janeth Padilla por el acompañamiento y atención durante todo el proceso de la práctica en el CARMA.

A las personas de los ejidos de Úrsulo Galván y Laguna Guerrero a quienes recordare principalmente por su hospitalidad y cordialidad. Gracias por compartirme de su tiempo y conocimiento para las entrevistas. Gracias especiales a Tadeo, Carmen, Don Maurilio, Osvaldo, Don Eliseo y Don Isidro de todo corazón por todo el apoyo, la confianza y el trato sobrecogedor... me hicieron sentir como en casa.

A los miembros del IBANQROO, David, Ángel, Pancho y Mateo, por apoyarme durante el trabajo de campo y siempre tener la mejor disposición.

A Matt Fender de la empresa ReefMaster por facilitarme el uso de la aplicación para el procesamiento de los datos batimétricos.

Mis compañeros voluntarios del CARMA, Gloria, Paola, Citlali, Diana y Fabian, por cada momento compartido y hacer de mi estadía una experiencia más amena. Los llevo en mi corazoncito.

A mis compañeros y amigos de Cali, por no dejar de darme ánimos e impulsarme a seguir. Por ser esa parte de mí que a veces le cuesta salir. Los amo, gracias.

A mi compañero de vida, Esteban, quien estuvo conmigo todo el tiempo desde la distancia. Te amo, gracias por tu apoyo incondicional sin importar el tiempo o el espacio.

De esta maravillosa experiencia me llevo nada más que motivos para seguir cultivando algo en esta vida, algo en conjunto, algo en comunidad, algo en compañía de tanta diversidad.

## Resumen

El deterioro y la pérdida del hábitat del manatí del Gran Caribe (*Trichechus manatus manatus*), derivados de las actividades humanas, han provocado una fuerte disminución en sus poblaciones y su distribución según estudios realizados en los últimos 50 años. El Santuario del Manatí, reserva estatal que contiene a la Bahía de Chetumal en el estado de Quintana Roo, cuenta con una gran parte de la población del manatí del Caribe mexicano. Dentro del santuario se ubica el anteriormente llamado Centro de Atención y Rehabilitación de Mamíferos Acuáticos (CARMA) específicamente en Laguna Guerrero. Con el fin de generar información que pueda ser incluida en planes de manejo y conservación de la especie, el objetivo de este estudio fue analizar la presencia del manatí en Laguna Guerrero, evaluar la idoneidad del hábitat como área de liberación de manatíes rehabilitados, y describir la percepción de la comunidad humana en relación con la especie. Se llevaron a cabo 14 recorridos acuáticos entre agosto y diciembre de 2022 para coleccionar variables fisicoquímicas mensuales en 15 diferentes puntos. Se empleó el sonar de barrido lateral mediante transectos en forma de zigzag a lo largo de la laguna con el fin de caracterizar los fondos del cuerpo de agua y detectar la presencia de individuos de la especie, y, se realizaron avistamientos oportunistas de manatíes y a partir de observaciones en puntos fijos. No se obtuvieron registros de manatíes durante las navegaciones, pero se registraron 16 avistamientos desde un punto fijo. Se completó un total de 33 avistamientos realizados desde el punto fijo (CARMA) a lo largo del año 2022, indicando que la presencia de manatíes es variable a lo largo del año. Se lograron avistar tanto manatíes en grupos, parejas, madres con cría y solitarios. El mayor número de avistamientos ocurrió en época de lluvias (junio a octubre) (N=22, % =67). Los resultados obtenidos en las observaciones desde el punto fijo difieren con los resultados de las entrevistas, donde se reportó mayor presencia de manatíes en época secas (marzo a mayo). Las entrevistas también evidencian una conciencia en los locales frente al cuidado y protección del manatí, principalmente gracias a la presencia de Daniel, un manatí rehabilitado en el CARMA desde hace 19 años. Así mismo, se encontró que Laguna Guerrero tiene una profundidad de poco menos de siete metros, cuenta con oferta de vegetación sumergida abundante y afloramientos de agua dulce. Sin embargo, a pesar de que Laguna Guerrero reúne las condiciones adecuadas para la supervivencia de un manatí, es fundamental mayor sensibilización en la comunidad para el correcto comportamiento frente a los manatíes, particularmente los que han pasado por procesos de rehabilitación.

## *Abstract*

The deterioration and loss of the Greater Caribbean manatee's (*Trichechus manatus manatus*) habitat, resulting from human activity, have caused a significant populational decline according to studies conducted over the past 50 years. El Santuario del Manatí, a estatal reserve encompassing Chetumal Bay in the state of Quintana Roo, Mexico, hosts a significant portion of the Caribbean manatee population in Mexico. Within the sanctuary, the formerly Centro de Atención y Rehabilitación de Mamíferos Acuáticos (CARMA) is located, specifically in a lagoon named Laguna Guerrero. To generate information that can be included in management and conservation plans for the species, the objective of this study was to analyze the presence of the manatee in Laguna Guerrero, to evaluate the suitability of the habitat as a release area for rehabilitated manatees, and to describe the human community's perception regarding the species. Fourteen aquatic surveys were conducted between August and December 2022, to collect monthly physicochemical variables at 15 different points. Additionally, side-scan sonar was used during zigzag transects across the lagoon, to characterize the lakebeds and detect the presence of individuals of the species. Opportunistic manatee sightings were also obtained from a fixed point at the CARMA facilities. No manatee records were obtained during the surveys, but 16 sightings were recorded from the fixed point. Results indicate that manatee presence varies throughout the year. The highest number of sightings from CARMA occurred during the rainy season (June to October) (N=22, %=67%), with two sightings involving groups and seven mothers with calves. However, 21% of the interviews reported increased manatee groups presence during the dry season (March to May) and 18% reported an increased presence of individuals and mother-calf pairs during this season. Also, local knowledge indicates a strong awareness focused on the care and protection of the manatee, largely due to the presence of Daniel, a manatee rehabilitated at CARMA 19 years ago. Additionally, it was found that the lagoon has a depth up seven meters, abundant submerged vegetation and freshwater seeps. Although Laguna Guerrero meets suitable conditions for manatee survival, greater community awareness is essential for appropriate behavior towards manatees, particularly those that have undergone rehabilitation processes.

**Palabras clave:** *Trichechus manatus manatus*, conocimiento local, caracterización ecológica, rehabilitación.

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| <i>Resumen</i> .....  | 5  |
| <i>Abstract</i> .....   | 6  |
| <i>1 Introducción</i> .....   | 8  |
| <i>2 Objetivo general</i> .....   | 11 |
| <i>2.1 Objetivos específicos</i> .....  | 11 |
| <i>3 Materiales y métodos</i> .....   | 12 |
| <i>3.1 Área de estudio</i> .....  | 12 |
| <i>3.2 Fase de campo</i> .....  | 13 |
| <i>3.2.1 Conocimiento y percepción local del manatí</i> .....                       | 13 |
| <i>3.2.2 Observaciones en puntos fijos</i> .....                                    | 13 |
| <i>3.2.3 Navegaciones</i> .....   | 14 |
| <i>3.3 Análisis de resultados</i> .....   | 16 |
| <i>4 Resultados</i> .....   | 17 |
| <i>4.1 Avistamiento de manatíes</i> .....   | 18 |
| <i>4.1.1 Observaciones desde puntos fijos</i> .....                                 | 18 |
| <i>4.1.2 Índice de ocurrencia</i> .....   | 18 |
| <i>4.1.3 Estacionalidad</i> .....   | 19 |
| <i>4.2 Caracterización ecológica de la Laguna Guerrero</i> .....                    | 20 |
| <i>4.2.1 Parámetros físico-químicos</i> .....                                       | 20 |
| <i>4.2.2 Batimetría y características del fondo</i> .....                           | 21 |
| <i>4.3 Conocimiento y percepción local del manatí</i> .....                         | 24 |
| <i>4.3.1 Presencia de manatíes en Laguna Guerrero</i> .....                         | 27 |
| <i>4.4 Conservación y percepción del manatí.</i> .....                              | 33 |
| <i>5 Discusión</i> .....  | 36 |
| <i>5.1 Presencia de manatíes</i> .....  | 36 |
| <i>5.1.1 Áreas de mayor uso (según el conocimiento local del manatí)</i> .....      | 36 |
| <i>5.1.2 Estacionalidad (según el conocimiento local y los avistamientos)</i> ..... | 37 |
| <i>5.2 Caracterización de la laguna</i> .....                                       | 38 |
| <i>5.2.1 Parámetros fisicoquímicos</i> .....  | 38 |
| <i>5.2.2 Características del fondo</i> .....  | 38 |
| <i>5.3 Percepción y etnoconocimiento</i> .....                                      | 39 |
| <i>6 Conclusiones:</i> .....  | 41 |

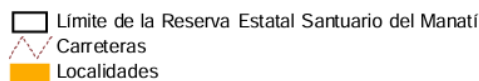
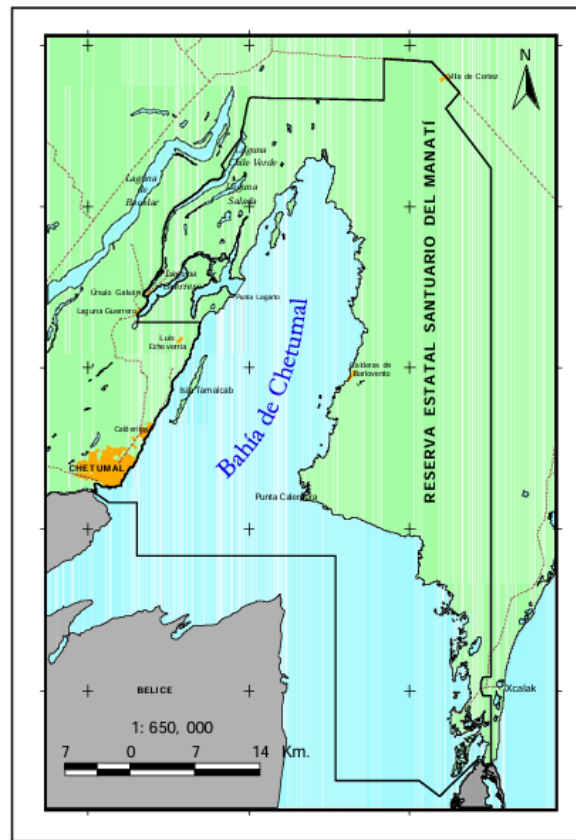
## 1 Introducción

En la actualidad existen tres especies de manatíes: El manatí africano (*Trichechus senegalensis*), el manatí amazónico (*Trichechus inunguis*) y el manatí americano (*Trichechus manatus*) (Guevara et al. 2019). Este último se divide en dos subespecies separadas geográficamente: la subespecie de Florida, *T. m latirostris* y el manatí del Gran Caribe *T. m. manatus* (Domning & Hayek 1986). La subespecie *T. m manatus* se distribuye desde el golfo de México abarcando toda la costa este de México, América Central, incluyendo las islas del caribe, hasta el noreste de Brasil (Lefebvre et al. 2001; Quintana-Rizzo y Reynolds III, 2010).

La manera en que se han ido desarrollando las sociedades humanas a lo largo del tiempo ha influido negativamente en cómo se relacionan los humanos con su entorno natural, llevando a la fragmentación y contaminación del hábitat de diversas especies necesarias para el equilibrio de los ecosistemas. Este es el caso del manatí del Gran Caribe (*Trichechus manatus manatus*), el cual a pesar de desempeñar un importante rol en el mantenimiento y flujo de energía de los ecosistemas que habita (Domning & Bufrenil, 1991) se ubica actualmente en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) con el estatus de “en peligro de extinción” (Self-Sullivan & Mignucci Giannoni 2008).

Acciones antrópicas como la sobreexplotación, la transformación del hábitat en consecuencia del desarrollo urbano y la variabilidad climática, son las principales causas de la disminución y la fragmentación del hábitat de la especie (Colmenero & Hoz, 1986; Morales-Vela et al., 2000). Desafortunadamente, la capacidad de recuperación respecto a la reducción de sus poblaciones se ve limitada por sus características biológicas, tales como: baja tasa reproductiva, baja variabilidad genética y el comportamiento migratorio local, afectando directamente la sensibilidad, resiliencia y resistencia de las poblaciones (SEMARNAT, 2020). En México se protege por primera vez al manatí en 1921 bajo el decreto de veda permanente contra la caza y explotación del Manatí (SEMARNAT, 2020). En 1994 se incluye al manatí en la primera lista de especies mexicanas en riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), y, en 1996 el gobierno del estado de Quintana Roo declara Santuario del Manatí parte del área de la bahía de Chetumal que se encuentra bajo territorio mexicano; lugar donde se encuentra la mayor parte de la población de manatí del Gran Caribe que habita el caribe mexicano (Morales-Vela & Olivera-Gómez 1997).





**Figura 1.** Área natural protegida Reserva Estatal Santuario del Manatí. Fuente CONAHCYT abril 2008 (<https://conahcyt.mx>).

Los manatíes son mamíferos herbívoros acuáticos pertenecientes al orden Sirenia (Hartman 1979), de hábitos alimentarios oportunistas y generalistas. Lo anterior se debe a que la especie es tolerante a las variaciones de salinidad llegando a habitar ambientes dulceacuícolas como lagunas, ríos, arroyos, zonas inundables; estuarios; o áreas completamente marinas, como zonas costeras (Lefebvre et al. 2001). Estos pueden llegar a incluir una amplia variedad de especies de plantas marinas, estuarinas y de agua dulce en su dieta (Colmenero & Hoz, 1986; Castelblanco-Martínez et al., 2009). No obstante, estudios más recientes sugieren que existe una preferencia en la subespecie por los pastos marinos de las zonas costeras del Caribe mexicano (Garces-Cuartas et al., 2020) a pesar de que los manatíes en el estado de Quintana Roo habitan principalmente cuerpos de aguas dulces y /o estuarinas (Morales-Vela & Olivera-Gómez 1997), lugares donde pueden proveerse del consumo de agua dulce (Olivera-Gómez y Mellink, 2005). También, pueden llegar a comer de manera incidental esponjas, hidrozoos o invertebrados (Arévalo-González, 2020).

Así pues, los manatíes juegan un papel fundamental en el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, ya que debido a su gran tamaño son capaces de consumir grandes cantidades de alimento, volviéndolos bastante eficientes en el reciclaje de nutrientes e interviniendo positivamente en la productividad del ecosistema (Castelblanco-Martínez et al., 2012). De igual manera, son considerados como especie sombrilla gracias a que la protección de este y de su hábitat representa la protección de muchas otras especies que hacen parte de su ecosistema, siendo considerado de gran valor para la conservación de la biodiversidad (Daniel-Rentería et al., 2010).

Previamente se han reportado factores ambientales que influyen en el uso del hábitat del manatí, tales como: la presencia de aguas calmadas y someras, fuentes cercanas de agua dulce (Hartman 1979; Morales- Vela, 2000; Olivera-Gómez y Mellink 2005), temperaturas por encima de los 20-22 °C (Hartman 1979), disponibilidad de alimento (Hartman, 1979; Axis-Arroyo et al., 1998), dirección y velocidad de los vientos (Axis-Arroyo et al., 1998) y zonas de baja o nula actividad antrópica (Ortega, 1997). Es necesario el conocimiento a profundidad de variables ambientales y el uso de estas a diferentes escalas espaciales y temporales, así como la identificación de las áreas de mayor uso de la especie permiten el desarrollo y mejoramiento de planes de manejo y conservación de la especie.

El estudio de manatíes mediante observaciones directas resulta bastante difícil debido a la conducta huidiza de la especie. Por esta razón, en las últimas décadas se ha recurrido al uso de tecnologías complementarias, como lo es el sonar de barrido lateral para la detección de manatíes por medio de ondas de sonido. Esta herramienta se ha utilizado recientemente principalmente en sistemas fluviales y lagunares con aguas turbias, proporcionando información eco hidrológica como: tipo de fondo, profundidad y temperatura del agua, contribuyendo así al entendimiento de la ecología de la especie en estos sistemas. (González- Socoloske, 2009; Arévalo-González et al., 2014; Castelblanco-Martínez et al., 2018; Corona-Figueroa et al., 2021; Causil-Velasco et al., 2022). De igual manera, no se puede relegar el conocimiento local mediante el uso de entrevistas, puesto ha resultado ser una fuente de información importante, al aportar información de la distribución, de las características ecológicas de la especie y de las dinámicas presentes entre la población local y su entorno natural, permitiendo la posibilidad de desarrollar medidas de conservación efectivas en cooperación entre investigadores y comunidades (Sousa et al., 2013).

Múltiples estrategias se han elaborado para proteger y conservar la especie y su hábitat por medio de programas y planes de manejo. En México, el documento rector de la conservación de la especie es el Programa de Acción para la Conservación del Manatí (PACE), encargado de reforzar las varias estrategias y acciones establecidas en el Proyecto de Conservación y Recuperación de la Especie Prioritaria (PREP) Manatí (SEMARNAT, 2020). Lamentablemente,

a pesar de la existencia de áreas legamente protegidas, no todas cuentan con un programa de manejo que las regule (Velázquez-Mendoza, 2018). Aún permanecen grandes vacíos de información en relación con la ecología y el uso del espacio.

Ahora bien, al noroeste del Santuario del Manatí yace una laguna de nombre Laguna Guerrero, cuerpo de agua que en conjunto con unos canales conforman el sistema lagunar Guerrero y que, a su vez, conecta con la Bahía de Chetumal. (Figura 1). Además del alto flujo de manatíes en esta zona, su importancia incrementa debido a la presencia reportada de madres con cría (Morales-Vela et al. 1996, Axis-Arroyo et al. 1998), considerando la baja tasa de reproductividad de la especie. A pesar de ello, es muy poco lo que se conoce sobre las características ecológicas y las dinámicas de uso del lugar, información esencial en la distribución de la especie, al igual que en la elaboración de planes de manejo eficientes para proteger y conservar la misma.

Debido a lo anterior, el presente proyecto busca realizar una caracterización de la laguna Laguna Guerrero mediante la elaboración de un perfil batimétrico y análisis de variables fisicoquímicas, evaluar la presencia del manatí en esta zona a partir de entrevistas a los poblados de Laguna Guerrero y Úrsulo Galván (ubicados adyacentes a la laguna) y llevar un registro de avistamientos desde puntos fijos durante los meses de muestreo ; junto con registros realizados por personal del Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas del Estado de Quintana Roo (IBANQROO) situado en el CARMA.

## 2 *Objetivo general*

Evaluar las características ecológicas, uso de hábitat y conocimiento local del manatí del Gran Caribe (*Trichechus manatus manatus*) en la Laguna Guerrero, área potencial para la liberación de manatíes en rehabilitación.

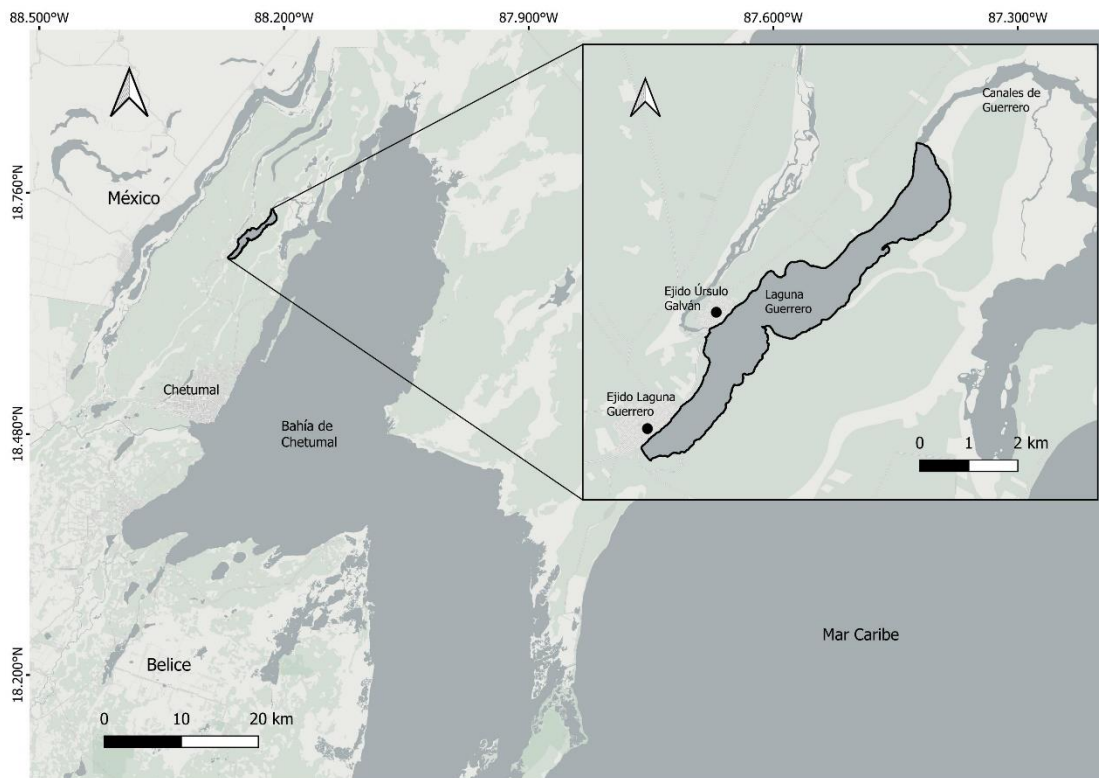
### 2.1 *Objetivos específicos*

1. Determinar las áreas de mayor presencia de manatíes en la Laguna Guerrero.
2. Describir las características ecológicas de la Laguna Guerrero, incluyendo perfil batimétrico, oferta de alimentación para manatí (presencia o ausencia de vegetación), y variables físico-químicas.
3. Describir la percepción y etnoconocimiento de los pobladores de Laguna Guerrero y Úrsulo Galván respecto al manatí.

### 3 Materiales y métodos

#### 3.1 Área de estudio

La Laguna Guerrero es un cuerpo de agua no muy profundo, de 8 km de extensión aproximadamente que, seguido de unos canales, desemboca en la bahía de Chetumal por su parte noroeste. Se sitúa dentro de la zona perteneciente al área natural protegida estatal el Santuario del Manatí, en las coordenadas 18°41' y 18°45' norte y 88°09' y 88°16' oeste. Hace parte del sistema dinámico de la bahía de Chetumal compuesto por las lagunas Bacalar, Milagros, Chile Verde, Salada y Guerrero; donde estudios registran la presencia de aguas más cálidas (29,5 °C), con máximos en la laguna Guerrero (Rosado-May & Kissman, 2003; Espinoza et al., 2009).



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio (Laguna Guerrero).

La laguna se encuentra a 10 m de altitud, sobre suelos alkaché (arcilloso pesado) con baja capacidad de drenaje, donde priman ecosistemas de manglar, palmares, vegetación arbórea de bajos inundables, vegetación en bajos inundables (pastizales) y vegetación acuática estricta (Cáliz de Dios, 2014). Adyacentes a la laguna, dentro del área que abarca el Santuario del

Manatí, yacen dos asentamientos humanos en terrenos de propiedad ejidal: Laguna Guerrero y Úrsulo Galván. En LG se encuentra el Centro de Atención y Rehabilitación de Mamíferos Acuáticos (CARMA), lugar donde hasta el momento se han llevado dos casos de rehabilitación de manatíes (Padilla-Saldívar et al., 2006; Castelblanco-Martínez et al., 2023). La región presenta tres épocas climáticas a lo largo del año, época seca (febrero – mayo), época de lluvias (junio – octubre) y época de nortes (noviembre – enero) (Carrillo et al., 2009).

### *3.2 Fase de campo*

#### *3.2.1 Conocimiento y percepción local del manatí*

Entre los meses de agosto a octubre de 2022, se realizaron varias entrevistas a pobladores de los ejidos de Laguna Guerrero y Úrsulo Galván con una edad por encima de los 18 años. Para la selección de la muestra poblacional, se utilizó el método “bola de nieve”, también conocido como cadena de referencia (Martínez-Salgado, 2012). Se identificó en una primera instancia informantes clave, quienes a su vez recomendaron otros como buenos candidatos para participar en la entrevista de manera intencional. Estas personas fueron hombres y/o mujeres que tuvieron contacto regular con la laguna.

Se siguió un protocolo ya establecido por la Fundación Internacional Para La Naturaleza Y La Sustentabilidad, donde se establecieron tres unidades temáticas básicas: Información personal del entrevistado, Conocimiento biológico de la especie y Datos referentes al avistamiento de la especie. Para evitar información duplicada u omisión de datos relevantes por parte de los entrevistados, se realizó una triangulación, propuesta por Orozco (2001). Estas unidades temáticas constituyeron únicamente una guía en el desarrollo de la entrevista, con preguntas abiertas dirigidas al interlocutor. En la encuesta se obtuvo información sobre la percepción de la comunidad respecto al manatí y se recabó información sobre la población de la especie que visita la laguna. Los aspectos compilados incluyen: áreas principales de uso, épocas de avistamiento, estacionalidad de presencia de crías y grupos reproductivos, dieta, mortalidad y otros.

#### *3.2.2 Observaciones en puntos fijos*

Teniendo en cuenta la información obtenida a partir de las entrevistas, se realizaron observaciones desde dos puntos fijos georreferenciados. El primero ubicado en el muelle de las instalaciones del CARMA, un lugar alto que permitió abarcar un amplio rango visual. El segundo se determinó en uno de los puntos seleccionados para la colecta de parámetros fisicoquímicos, ubicado frente al Río Raudales. En el primer punto fijo se llevaron a cabo observaciones de 40

min durante los meses de agosto a diciembre del 2022, cuatro días a la semana, en tres diferentes momentos del día: mañana (8 – 10am), medio día (12 – 2pm) y tarde (4 – 6pm), de acuerdo con la información obtenida en las entrevistas y como se establece en estudios previos de ecología y conservación (Castelblanco-Martínez et al., 2005).

Las observaciones del segundo punto fijo consistieron en esperas silenciosas de aproximadamente 30 min durante el total de salidas (5) realizadas para la toma de parámetros fisicoquímicos. Adicionalmente, se aprovecharon los transectos lineales del registro batimétrico con el SBL (Figura 4) para realizar observaciones mediante el uso de binoculares.

Al momento de observar un individuo o un grupo se tomó registro de la hora; coordenadas; posición en superficie; número de avistamientos (NAv); número de avistamientos simultáneos, del cual se estimó el número máximo de avistamientos simultáneos (NMAS), refiriéndose al número de animales diferentes estimado para cada muestreo y se estimó el tamaño del grupo en la observación (TGE) (Castelblanco-Martínez, 2005).

### *3.2.3 Navegaciones*

Se realizaron recorridos a la laguna en una lancha de 25 pies con motor fuera de borda de 60 HP de 4 tiempos, durante los meses de agosto a diciembre de 2022. Los recorridos se llevaron a cabo una vez por semana en horas diurnas. Durante estas navegaciones se llevaron a cabo las siguientes actividades:

#### *3.2.3.1 Estaciones de colecta de físico-químicos y vegetación*

La toma de parámetros fisicoquímicos se realizó durante los meses de agosto a diciembre del año 2022, es decir, mediante dos épocas climáticas: lluvias y nortes, completándose un total de cinco muestreos. Se seleccionaron 15 diferentes puntos de manera aleatoria a lo largo de la laguna. Los puntos (Figura 3) se georreferenciaron y una vez al mes se tomaron datos de los parámetros: pH, conductividad, temperatura, salinidad, sólidos disueltos, profundidad y transparencia con ayuda de una sonda multiparamétrica marca Hanna de modelo HI9828, la cual se mantuvo sumergida durante un minuto en cada punto (se realizaron mínimo tres tomas por cada punto y se promedió cada dato). Cada punto de muestreo se registró mediante un GPS (Garmin Etrex 10).



**Figura 3.** Estaciones de colecta de parámetros fisicoquímicos y descripción de la vegetación acuática sumergida. Imágenes obtenidas de Google Earth Pro (06/07/2022).

### 3.2.3.2 *Uso del sonar de barrido lateral (SBL)*

El SBL es un equipo que, mediante la emisión de ondas de sonido por medio de un transductor (pieza sumergible), permite colectar información del hábitat de manatí como profundidad, tipo de fondo, presencia de vegetación, y eventualmente ha sido utilizado para detectar la presencia de los manatíes (Gonzalez-Socoloske et al. 2009, Arévalo-González et al., 2014; Corona-Figueroa et al., 2021; Causil-Velasco et al., 2022). En este estudio se realizaron recorridos acuáticos utilizando un SBL Humminbird Helix 5 CHIRP GPS G2 a una velocidad de entre 5.0 y 7.0 km/h (con un ancho de banda de 35 m) en transectos trazados en zigzag, de tal forma que cada día de muestreo se cubrió un área diferente de la laguna hasta completar la totalidad del área de LG (Figura 4). En algunos puntos del transecto se procedió a sumergir una cámara GOPRO sujeta a un palo de madera que medía 3 metros de largo aproximadamente, permitiendo sumergir la cámara hasta un máximo de 2 metros, e igualmente se llevó a cabo inmersiones con buceo libre para tomar fotos del fondo y así validar los tipos de sustrato. Al momento de realizar los registros no se tuvo en cuenta la presencia de Daniel el manatí.

La tripulación de la embarcación estuvo conformada por un motorista y al menos dos observadores, donde uno se encargó del manejo del sonar durante los recorridos y el otro



cumplió el rol de observador en dado caso de observar un manatí.



**Figura 4.** la suma de transectos realizados para el muestreo batimétrico con el SBL en Laguna Guerrero.

### 3.3 *Análisis de resultados*

Durante la ejecución de las entrevistas se consideró el criterio de saturación en los estudios cualitativos para determinar un tamaño de muestra, el cual consiste en realizar cierto número de entrevistas hasta que la información recopilada se vuelva redundante y deje de ser relevante para la investigación (Newing, 2011)

Para el análisis de datos en las entrevistas, se categorizaron algunas de las respuestas como la edad, tiempo de permanencia en la región, zonas de avistamiento, temporadas de avistamiento, número de encuentros, amenazas e importancia del manatí en la región. Luego, las respuestas se analizaron con base en el cálculo de porcentajes, y se construyeron gráficas comparativas y descriptivas.



Calculando el número de avistamientos por hora (NAv/h) a partir de los registros de observaciones directas llevadas en campo, se obtuvo el índice relativo de ocurrencia. Este se calculó mediante la división entre el número de avistamientos y el total de esfuerzo de muestreo por punto (Castelblanco-Martínez et al., 2007; Sanchez, 2018).

$$NAv = \frac{\text{Número total de avistamientos}}{h}$$

Obteniendo esta variable se puede conocer la frecuencia de uso que tienen los manatíes en el área de estudio (Álvarez- Alemán et al., 2016), donde el número máximo de avistamientos simultáneos (NMA) se considera como el número mínimo de la población (Castelblanco-Martínez et al., 2009).

Para determinar la estacionalidad de los manatíes en la laguna, se generó una base de datos con información sobre la presencia de la especie obtenida mediante encuestas, avistamientos directos e indirectos y previos registros elaborados por el personal del IBANQROO en las instalaciones del CARMA durante el 2022. Para cada avistamiento se incluyó información como: coordenadas, fecha, hora, número de individuos, tamaño, comportamiento, fuente de la información (entrevista, observación directa, encuentro oportunístico), nombre del observador y observadores adicionales.

Las grabaciones obtenidas del sonar se importaron y examinaron al software ReefMaster donde se procedió a realizar los ajustes necesarios antes de copiar todo en un “Nuevo Mosaico”. Finalmente, se exportó la imagen del mapa batimétrico de la laguna. Para clasificar el tipo de fondo y estimar su porcentaje se analizó los transectos registrados por la unidad Humminbird en la aplicación ReefMaster Sonar Viewer y se contrastó con las grabaciones realizadas usando la cámara GoPro. Fue posible emparejar ambas imágenes gracias a que con cada inmersión de la GoPro aparecía una marca continua en la columna de agua de la imagen en el SBL. Se determinaron 4 categorías: pastos densos, pastos dispersos, sustrato limoso y sustrato de manglar con rocas.

Para determinar si existían diferencias significativas entre los meses y épocas climáticas según cada variable físico-química colectada, se utilizó el programa IBM SPSS Statistics. Pese al incumplimiento de los supuestos de normalidad al momento de hacer el análisis estadístico se recurrió al test de Friedman. Posterior se recurrió a la prueba post hoc de willcoxon para identificar los grupos donde yacen dichas diferencias.

#### 4 Resultados

El esfuerzo total entre las actividades de avistamiento, la colecta de parámetros físico-químicos, la operación del sonar y las entrevistas a la comunidad fue de 257 horas.

#### 4.1 Avistamiento de manatíes

##### 4.1.1 Observaciones desde puntos fijos

En este estudio se logró observar un total de 31 manatíes, 81% adultos y 19% crías (siempre acompañadas de un manatí adulto), completándose un total de 16 avistamientos. Un 88% (NA=14) se registraron en época de lluvias y el otro 12% (NA=2) en época de nortes desde el punto fijo ubicado en el CARMA. Un 75% (N = 12) corresponden a observaciones directas y un 25% (N = 4) consistió en observaciones oportunistas. Se completó un esfuerzo 136 h durante un total de 68 días.

Respecto al segundo punto fijo ubicado frente al río Raudales no se obtuvo ningún resultado de observación, este contó únicamente con un esfuerzo de casi 3h durante cinco días. Solo una observación indirecta se llevó a cabo durante las navegaciones donde se halló un registro (rastros) durante los recorridos en lancha (se observó sedimento en suspensión en dirección perpendicular respecto a la de la lancha, ocasionado comúnmente en áreas de sustrato fangoso al momento de impulsarse con la aleta caudal).

##### 4.1.2 Índice de ocurrencia

Se determinó un índice de ocurrencia relativa de 0,12 y un NMAS de cuatro, partiendo del esfuerzo de muestreo de ambos puntos fijos (por cuestiones de tiempo y recursos el mayor esfuerzo de muestreo de observación se llevó a cabo en época de lluvias).

**Tabla 1.** Tiempo para calcular el índice de ocurrencia.

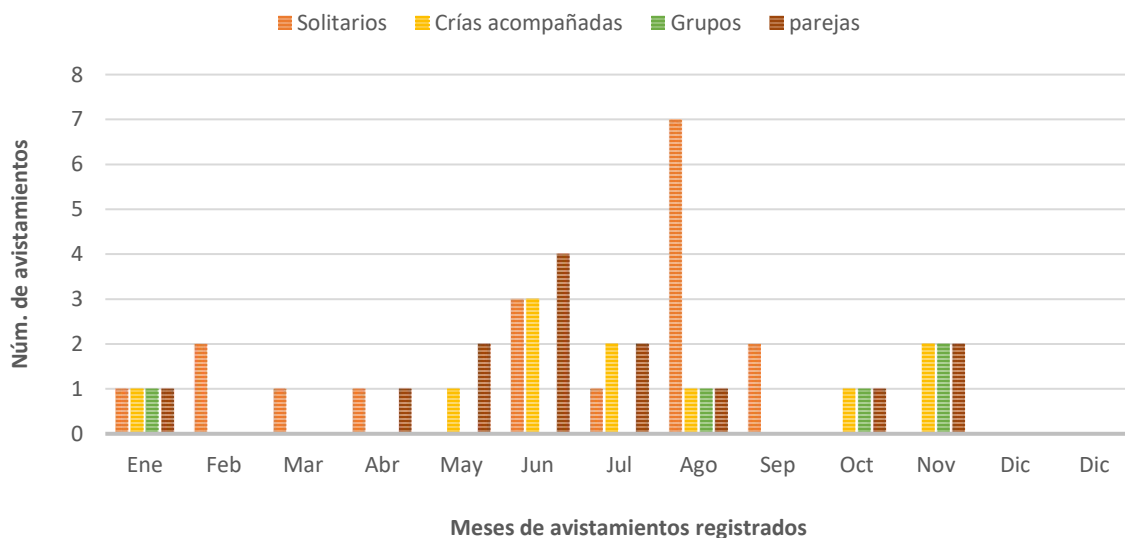
| Época   | NAv | EM (h) | NAv/h       | NMAS |
|---------|-----|--------|-------------|------|
| Lluvias | 14  | 102    | 0,14        | 3    |
| Nortes  | 2   | 37     | 0,05        | 4    |
| Total   | 16  | 139    | <b>0,12</b> | -    |

de esfuerzo y datos índice de

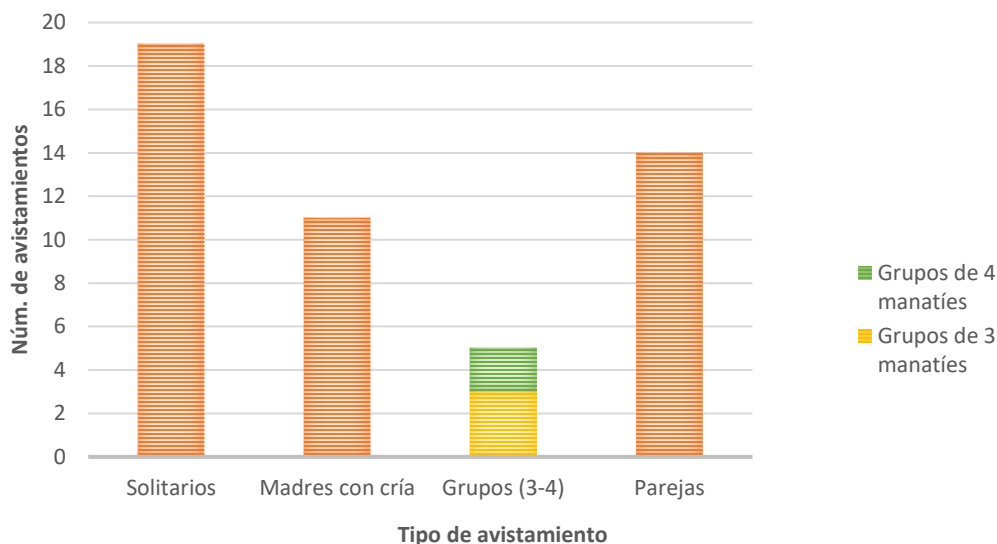
La mayor parte de los avistamientos correspondió a manatíes en solitario 62,5% (N = 10), encontrándose la mayoría bastante cerca al muelle en conducta de reposo entre intervalos de tiempo de una y tres horas. Las crías de manatí se observaron en un 37,5% (N=6), donde cuatro de los seis avistamientos se encontraba la cría acompañada de más manatíes adultos conformando grupos de entre tres y cuatro integrantes (consistiendo en el total de grupos observados en este estudio). Los grupos de entre tres y cuatro manatíes ocuparon un 25 % (N=4) de los avistamientos. Uno tuvo una aparición en el mes de agosto y los otros tres entre octubre y noviembre, siendo dos de estos últimos avistamientos los únicos registros en época de nortes. Los avistamientos de noviembre tomaron lugar durante todo el día, dos días seguidos. Se les observó a lo lejos nadando en círculo a primera hora del día, luego se les volvió a ver cerca al muelle del CARMA. La madre y la cría se detuvieron y mantuvieron en reposo aproximadamente por hora y media. Los otros siguieron desplazándose en dirección al extremo sur de la laguna. Horas más tarde, a unos 200 m del muelle se observó una conducta de apareamiento entre dos de ellos. Daniel se encontraba con ellos.

#### 4.1.3 Estacionalidad

La base de datos generada a partir de los avistamientos registrados en este estudio, sumado a los registrados por los funcionarios del IBANQROO, completan la base anual del 2022 de avistamientos realizados desde el CARMA. Se totalizaron 33 avistamientos involucrando 54 manatíes, con picos de avistamientos en los meses de junio (N = 7) y agosto (N = 9) durante la época de lluvias, temporada donde se completó un total de 22 avistamientos (67%). Según el tamaño grupal, el 58% (N = 19) de los avistamientos consistieron en manatíes solitarios, 42% (N=14) fueron parejas, 33% (N=11) fueron crías acompañados de uno o más manatíes adultos y 15% (N=5) grupos de entre tres y cuatro individuos (Figura 6).



**Figura 5.** Frecuencia de avistamientos realizados en el CARMA durante el 2022.



**Figura 6.** Clasificación del tipo de avistamientos de manatíes que se llevó durante el año 2022 en el CARMA y su correspondiente frecuencia de avistamiento.

En cuanto a las variaciones estacionales, los avistamientos se presentaron principalmente entre los meses de junio y noviembre, siendo que las madres con cría tuvieron un pico de aparición durante inicios de época de lluvias, los manatíes en solitario obtuvieron valores más altos durante el mes de agosto, los grupos entre octubre y noviembre y parejas durante la época seca (Figura 5).

## 4.2 Caracterización ecológica de la Laguna Guerrero

### 4.2.1 Parámetros físico-químicos

En agosto se registraron las temperaturas más altas del agua con un máximo de 33,7 °C; las más bajas se reportaron en diciembre, durante la época de nortes con un mínimo de 27,9 °C.

Aplicando la prueba de Friedman y la prueba post hoc de Willcoxon se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable temperatura entre ambas épocas climáticas, lluvias y nortes, específicamente entre los meses octubre y noviembre con un  $p < 0,001$ . Los valores de pH

oscilaron entre 6,00 (agosto) y 8-10 (diciembre), registrándose un pH más alcalino en época de lluvias ( $\bar{x} = 6,02$ ; DS = 0,20), y un pH más ácido en nortes ( $\bar{x} = 8,09$ ; DS = 0,06). De igual forma, utilizando las pruebas anteriormente mencionadas se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,00$ ) en el pH entre épocas y entre meses, siendo el cambio de septiembre a octubre el más significativo en este parámetro. Los valores de conductividad oscilaron entre los 4730 y 8703  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con valores más bajos en octubre y más altos en agosto. La salinidad obtenida varió de 2,3 a 4,5 psu, presentando los valores más bajos en octubre y los más altos en agosto (Tabla 3). La profundidad fue similar durante todos los meses de muestreo, al igual que la transparencia (Tabla 4).

**Tabla 3.** Media ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (DS) y valores mínimos y máximos de las variables pH, conductividad y temperatura, medidas en Laguna Guerrero.

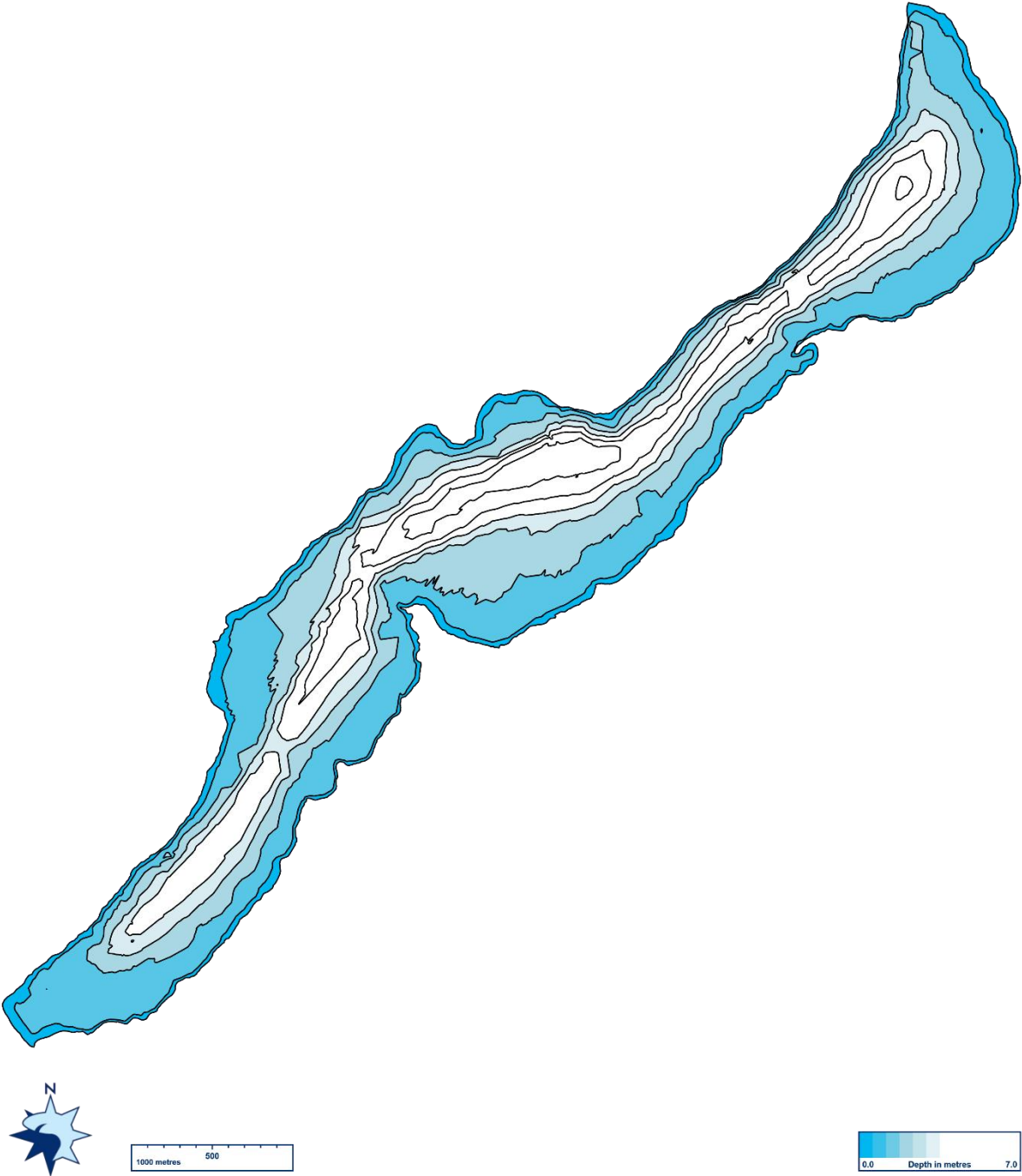
| Época   | Mes  | pH        |      |      |      | Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |        |      |      | Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) |      |      |      |
|---------|------|-----------|------|------|------|---|--------|------|------|------------------------------------|------|------|------|
|         |      | $\bar{x}$ | DS   | Min. | Max. | $\bar{x}$                                 | DS     | Min. | Max. | $\bar{x}$                          | DS   | Min. | Max. |
| Lluvias | Ago  | 6,00      | 0,06 | 5.93 | 6.16 | 8703                                      | 757,32 | 7530 | 9930 | 32,027                             | 1,20 | 30,3 | 33,7 |
|         | Sept | 6,03      | 0,28 | 5.09 | 6.22 | 6196                                      | 961,47 | 4000 | 7610 | 31,467                             | 1,03 | 30,0 | 33,3 |
|         | Oct  | 7,98      | 0,08 | 7.86 | 8.11 | 4730                                      | 381,74 | 4050 | 5380 | 30,993                             | 1,63 | 29,3 | 34,0 |
| Nortes  | Nov  | 8,09      | 0,06 | 8.00 | 8.18 | 5454                                      | 505,85 | 4380 | 6350 | 28,387                             | 0,24 | 28,0 | 28,7 |
|         | Dic  | 8,10      | 0,06 | 7.99 | 8.18 | 5861                                      | 564,78 | 5140 | 6830 | 28,307                             | 0,33 | 27,9 | 29,3 |

**Tabla 4.** Medias ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (DS) y valores mínimos y máximos de las variables salinidad, transparencia y profundidad, medidas en Laguna Guerrero.

| Época   | Mes  | Salinidad (psu) |      |      |      | Transparencia (m) |      |      |      | Profundidad (m) |      |      |      |
|---------|------|-----------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
|         |      | $\bar{x}$       | DS   | Min. | Max. | $\bar{x}$         | DS   | Min. | Max. | $\bar{x}$       | DS   | Min. | Max. |
| Lluvias | Ago  | 4,47            | 0,44 | 3810 | 5200 | 1,62              | 0,45 | 0,76 | 2,36 | 2,21            | 1,61 | 0,76 | 6,35 |
|         | Sept | 3,11            | 0,50 | 1980 | 3850 | 1,24              | 0,28 | 0,67 | 1,56 | 2,12            | 1,44 | 0,67 | 5,96 |
|         | Oct  | 2,36            | 0,20 | 2010 | 2700 | 1,97              | 0,90 | 0,79 | 3,32 | 2,26            | 1,80 | 0,79 | 6,80 |
| Nortes  | Nov  | 2,73            | 0,26 | 2180 | 3190 | 1,56              | 0,53 | 0,63 | 2,55 | 1,93            | 1,43 | 0,63 | 6,05 |
|         | Dic  | 2,91            | 0,36 | 2080 | 3460 | 1,76              | 0,79 | 0,73 | 3,21 | 2,01            | 1,41 | 0,73 | 6,21 |

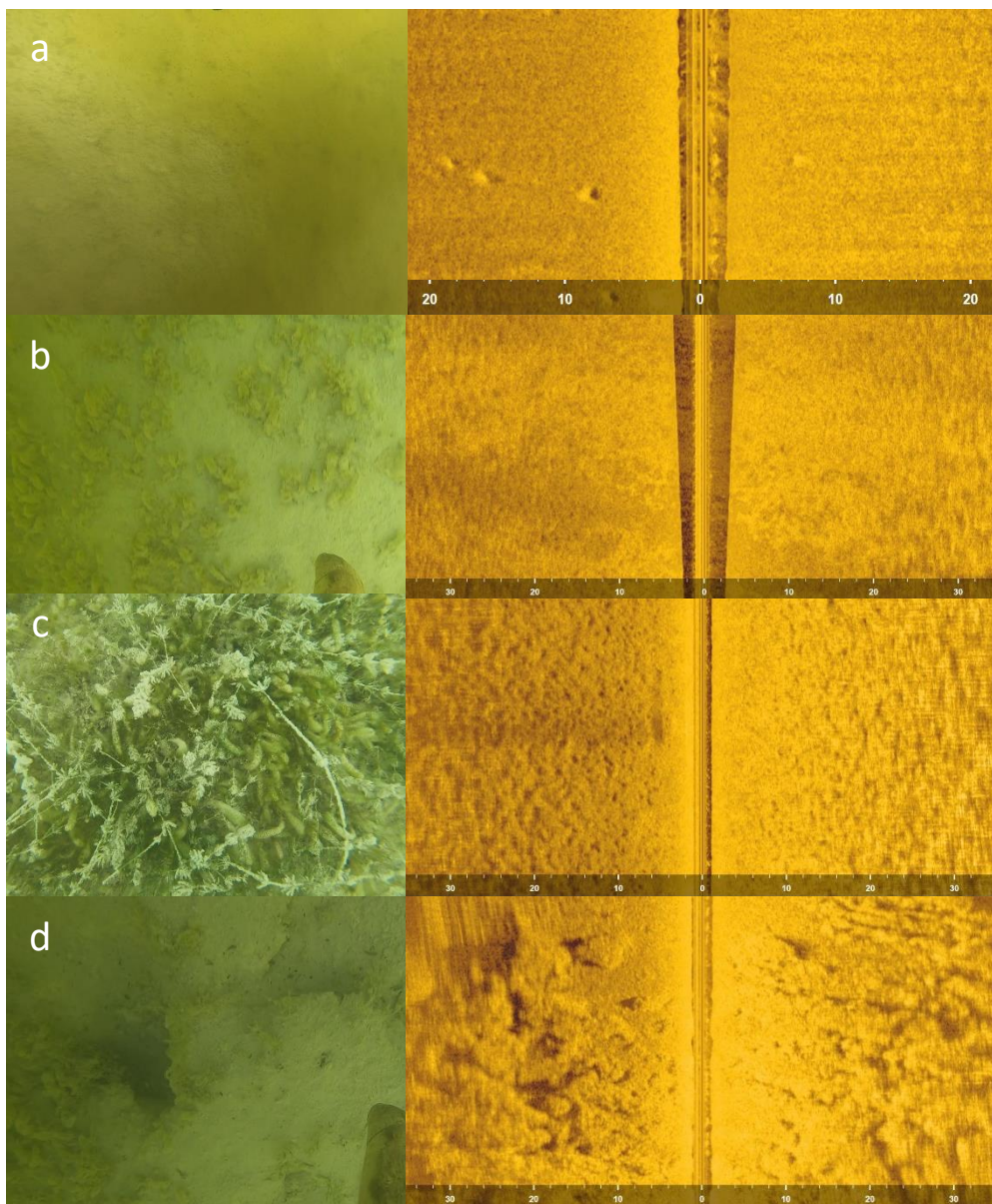
#### 4.2.2 Batimetría y características del fondo

Se invirtió un esfuerzo de muestreo con el sonar de barrido lateral (SBL) de ocho horas y 43 minutos. Aproximadamente 1 hora por segmento, se recorrieron un total de 43,8 kilómetros y se mapeó un área de 7283 km<sup>2</sup>. El mapa muestra que la laguna es en su mayoría somera con una profundidad promedio de 2,37 m, con profundidades máximas de 7 metros, presentando mayores profundidades a lo largo de su zona central.



**Figura 7.** Batimetría (m) de Laguna Guerrero generada por el programa ReefMaster 2 a partir de mediciones realizadas entre agosto y octubre del 2022.

Se identificaron cuatro tipos de fondo en su orden de mayor a menor cantidad vegetación dispersa (42%), sustrato limoso, blando (27%), vegetación densa (19%), mixto (4%). No fue posible identificar un 8% del área mapeada. En general, la vegetación estuvo presente en un 68% del área muestreada a lo largo de la laguna. Se logró identificar dos especies de macroalgas que se encontraban dominando estos parches de vegetación: *Batophora* sp. y *Chara* sp., dispuestas en parches donde yacía solo una de ellas o ambas especies mezcladas.



**Figura 8.** Tipos de fondo determinados de los segmentos muestreados con el SBL en Laguna Guerrero: a) sustrato limoso, blando, b) parches dispersos de vegetación (algas) , c) parches densos de vegetación (algas) d) mixto entre rocoso y vegetación dispersa.

#### 4.3 Conocimiento y percepción local del manatí

Se realizaron un total de 57 entrevistas en los ejidos de Laguna Guerrero (N = 28) y Úrsulo Galván (N = 29), donde participaron tanto hombres (74%) como mujeres (26%) entre los 18 y 78 años. De este número, un 4% resultó ser inmigrante y el 54% provienen de otros estados de México. En total, el 88% migraron localmente a alguna de estas dos localidades hace aproximadamente 3 o 4 décadas (Tabla 6).

**Tabla 5.** Porcentaje de las características de las personas entrevistadas. Algunas personas respondieron más de una actividad en el río. NR = No responde

| <b>Variable</b>                             | <b>Nivel</b>                    | <b>Porcentaje (%)</b> |
|---|---------------------------------|-----------------------|
| <b>Género</b>                               | Hombres                         | 74                    |
|   | Mujeres                         | 26                    |
| <b>Actividades recreativas en la laguna</b> | Pesca                           | 60                    |
|   | Guía de turismo                 | 16                    |
|   | Recreativa (bañar, bucear, etc) | 65                    |
|   | Otras labores                   | 32                    |
|   | NR                              | 11                    |
| <b>Escolaridad</b>                          | Primaria                        | 33                    |
|   | Secundaria                      | 32                    |
|   | Bachillerato                    | 12                    |
|   | Educación superior              | 10                    |

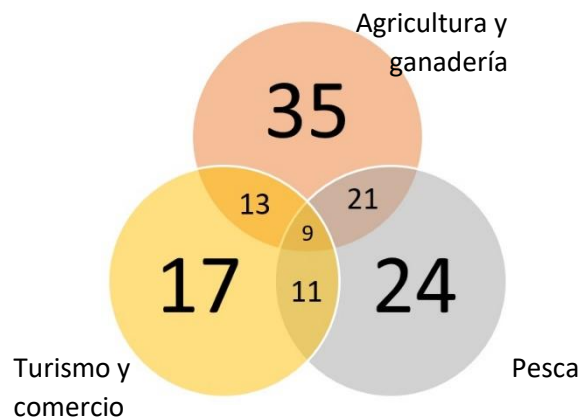
**Tabla 6.** Lugar de nacimiento del entrevistado.

| <b>Lugar de Nacimiento (Estado o País)</b> |
|--|
|--|



| Respuesta               | Total | Porcentaje |
|-------------------------|-------|------------|
| <b>Quintana Roo</b>     | 24    | 42%        |
| <b>Veracruz</b>         | 13    | 23%        |
| <b>Yucatán</b>          | 3     | 5%         |
| <b>Chiapas</b>          | 3     | 5%         |
| <b>Tabasco</b>          | 3     | 5%         |
| <b>Puebla</b>           | 2     | 4%         |
| <b>Guerrero</b>         | 2     | 4%         |
| <b>Estado de México</b> | 1     | 2%         |
| <b>Guanajuato</b>       | 1     | 2%         |
| <b>Oaxaca</b>           | 1     | 2%         |
| <b>Lázaro Cardenas</b>  | 1     | 2%         |
| <b>Michoacán</b>        | 1     | 2%         |
| <b>Canadá</b>           | 1     | 2%         |
| <b>USA</b>              | 1     | 2%         |
| <b>Total</b>            | 57    | 100%       |

El 61% de los entrevistados practican la agricultura y en la mayoría de los casos otras labores ganaderas, como, por ejemplo, las personas que crían aves en sus traspatios para autoconsumo y venta de carne y huevo a sus vecinos; además de practicar la pesca: “No me considero pescador, si frecuento la laguna o el rio para sacar pescado para comer, pero no para comercializar... para la familia nada más” (ENT01-FJM). Otros pocos realizan labores como la administración, construcción, o, guía de tours en la laguna. La totalidad de las mujeres encuestadas son amas de casa (24%), con la excepción de una entrevistada quien era gerente de un hotel cercano a la laguna.



**Figura 9.** Diagrama de Venn mostrando las principales actividades de sustento desarrolladas por el total de entrevistados.

**Tabla 7.** Porcentajes del total de campesinos entrevistados que practican la pesca diferenciados por ejido. LG = Laguna Guerrero, UG = Úrsulo Galván.

|                   | <b>LG</b> | <b>UG</b> | <b>Total</b> |
|-------------------|-----------|-----------|--------------|
| <b>Campesinos</b> | 26%       | 32%       | 58%          |
| <b>Pesca</b>      | 16%       | 26%       | 42%          |

**Tabla 8.** Frecuencia en la que los diferentes entrevistados visitan la laguna, separado por género femenino (F) y masculino (M).

| <b>Frecuencia</b>      | <b>F</b>  | <b>M</b>  | <b>Total</b> | <b>%</b>    |
|------------------------|-----------|-----------|--------------|-------------|
| Diario                 |           | 12        | 12           | 21%         |
| 3, 4 veces a la semana | 1         | 8         | 9            | 16%         |
| Una vez a la semana    | 3         | 6         | 9            | 16%         |
| Eventualmente          | 8         | 13        | 21           | 37%         |
| no                     | 3         | 3         | 6            | 11%         |
| <b>Total</b>           | <b>15</b> | <b>42</b> | <b>57</b>    | <b>100%</b> |

Casi todos (98%) los entrevistados afirman haber visto manatíes en la laguna, manifestando la dificultad a la hora de reconocer desde la distancia si el animal observado se trata de un manatí, un bufeo o un delfín. No obstante, algunos pobladores con viviendas no tan cercanas a la laguna expresaron desconocimiento frente al flujo de manatíes silvestres actual en la laguna, convencidos de que la presencia de Daniel era la única que recorría el cuerpo de agua desde hace varios años. “Pepino gigante”, “forma de vaca” y “pez” son algunas de las palabras que utilizaron para describir a la especie. Solo un 5% lo categorizó como mamífero. Más del 70% los describió como “grandes”, de color “gris” y de conducta “tranquilos y/o amigables”, y en menor proporción también utilizaron palabras como “sociable” y “cariñoso”. Solo una persona lo describió como “arisco”.

#### 4.3.1 Presencia de manatíes en Laguna Guerrero

Únicamente un 5% considera “común” la presencia de manatíes en la laguna: “si observas bien y eres paciente los puedes ver (ENT01-FJM); “Aquí vienen mucho, de hecho, esta es su zona donde se aparean” (ENT08-NC). Por otro lado, más del 70% lo considera “raro” o “muy raro”. “Ellos no se dejan ver... y si los ves estuviste de suerte” (ENT10-BC); “Hace muchos años que no veo manatíes en esta laguna” (ENT14-CC); “los veo, pero muy de vez en cuando. No es fácil porque no se acercan a nosotros. El único es Daniel” (ENT34-JJD). Finalmente, hubo un 14% que marcó la opción “ausente” puesto que, no consideran que actualmente otros manatíes aparte de Daniel frecuenten la laguna.

El CARMA y Raudales (rio que une la laguna Laguna Guerrero con la laguna Chile verde y limita a su vez los poblados de Laguna Guerrero y Úrsulo Galván) son los lugares dentro del área de estudio donde es más probable hacer observaciones de manatíes en la laguna (Tabla 9), ambos siendo predilectos por Daniel, el manatí, por lo que, al momento de responder, varias personas tuvieron como única referencia a Daniel. Algunos de los testimonios de pobladores que afirmaron haber observado manatíes silvestres en el CARMA fueron: “a veces he pasado cerca al muelle en mi lancha y los veo pasar muy despacio, otras veces ellos paran cerca al muelle a descansar” ENT21-TR; “una vez vi a un grupo de manatíes, estaban como a 300 - 400 metros de distancia del CARMA, eran como unos cuatro o cinco, había una cría con ellos. Unos estaban nadando en circulo, y otros, como dos de ellos estaban en el centro como abrazándose” ENT50-NC. En Raudales se reportaron avistamientos principalmente de individuos. En ambos lugares se reportó avistamiento de madres con cría.

Otro 19% de los entrevistados considera que no existe como tal un lugar en específico en la laguna para observar manatíes y aseguran poderlos ver desde cualquier orilla o punto de la laguna (si se es paciente): “yo he visto manatíes desde la orilla de la laguna. Nosotros no somos pescadores, no nos metemos tanto al agua. Hay otros manatíes aparte de Daniel que llegan a la laguna, pero no se dejan ver, no más son de pasada. Es muy raro verlos” (ENT07-JCL).

Solamente cuatro entrevistados mencionaron la presencia de “pozas” en la laguna refiriéndose a éstas como hundimientos en el sustrato donde es más probable encontrar concentraciones de manatíes, que, según los pobladores, son lugares donde buscan alimento y descansar. Adicionalmente, un pescador señaló afloramientos de agua dulce en este tipo de lugares, a modo de justificación frente a la alta frecuencia que presenta la especie en estos.

Ahora bien, un 37% de los entrevistados mencionaron en una primera instancia lugares de avistamientos ubicados por fuera del área del cuerpo lagunar, como “el mirador” (estructura ubicada iniciando los canales), “Los canales” y “la barra” (nombrado también como “la bocana”), refiriéndose al sitio donde termina la laguna y empieza la bahía (Figura 10) (Tabla 9).

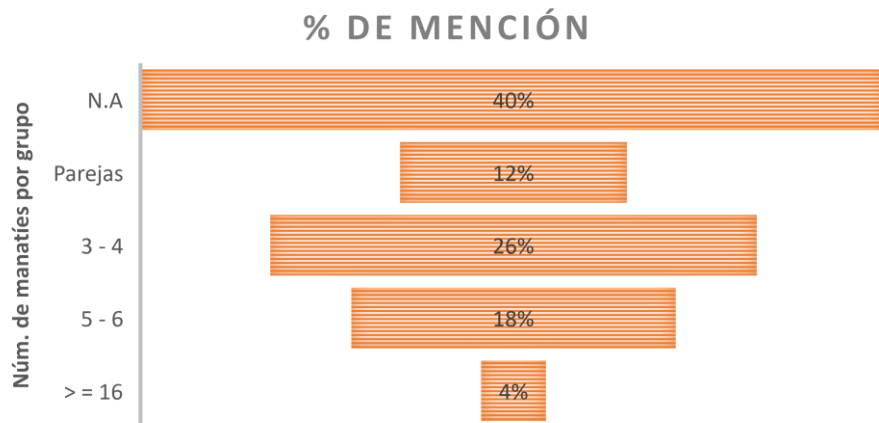


**Figura 10.** Sitios donde se puede observar con mayor facilidad manatíes según los entrevistados.

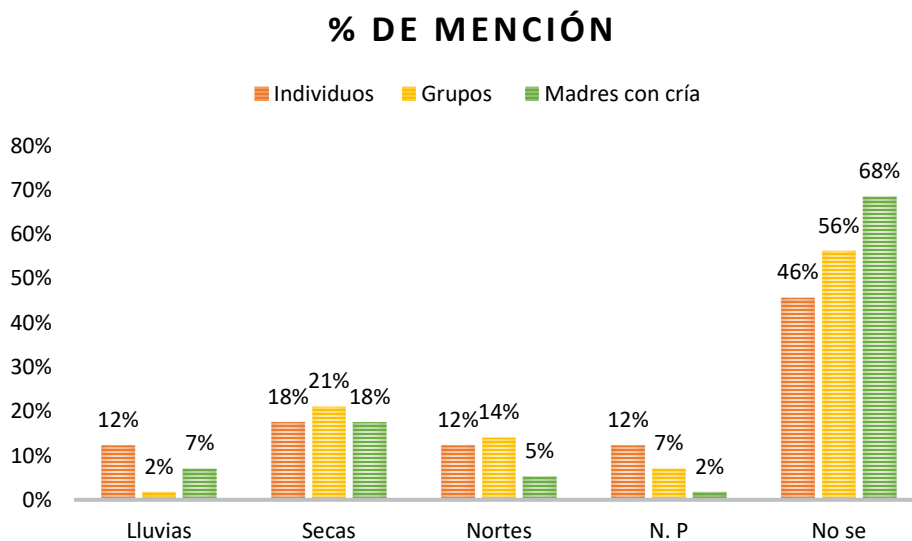
**Tabla 9.** Porcentajes de mención respecto a los sitios ubicados dentro y fuera de la laguna.

| Lugar de avistamiento            | # menciones | % menciones |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| <b>Dentro de la laguna</b>       |             |             |
| Desde cualquier orilla           | 11          | 19%         |
| CARMA                            | 12          | 21%         |
| Raudales                         | 13          | 23%         |
| Poza #1                          | 1           | 2%          |
| Poza #2                          | 2           | 4%          |
| Poza #3                          | 4           | 7%          |
| <b>Fuera del área de estudio</b> |             |             |
| Los canales de LG                | 15          | 26%         |
| La Barra                         | 13          | 23%         |
| <b>No sé</b>                     |             |             |
|                                  | 15          | <b>26%</b>  |

El 60% de los encuestados ha observado grupos de manatíes en la laguna, siendo los grupos de tres y cuatro individuos los más reportados (Figura 11). Un 14% de los entrevistados mencionaron haber visto en alguna vez grupos de 10 a 14 individuos, aunque hicieron énfasis en que aquel suceso tuvo lugar hace muchos años. Solo un entrevistado (pescador), mencionó haber llegado a observar un grupo de hasta 50 manatíes. El 35% de las personas reportaron haber avistado madres con cría en la laguna, en su mayoría pescadores.

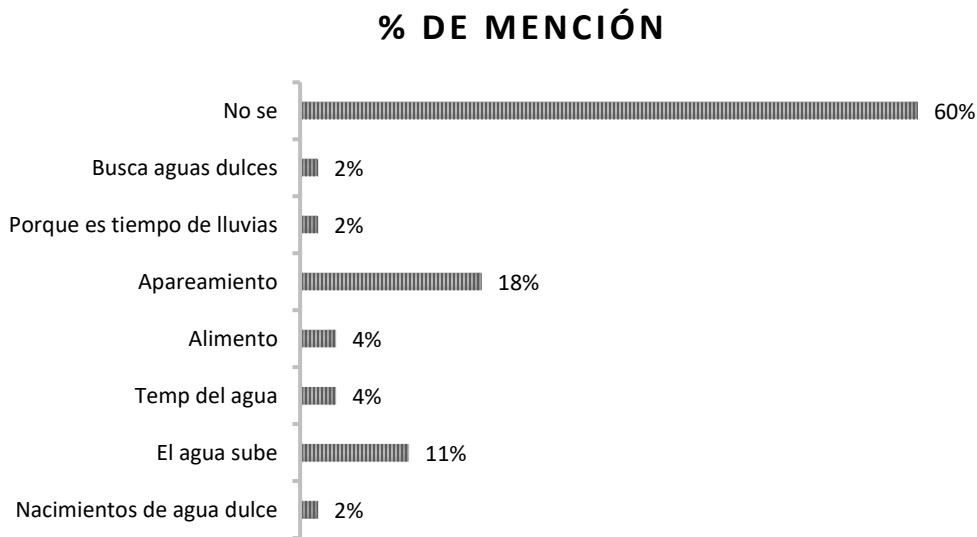


**Figura 11.** Número de manatíes en un mismo grupo reportados por cada persona entrevistada.



**Figura 12.** Temporada (época) de mayor observación de manatíes, según los entrevistados de los poblados LG y UG: “Lluvias”, “Secas”, “Nortes”, “Ninguna en particular” y “No sé”.

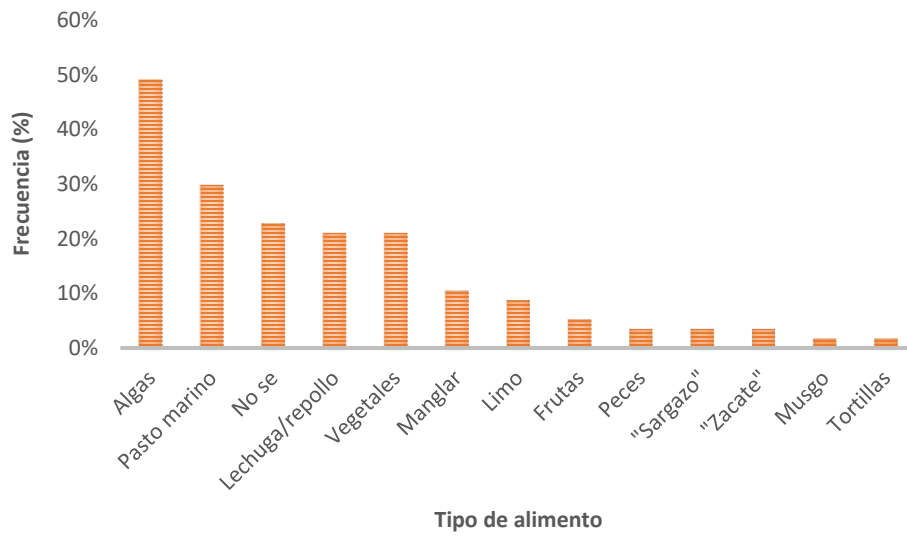
Más de la mitad de los entrevistados desconocen la época climática en que predominan los avistamientos de grupos de manatíes y las madres con cría. En el caso de avistamiento de individuos poco menos de la mitad dieron una respuesta, siendo la época de sequía (marzo a mayo) la respuesta que predominó en cada uno de los casos anteriores. Dentro de las posibles razones que pueden justificar este hecho, mencionaron: “temporada de apareamiento”, “sube el nivel del mar”, “alimentación”, “Esta es su zona donde se aparean”.



**Figura 13.** Porcentaje de mención respecto a las justificaciones acerca de la entada de manatíes a la laguna.

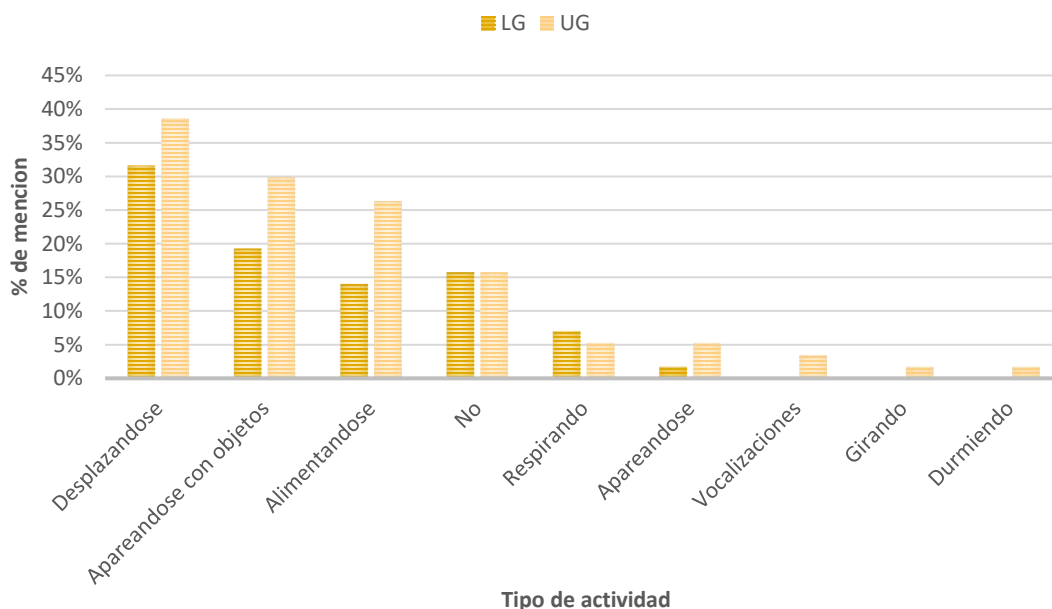
“La mayoría entra aquí y aquí se aparean porque es zona baja. Noviembre y diciembre siempre son los meses que se vienen a aparear. Que yo los he visto. Cuando baja la laguna. Buscan parte baja porque es difícil aparearse en parte honda. La hembra se pone boca arriba y el macho sube sobre ella” (ENT08-NC); “Entran porque en esta área hay nacimientos de agua dulce” (ENT19-DGR). “Les gusta entrar a esta área porque aquí tienen el alimento. Aquí solamente vienen y van, como un lugar de paso” (ENT01-FJM); “En la laguna hay pozas donde ellos encuentran su alimento, pero no puedo decirte donde están” (ENT16-DRP). La mayoría resalta que la laguna no es un lugar de uso permanente.

Dentro de las características que puede tener el hábitat del manatí, un 39% mencionó la presencia de vegetación acuática, refiriéndose a ella como “zacate” (21%) o algas (18%), presencia de agua dulce (7%), agua salada (2%), agua salobre (7%), agua turbia (5%) o poco profunda (5%); el 44% de los entrevistados no supo responder. Con respecto a su dieta, en la gráfica a continuación (Figura 14) se muestran las diferentes respuestas de los pobladores, dando entre dos y tres respuestas por persona.



**Figura 14.** Diferentes términos utilizados por los entrevistados para describir el tipo de alimento que creen que consume un manatí.

Al momento del avistamiento, el 61% de los entrevistados lograron identificar algún comportamiento de la especie (Figura 15). Se identificaron 8 comportamientos diferentes, dentro de los cuales el segundo más mencionado fue “apareándose con objetos”. Con este último comentario hacen referencia específicamente al comportamiento de Daniel, el manatí. “Llega a mi lancha y la abraza, le quiere hacer el amor a mi lancha” (ENT08-NC); “Los niños o a veces las señoras lo acarician, pero luego el animal los quiere tumbar y se les quiere montar. Por eso se les dice que no lo deben de tocar” (ENT01-FJM).



**Figura 15.** Comportamientos identificados por los entrevistados durante los avistamientos de manatíes, según su localidad. (UG = Úrsulo Galván, LG = Laguna Guerrero)

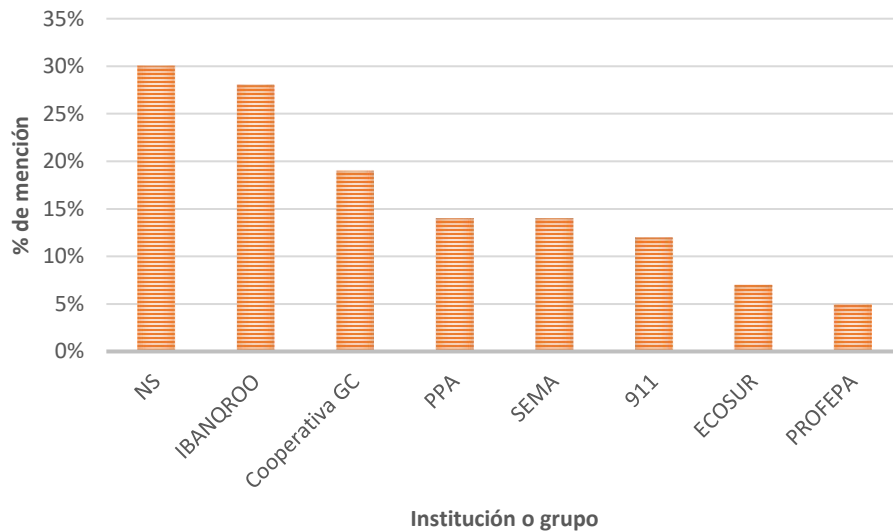
De acuerdo con la sección del cuestionario sobre el estado poblacional actual del manatí en comparación con el de hace 10 años, el 42% señaló que su presencia ha disminuido, mientras que solo un encuestado indicó lo contrario (2%). El 18% considera que no ha cambiado y el porcentaje restante (38%) desconoce sobre la situación. Un par de campesinos comentaron: “antes era común ver manatíes en las tardes... desde que volví hace 5 años únicamente he visto a Daniel” (ENT32-JEG); “En mi niñez, adolescencia y adultez tuve muchos avistamientos de ejemplares, ahora que regreso me gusta pescar para comer, pero es triste que ya en la laguna no se pueden observar tantos como antes. Ha habido muchas muertes” (ENT46-MCS).

Según reportan los pobladores, la laguna no es un lugar donde se realice o se haya realizado varios años atrás la caza de manatíes, “Las personas que hemos vivido aquí en LG y UG nunca hemos cazado” (ENT46-MCS); “Antes se escuchaba que los cazaban... hace como 30 o 35 años” (ENT29-OV); Hace como 20 años los mataban para arrancarles los colmillos” (ENT22-IC). El 98% de las personas aseguran que en la actualidad no se practica la caza de manatíes en la zona, y el 77% comenta que anteriormente tampoco.

En general, la mayoría de los testimonios sobre las prácticas de caza en años anteriores resultan ser más un saber a voces, que un saber propio. De igual manera, ocurre muy de vez en cuando que algún pescador o poblador se encuentre a un manatí muerto. El 49% reportan haber encontrado manatíes muertos a lo largo de la laguna al menos una vez en su vida. Entre estos,



solo un 9% dijo encontrar de 2 a 3 individuos al año, y un 7% una vez al año. Consecuentemente, se les preguntó acerca de cómo procede la comunidad frente a este tipo de situaciones, contestando únicamente el 70% de los entrevistados con los nombres de las instituciones y/o grupos a los cuales acudir en estos casos (Figura 16).



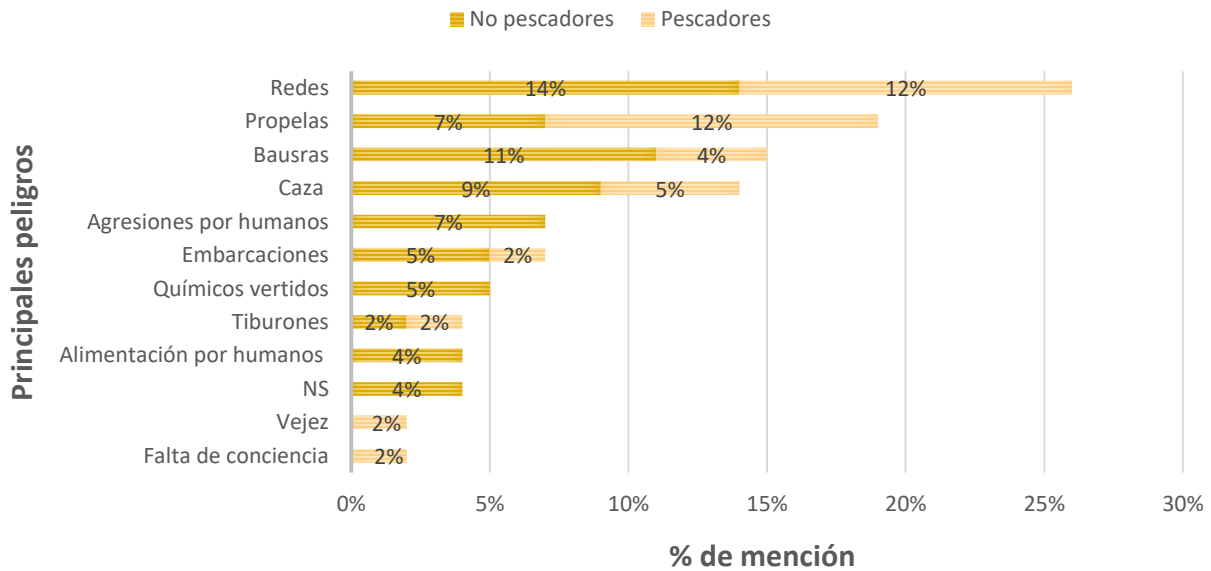
**Figura 16.** Nombre de las instituciones mencionadas por los pobladores según consideren como alternativa en caso de encontrar un manatí muerto. (La policía: 911; El Colegio de la frontera Sur: ECOSUR; Instituto de Biodiversidad y Áreas protegidas de Quintana Roo: IBANQROO; Los guardianes comunitarios: Cooperativa GC; Procuraduría de protección al ambiente: PPA; Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo: SEMA; Procuraduría Federal de Protección al Ambiente: PROFEPA; No se: NS).

#### 4.4 Conservación y percepción del manatí.

Gracias a que la Laguna Guerrero hace parte del Santuario del Manatí, no es un lugar donde exista un alto flujo de embarcaciones o se lleven actividades de alto impacto ambiental. Algunos comentarios por parte de los entrevistados sobre la protección y el cuidado de la especie fueron: “la mayoría de las personas aquí son conscientes de que hay que cuidarlos y se toman las precauciones a la hora de pescar o ir en lancha” (ENT01-FJM), “La misma comunidad es consciente de lo que no se debería hacer, como por ejemplo no usar motores grandes en las lanchas, no pescar con atarraya, y así” (ENT46-MCS), “toda la gente, todos estamos informados de que hay que proteger al manatí”. (ENT32-JEG). “Aquí no te dejan tener redes. Los motores

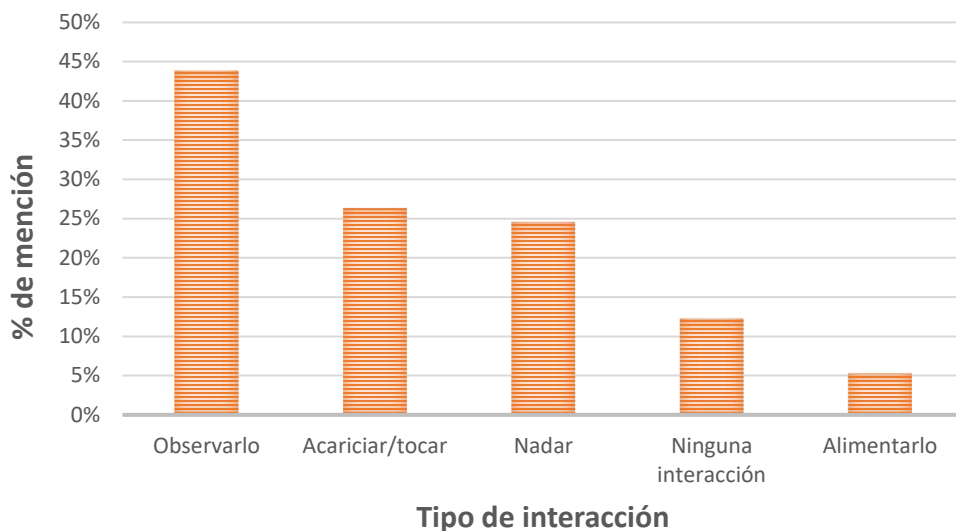
cerca de la reserva deben ser pequeños” “no los debemos tocar o tener contacto con ellos” (ENT08-NC).

Entre los principales peligros para el manatí, los motores o propelas de las embarcaciones (21%), redes de pesca (26%), la caza (14%), las basuras o residuos sólidos (14%) y agresiones humanas sin algún motivo (7%), fueron los que se mencionaron con mayor frecuencia entre los entrevistados (Figura 17).



**Figura 17.** Porcentaje de mención respecto a los principales peligros con los que cuenta el manatí del Gran Caribe de acuerdo con la información de los entrevistados, discriminando la respuesta de los pescadores.

Los pobladores de los ejidos de Laguna Guerrero y Úrsulo Garván han contado con la presencia de Daniel en la laguna durante casi 20 años, un manatí que permanece la mayoría del tiempo en la Laguna Guerrero, acostumbrado al contacto humano y a ser alimentado por este. Así, es como han tenido la oportunidad conocer más sobre la especie y empezado a preocuparse por ella. La totalidad de los entrevistados han escuchado hablar de “Daniel, el manatí”, aunque solo el 88% ha tenido algún tipo de interacción con él (Figura. 18). El 96% piensa que el manatí podría servir como un atractivo turístico, y el 65% considera que en el ejido de Laguna Guerrero ya existe turismo enfocado en el manatí.



**Figura 18.** Tipo de interacción que han tenido los pobladores entrevistados con Daniel. (Representación en porcentajes: Nadar 25%; Acariciar/tocar 26%; Alimentarlo 5%; Observarlo 25%; Ninguna interacción 12%).

El 91% de los entrevistados consideran necesario proteger al manatí, ya sea, por ser una especie que se encuentra en peligro de extinción (33%), por representar un valor cultural y económico al contribuir con el turismo en la zona (81%), al igual que un valor ecológico (16%) o promover la educación ambiental (4%). Aclaran que, aunque existan normas que protegen al manatí, de vez en cuando llegan turistas, gente extranjera o la misma gente de la comunidad, que no conoce las normativas o las ignora buscando algún beneficio propio. En consecuencia, nace en el 2021 el grupo de los “guardianes comunitarios” conformado por diferentes pobladores del ejido de Úrsulo Galván, quienes “cada uno con su moto o lancha realiza vigilancias en la zona” (ENT50-NC). Uno de los entrevistados quien hace parte de este grupo comentó: “Hacemos recorridos de vigilancia para que no lleguen personas de otros lados a cazarlos. Nosotros protegemos todo lo que es de la reserva. Las normas que hay de controlar la pesca furtiva, la cacería, el saqueo de orquídeas, extracción de aves o animales y la tala de manglares y otras maderas que están prohibido talarlas” (ENT22-IC).

Las personas que reconocen un valor cultural en el manatí, lo hacen esencialmente por el turismo que atrae el mismo Daniel. Pese a que comúnmente los manatíes prefieren evitar que mostrarse ante el ser humano, Daniel es la excepción debida su crianza durante tantos años en cautiverio, lo que lo hace permanecer en la laguna y acudir a su llamado desde el CARMA a pesar de estar en libertad. “necesitamos tenerlo porque mucho turista viene a visitarlo (ENT07-JC); “cuando vienen a ver a Daniel sirve como fuente de ingresos” (ENT08-NC). El turismo parece ser una forma de sustento económico local importante, aunque no se encuentra muy desarrollado en estas

comunidades: “no hay servicios como tal”. Se realizan tours en la laguna, pero no hay actividades que complementen e inciten la llegada de los turistas. (ENT19-DG) “Son pocos los que vienen a ver el manatí. Falta más información a la gente, mayormente turismo local.” (ENT24-EC). Sin embargo, aunque varios quisieran que se promovieran más el turismo, otros pocos expresan su preocupación frente al incremento en estas dinámicas: “Hace 5-6 años gente local de Chetumal venía para escapar de su rutina a este lugar. Ahora ya están construyendo más cosas, el precio está subiendo. Extranjeros están comprando porque quieren un ambiente natural pero también quieren negocio” (ENT38-SC); “Hay personas que han llegado de otros lados que solo buscan generar plata y construyen en la orilla de la laguna y la van contaminando. Como tienen plata no les dicen nada, o pagan la penalización” (ENT21-TR). Mucha de la belleza de laguna guerrero y su atractivo ante el extranjero radica en que todavía mucho del ecosistema no se ha visto afectado por el turismo, los bajos flujos de personas, de basuras y de embarcaciones mantienen la esencia de lo natural aun en este lugar.

## 5 *Discusión*

### 5.1 *Presencia de manatíes*

#### 5.1.1 *Áreas de mayor uso (según el conocimiento local del manatí)*

Los manatíes visitan Laguna Guerrero en las diferentes épocas del año recorriendo sus aguas casi en su totalidad, siendo posible observarlos desde “cualquier orilla” según lo reportado en las entrevistas. El CARMA y Raudales, lugares dentro del área de estudio, se reportan como sitios donde es más probable hacer observaciones de manatíes en la laguna. Algunos solo tuvieron en cuenta a Daniel como referencia al momento de responder, y es que ambos lugares son predilectos por Daniel, el manatí, principalmente debido a factores antrópicos (el CARMA, por ser un lugar donde se le brinda alimentación con regularidad, y el Raudales, por el bullicio generado por la aglomeración de personas). Teniendo en cuenta que los manatíes se movilizan más allá de las instalaciones del CARMA llegando hasta el extremo sur de la laguna, es posible considerar una mayor presencia de afloramientos de agua dulce en esa zona. Del mismo modo, la zona de Raudales consiste en un río que conecta desde la laguna Chile Verde con Laguna Guerrero.

Los canales que conectan Laguna Guerrero con la bahía, así como el área donde empieza la bahía, conocida coloquialmente como “La barra” o “La bocana”, fueron también reportados como áreas de mayor probabilidad de avistamiento por la mayoría de pescadores y guardianes comunitarios (que a su vez desempeñan labores de guías turísticos en la laguna), tal como se ha

reportado en la literatura (Morales-Vela y Medrano-González, 1999; Castelblanco-Martínez, 2010; Olivera-Gómez y Mellink, 2002).

En las entrevistas se reporta mayor frecuencia de avistamiento de manatíes durante la época seca (18%), coincidiendo con estudios previos donde se reportan más avistamientos en esta época debido a que la disminución del agua provoca la concentración de manatíes en áreas cercanas a fuentes de agua dulce (Auil, 2004; Castelblanco-Martínez et al, 2005). No obstante, esta información no concuerda con las observaciones registradas en este estudio (desde el punto fijo del CARMA) a lo largo del año 2022, donde se muestra un mayor número de observaciones de individuos en época de lluvia.

Esto se puede deber a diferentes factores. Por un lado, es posible que exista un sesgo en las entrevistas al no considerar exclusivamente personas que frecuentaran con mayor regularidad la laguna (como los pescadores), puesto que en época secas también es cuando resulta más atractiva la laguna para llevar a cabo actividades recreativas. También, es preciso tener en cuenta que durante el desarrollo de este estudio se encontraba en rehabilitación una cría de manatí de nombre Pompeyo en corral (construido varios años atrás para apoyar en la rehabilitación del manatí Daniel) localizado debajo del muelle que hace parte de las instalaciones del CARMA. Pompeyo fue hallado un 6 de agosto de 2021 por personas locales e la comunidad de Huay-Pix (a 15 km al oeste de Chetumal, Quintana Roo) y reportado a la Red de Varamientos para la Atención de Mamíferos Marinos del Estado de Quintana Roo (RVMMQR) quienes después de confirmar la ausencia de la madre durante 24 h fue capturado y trasladado al CARMA en Laguna Guerrero (Castelblanco-Martínez et al., 2021). En ese sentido, la presencia de Pompeyo pudo estar llamando la atención de otros manatíes en la laguna mediante el sonido de vocalizaciones.

Ningún avistamiento fue registrado mediante el uso del SBL (siendo la mayoría observaciones realizadas desde las instalaciones del CARMA) probablemente debido a que el SBL como método para detección de manatíes es mucho más eficaz en cuerpos de agua angostos, como ocurre en Gonzalez-Socoloske et al. (2009), Arévalo-González et al. (2014), Corona-Figueroa et al. (2021), Causil-Velasco et al. (2022). El ancho de la laguna es mucho más amplio que el de un río, dándole más libertad de movimiento a los animales para escapar al sentir la embarcación acercándose.

### 5.1.2 Estacionalidad (según el conocimiento local y los avistamientos)

En lo que respecta a los grupos de manatíes, las observaciones desde el punto fijo dieron cuenta de un incremento en las observaciones al finalizar la época de lluvias y a inicios de época de nortes coincidiendo con algunas de las respuestas obtenidas en las entrevistas, donde un 14% de los pobladores (referente a personas que frecuentan a menudo la laguna) señalan la época de nortes como mejor época de avistamiento de grupos de manatíes, afirmando buscar la laguna con intenciones de apareamiento.

Lo anterior concuerda con lo publicado por Morales-Vela y Padilla-Saldivar, 2009, donde se menciona que los manatíes llegan a agruparse principalmente con fines reproductivos, dando cuenta de la relevancia de esta laguna para la reproducción de la especie. De igual manera, estudios previos han reportado un aumento considerable en el número de manatíes en la entrada del sistema lagunar guerrerero en época de nortes (Axis-Arroyo et al, 1998), probablemente gracias a que los vientos alcanzan las más altas intensidades al igual que aumenta las dinámicas del oleaje en la bahía (Olivera-Gomez, 2002), haciendo de Laguna Guerrero en un lugar de resguardo para manatíes y refugio para sus crías durante las épocas frías. Coincidiendo con las observaciones de madres con cría donde un 63% de sus registros se realizaron en época de lluvias.

Los datos en este estudio no son suficientes para determinar una estacionalidad entre los avistamientos. Se recomienda realizar un esfuerzo de muestreo que cubra las diferentes épocas del año, de ser posible que se puedan realizar comparaciones entre años para evaluar patrones estacionales, y también expandir el área de estudio para incluir los canales del sistema lagunar guerrerero los cuales conectan con la bahía.

## *5.2 Caracterización de la laguna*

### *5.2.1 Parámetros fisicoquímicos*

Las temperaturas registradas en este estudio (época de lluvias y nortes) dan cuenta de las temperaturas relativamente cálidas que se presentan en la laguna durante estas épocas frías. No obstante, aunque en Quintana Roo la distribución de manatíes no se ve afectada directamente por la temperatura del agua, los cambios abruptos en los vientos si influyen en su desplazamiento (Axis arroyo et al. 1998), tendiendo a buscar lugares como Laguna Guerrero donde se puedan resguardar del viento y del oleaje. Los valores de transparencia, conductividad y los relativamente bajos de profundidad son similares a los registrados en áreas específicas de la región que los manatíes utilizan eventualmente (Corona-Figueroa, 2019).

### *5.2.2 Características del fondo*

Aunque al momento de clasificar el tipo de fondo se tuvo en cuenta la vegetación, en su mayoría se encontraba dispuesta sobre un sustrato limoso. Este tipo de fondo blando se puede encontrar en grandes extensiones de la bahía de Chetumal (Castelblanco-Martínez, 2010), reportado como el tipo de suelo donde suelen descansar los manatíes en hondonada (Bacchus et al. 2009).

Las especies de algas *Bathophora* sp. y de *Chara* sp., abundantes en Laguna Guerrero, son especies ampliamente distribuidas en la Bahía de Chetumal. Y, pese a que los pastos parecen ser el principal alimento de la dieta del manatí del Caribe (Castelblanco-Martínez, 2010; Garcés-Cuartas et al., 2020), estas macroalgas se reportan como recurso alimenticio potencial para los manatíes (Castelblanco-Martínez et al., 2009; Árevalo-González, 2020), con *Bathophora* sp. en específico mostrando un importante potencial nutricional por sus aportes proteicos (Árevalo-González, 2020).

En este estudio la vegetación dispersa y la vegetación densa se encuentran presentes a lo largo de la laguna, evidenciando la basta disponibilidad de alimento que conserva. Es importante resaltar que durante el trabajo de campo se observó como parte de vegetación de orilla a la especie *Rhizophora mangle*, la cual no se tuvo en cuenta para la clasificación de este estudio. Sin embargo, estudios en la BCh han reportado esta especie como parte de la dieta de los manatíes que habitan la zona (Castelblanco et al. 2009; Flores-Casante et al., 2013).

Pocos pobladores mencionaron la presencia de “pozas” en la laguna, refiriéndose a estas como áreas donde es más probable el avistamiento de manatíes debido a que son lugares donde se suelen alimentar o descansar. Estas “pozas” consisten en depresiones o hundimientos que se forman en el fondo de la laguna consideradas como un elemento del hábitat del manatí en zonas costeras y bahías del caribe, tendiendo a ser lugares de descanso para los manatíes aumentando la probabilidad de ocurrencia de la especie (Morales Vela et al. 2000, Bacchus et al. 2009), coincidiendo con lo mencionado por los pobladores. Este tipo de hundimientos se han encontrado en diferentes partes de la Bahía de Chetumal donde se especula que son más propensos a generarse gracias a la presencia de aguas someras y fondos blandos (Castelbalnco-Martínez et al., 2013).

Lo anterior sumado a la presencia de pastos densos en el fondo, sustratos blandos y afloramientos de agua dulce y la baja afluencia de embarcaciones en la zona hacen de Laguna Guerrero un hábitat con condiciones apropiadas de refugio, alimento y descanso para la especie. Condiciones del área que se evidencian en otros estudios (Morales-Vela y Olivera-Gómez 1997; Morales-Vela et al. 2000; Olivera-Gómez y Mellink 2005; Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014).

### 5.3 Percepción y etnoconocimiento

Los entrevistados que parecen estar más familiarizados con la especie fueron los pescadores (la mayoría de ellos desempeñan también labores campesinas), al igual que el grupo de pobladores que conforman la cooperativa: “Guardianes Comunitarios”, pescadores y/o campesinos que desarrollan actividades de vigilancia y monitoreo en la laguna y sus alrededores para su cuidado y protección. En adición a las labores de turismo que algunos desempeñan, estas actividades les demandan su movilización no solo por la laguna sino también por los canales del sistema de

Guerrero, permitiéndoles un mejor acercamiento con la especie y sus dinámicas al adentrarse más en su área de distribución.

El otro porcentaje de entrevistados que no frecuentan tan seguido la laguna cuentan con un conocimiento ecológico muy limitado del manatí. A pesar de esto, la comunidad parece preocuparse bastante por la protección de la especie probablemente gracias a la cercanía que han tenido con Daniel, el manatí, y al estar familiarizados con los procesos de rehabilitación que se llevan en la laguna y a la cercanía que han tenido con Daniel y al llevar a cabo procesos de rehabilitación en el CARMA. No obstante, aunque un 70% de los entrevistados han escuchado de la cría, Pompeyo, solo un tercio tenía presente que se encontraba en el CARMA con el fin de ser rehabilitado (varios entrevistados no se encontraban muy seguros de esta información). Esto debido a que solo 12 de los entrevistados afirmaron informarse directamente por charlas que se realizaron a la comunidad mientras que los otros 19 comentaron haber escuchado la información de “otras personas”, dando cuenta del bajo porcentaje de pobladores que consiguen informarse bien de una fuente confiable sobre este tipo de dinámicas que se llevan en la zona. Lo anterior sugiere la necesidad de reforzar la falta de los medios de comunicación que yacen entre las entidades gubernamentales y la comunidad.

Es evidente que la presencia de Daniel le ha permitido a la comunidad acercarse más a la especie y preocuparse por su cuidado, sin embargo, las entrevistas también dieron cuenta de una percepción errónea que se ha generado sobre la dieta natural de estos animales en algunos pobladores, debido a la alimentación artificial que lleva Daniel actualmente en el CARMA, donde se le suministran regularmente alimentos como repollo y zanahoria y papa, (alimentos que normalmente no se encuentran disponibles en su hábitat natural), coincidiendo con algunas de las respuestas de las entrevistas. Adicionalmente, este tipo de prácticas transmite la idea de que “está bien alimentar a los manatíes” lo que resulta contraproducente para lograr conservar y llevar un manejo adecuado de la especie. Así, resulta necesario educar a la comunidad sobre el trato correcto que se debe tener con estos animales, más aún teniendo un caso tan cercano como el de Daniel que refleja directamente un cuidado inadecuado con la especie.

La caza de manatíes parece no representar una amenaza para la especie en esta área, ya que no es una actividad que se practique actualmente, ni en años anteriores, posiblemente gracias a la legislación de conservación de la especie y los programas de manejo de la reserva estatal Santuario del Manatí (SEMANART, 2020). La mayoría de entrevistados consideran necesaria la protección del manatí y dicen estar informados sobre las precauciones que se deben tener en la laguna para proteger a la especie gracias a las charlas de concientización que se han llevado cabo. Reconocen como principales limitaciones el uso de “atarrayas”, redes grandes de pesca que pueden ocasionar que los manatíes se enreden impidiendo su regreso a la superficie para respirar, y motores grandes o de propela en las embarcaciones. Siendo estas de las amenazas actuales más significativas para el manatí reportadas para los diferentes estados de México donde habita la especie (SEMANART, 2020).



A pesar de los cuidados para la protección del manatí, casi la mitad de los entrevistados reportan haber encontrado o escuchado de hallazgos de manatíes muertos en la laguna por lo menos una vez al año. Conocen algunas instituciones a donde reportar los casos, sin embargo, algunos mencionan preferir evitar realizar esta acción por temor a ser señalados como posibles culpables. Por otro lado, cuando si se han reportado los hallazgos, dicen desconocer las causas en la mayoría de los casos puesto que, después de hacer el reporte de la situación, se los llevan y no vuelven a saber nada.

En ese sentido, se sugiere implementar estrategias o protocolos alternos que brinden seguridad a las personas para realizar este tipo de actividades, puesto que el reporte de estos casos resulta indispensable para poder llevar a cabo el monitoreo de la mortalidad de los manatíes, que es necesario para estructurar planes de acción para la conservación de esta especie en peligro.

Tanto en LG como en UG se evidencia una conciencia ecológica hacia la protección del manatí en vista de que un pequeño porcentaje de personas (14%) le asignaron un valor ecológico al momento de justificar la importancia de la especie, resaltando su importancia para el ecosistema. Este porcentaje por más pequeño que sea demuestra los frutos frente a la implementación de programas con componentes de educación ambiental como el que se lleva de manera permanente en el CARMA, donde se llevan a cabo charlas y visitas guiadas dirigidas al público en general, dirigidas por el personal del Instituto de Biodiversidad y Áreas Naturales de Quintana Roo (IBANQROO), y dinámicas como la organización, capacitación y acreditación de grupos de pobladores para la conformación de guarda parques comunitarios, así como la formalización de un grupo de guardianes comunitarios, con lo que se busca un empoderamiento de la misma comunidad para trabajar unida por la protección del bien estar de su territorio.

El 82% reconoce en la especie un valor turístico, siendo la presencia de Daniel como un factor crucial y la principal razón por la que la mayoría de entrevistados considera importante su protección y conservación, pues, el turismo es la principal actividad económica de la zona. Sin embargo, el desarrollo del turismo en la zona enfrenta desafíos significativos, como la falta de infraestructura y actividades complementarias para atraer más visitantes. Existe un debate entre promover más el turismo para estimular la economía local y conservar la autenticidad natural del ecosistema. La gestión sostenible del turismo es crucial para mantener el equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación ambiental en Laguna Guerrero, preservando así su belleza natural y atrayendo visitantes de manera responsable.

## 6 Conclusiones:

La distribución del manatí del Gran Caribe en Laguna Guerrero va desde donde inician los canales en el extremo norte hasta el extremo sur. Los lugares en la laguna donde se reporta mayor facilidad de observación de la especie son el CARMA y Raudales, sin embargo, los canales del sistema lagunar Guerrero y el área donde inicia la bahía también se reportaron como lugares

claves de avistamiento. Durante el 2022 se lograron registrar desde las instalaciones del CARMA 33 avistamientos de la especie, incluyendo animales solitarios, parejas, grupos de 3-4 individuos y madres con cría, con un mayor número de avistamientos en época de lluvias.

La laguna presenta características fisicoquímicas adecuadas para los manatíes, con temperaturas relativamente cálidas durante la temporada de lluvias y nortes. Cuenta con aguas someras, afluentes de agua dulce, disponibilidad de alimento (amplia distribución de parches de vegetación) y un suelo principalmente limoso que permite en algunas zonas la formación de depresiones, “pozas”, en el fondo; proporcionando condiciones apropiadas de refugio, alimento y descanso para la especie.

En general, la comunidad reconoce la importancia de la especie, sus principales amenazas y algunos de los cuidados necesarios para su protección, en especial los pescadores y miembros de la cooperativa de guardianes comunitarios, quienes muestran un mayor conocimiento sobre la especie y su hábitat. Más ampliamente se reconoce en el manatí un alto valor turístico para la economía local, siendo la presencia de Daniel un factor crucial en su importancia. Sin embargo, es necesario seguir implementando programas de educación ambiental donde se enfatice la distinción entre los cuidados de un manatí en rehabilitación y los manatíes silvestres, y pueda mejorar la comprensión y la participación de la comunidad en la conservación.

La caza de manatíes parece no representar una amenaza en el área, gracias a las políticas de conservación y programas de manejo en la reserva. No obstante, los desafíos incluyen el reporte de manatíes muertos y la falta de seguridad y seguimiento adecuado para estos casos. Se recomienda establecer protocolos claros y seguros para el reporte de incidentes.

## 7 Bibliografía

Árevalo-González, G. K. (2020). Aspectos de la ecología y fisiología alimentaria de manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*). Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México.

Auil, N.E. (2004) Abundance and distribution trends of the West Indian manatee in the coastal zone of Belize: implications for conservation. MSc thesis. Texas A&M University, College Station, USA.

Axis-Arroyo, J., Morales-Vela, B., Torruco-Gomez, D., & Vega-Cendejas, M. E. (1998). Factors associated with habitat use by the Caribbean manatee (*Trichechus manatus*), in Quintana Roo, Mexico (Mammalia). *Revista de Biología Tropical* 46:791-803.

Bacchus, M-LC., Dunbar, S. G., & Self-Sullivan, C. (2009). Characterization of resting holes and their use by the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Drowned Cayes, Belize. *Aquatic Mammals*, 35, 62-71.

Bermúdez, A. L., Castellblanco, D. N., & Trujillo, F. (2004). Patrones de presencia y uso diferencial del hábitat de *Trichechus manatus manatus* en el Río Orinoco dentro de la zona de influencia de Puerto Carreño, Vichada. En M. Diazgranados & F. Trujillo (Eds.), *Estudios de fauna silvestre en ecosistemas acuáticos en la Orinoquia Colombiana* (pp. 133-158). Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo, Departamento de Ecología y desarrollo, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Cáliz de Dios, H. (2014). Vegetación de humedales en áreas de turismo de aventura en la zona Maya de México [Wetland vegetation in areas of adventure tourism in the Mayan zone of Mexico]. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 4, 88-103.

Carrillo, L., Palacios-Hernández, E., Ramírez, A. M., & Morales-Vela, B. (2009). Características hidrometeorológicas y batimétricas. Pp. 12-20. En: Espinoza-Avalos J, Islebe G, Hernández-Arana H (Eds.). El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo, México.

Castelblanco-Martínez, D. N., Gómez, I., & Bermúdez, A. (2005). Ecología y conservación del manatí antillano *Trichechus manatus manatus* en la zona comprendida entre Puerto Carreño, Colombia y Puerto Ayacucho, Venezuela. *Sirenian International*, 44.

Castelblanco-Martínez, D. N., Bermúdez, A., Gómez, I., Weber, F., Trujillo, F., & Zerda, E. (2007). Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the vulnerable Antillean manatee in the Orinoco river, Colombia. *Fauna & Flora International, Oryx*, 43(2), 235–242.

Castelblanco-Martínez, D. N., et al. (2009). Diet of manatees *Trichechus manatus manatus* in Chetumal Bay, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 7(1-2), 39-46.

Castelblanco-Martínez, D. N. (2010). Ecología, comportamiento y uso de hábitat de manatíes en la Bahía de Chetumal. Tesis de Doctorado, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.

Castelblanco-Martínez, D. N., Barba, E., Schmitter-Soto, J. J., Hernández-Arana, H. A., & Morales-Vela, B. (2012). The trophic role of the endangered Caribbean manatee *Trichechus manatus* in an estuary with low abundance of seagrass. *Estuaries and Coasts*, 35(1), 60–77. <https://doi.org/10.1007/s12237-011-9420-8>

Castelblanco-Martínez, D. N., dos Reis, V., & de Thoisy, B. (2018). How to detect an elusive aquatic mammal in complex environments? A study of the Endangered Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in French Guiana. *Oryx*, 52(2), 382–392. <https://doi.org/10.1017/S0030605316000922>

Castelblanco-Martínez, D. N., Sanchez-Okrucky, R., Padilla-Saldívar, J. A., Niño-Torres, C. A.,

Garcés-Cuartas, N., Pérez-Flores, J. S., . . . Ku-Chan, N. D. (2021). Pompeyo: a manatee calf rescued in Laguna Milagros, Quintana Roo, Mexico. *Sirenews*, 74, 35-38

Castelblanco-Martínez, D. N., Padilla-Saldívar, J. A., Sánchez-Okrucky, R., Corona-Figueroa, M. F., Garcés-Cuartas, N., Lara-Sánchez, L. E., & García-Rosado, S. (2023). The wildlife: New challenges for Pompeyo, the manatee. *Sirenews*(78), 22-26.

Causil-Velasco, Y., Arèvalo-Gonzalez, K., Rosso-Londoño, M., & Parra Velandia, F. (2022). Distribución, oferta alimentaria y presiones de uso del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en la cuenca baja del río Suriquí (Antioquia, Colombia) [Trabajo de grado profesional, Universidad de Antioquia]. Turbo, Colombia.

Colmenero, L. C., & Hoz, M. E. (1986). Distribución de los Manatíes, situación y su conservación en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 56(3), 955-102.

Colmenero, L. C., & Zarate, B. E. (1990). Distribution, status and conservation of the West-Indian manatee in Quintana-Roo, Mexico. *Biological Conservation*, 52, 27-35.

Corona-Figueroa, M. F. (2019). Análisis de los factores eco-hidrológicos y su afectación en el hábitat y distribución del manatí (Sirenia: *Trichechus manatus manatus*, L.) en el Río Hondo, Quintana Roo, México CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Corona-Figueroa, M., Rios, N., Castelblanco-Martinez, D., Vilchez-Mendoza, S., Delgado-Rodriguez, D., & Niño-Torres, C. (2021). Searching for manatees in the dark Waters of a transboundary river between Mexico and Belize: A predictive distribution model. *Aquatic Ecology*, 55, 59-74

Daniel-Rentería, I., Serrano, A., & Sánchez-Rojas, G. (2010). El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. *Cuadernos de Biodiversidad*, 33, 16-23.

Domning, D. P., & Bufrenil, V. (1991). Hydrostasis in Sirenia: quantitative data and functional interpretations. *Marine Mammal Science*, 7(4), 331-368.

Domning, D., & Hayek, L. C. (1986). Interspecific and intraspecific morphological variation in manatees (Sirenia: *Trichechus*). *Marine Mammal Science*, 2, 87-144.

Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G. A., & Hernández-Arana, H. A. (2009). El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal, costa occidental del mar Caribe. Chetumal, Mexico: El Colegio de la Frontera Sur.

Flores-Cascante, L., Morales-Vela, B., Castelblanco-Martínez, N., Padilla-Saldívar, J., & Auil, N. (2013). Elementos de la dieta del manatí *Trichechus manatus manatus* en tres sitios importantes para la especie en México y Belice. *Revista de Mar y Costa*, 5, 25-36.

- Garces-Cuartas, N. (2020). Ecología trófica del manatí del Caribe: una herramienta de conservación para ecosistemas estratégicos en el Caribe Mexicano. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo.
- Gómez, I. (2004). Aspectos alimentarios de *Trichechus manatus manatus* en época de aguas altas, en la zona de influencia Puerto Carreño, Vichada, Colombia. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, 90 p.
- Gonzalez-Socoloske, D., Olivera-Gómez, L. D., & Ford, R. E. (2009). Detection of free ranging West Indian manatees *Trichechus manatus* using side-scan sonar. *Endangered Species Research*, 8(3), 249-257.
- Hartman, D. S. (1979). Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. *American Society of Mammalogists*, 5, 153.
- Hood, G. A., & Larson, D. G. (2015). Ecological engineering and aquatic connectivity: A new perspective from beaver-modified wetlands. *Freshwater Biology*, 60, 198-208.
- Jiménez-Domínguez, D., & Olivera-Gómez, L. (2014). Características del hábitat del Manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en sistemas fluviolagunares del sur del Golfo de México. *Therya*, 5(2), 601-614. <https://doi.org/10.12933/therya-14-205>
- Lefebvre, L. W., Marmontel, M., Reid, J. P., Rathbun, G. B., & Domning, D. P. (2001). Distribution, status, and biogeography of the West Indian Manatee. En C. A. Woods & F. E. Sergile (Eds.), *Biogeography of the West Indies: Patterns and Perspectives* (2nd ed., pp. 425-474). CRC Press.
- Martínez-Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Ciência & Saúde Coletiva* 17(3):613-619.
- Mignucci-Giannoni, A. A., González-Socoloske, D., Aquarium, C., Aquino, J., Caicedo-Herrera, D., Castelblanco-Martínez, D. N., ... & Silva, C. J. (2024). What's in a Name? Standardization of Vernacular Names for *Trichechus manatus*. *Caribbean Naturalist*, (98), 1-17.
- Morales-Vela, B., & Olivera-Gómez, L. D. (1994). Mamíferos acuáticos y su protección en la zona fronteriza México-Belice. En B. Suárez-Morales (Ed.), *Estudio Integral de la Frontera México-Belice: Recursos naturales* (pp. 197-211). CIQRO.
- Morales-Vela, B., & Olivera-Gómez, L. D. (1997). Distribución del Manatí (*Trichechus manatus*) en la costa norte y centro-norte del estado de Quintana Roo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 68, 153-167.
- Morales-Vela, J. B., & Medrano-González, L. (1999). Variación genética del manatí (*Trichechus manatus*) en el sureste de México y monitoreo con radio-transmisores en Quintana Roo. Unidad Chetumal. El Colegio de la Frontera Sur. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto H164.

- Morales-Vela, B. (2000). Distribución, abundancia y uso de hábitat por el Manatí en Quintana Roo y Belice, con observaciones sobre su biología en la Bahía de Chetumal. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Morales-Vela, B., Olivera-Gómez, L. D., Reynolds, J. E., & Rathbun, G. B. (2000). Distribution and habitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, Mexico. *Biological Conservation*, 95, 67-75.
- Morales-Vela, B. & Padilla-Saldivar, J. (2009). Demografía, ecología y salud de la población de manatíes (*Trichechus manatus manatus*) en Quintana Roo, y su variación y representación genética en México. Informe Técnico Final. Proyecto SEMARNAT/CONACYT 2002- C01-1128. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo, México. 259 p.
- Newing, H. (2011). Sampling. In H. Newing (Ed.), *Conducting Research in Conservation: A Social Science Perspective* (pp. 65-82). Routledge.
- Ortega, A. (1997). Uso actual de caletas y cenotes por el Manatí del Caribe *Trichechus manatus manatus* (Linnaeus, 1758) y el impacto del turismo en Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Ortiz, R. M., Worthy, G. J., & MacKenzie, D. (1998). Osmoregulation in wild and captive West Indian Manatees (*Trichechus manatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 71, 449-457.
- Olivera-Gómez, L. D., & Mellink, E. (2002). Spatial and temporal variation in counts of the Antillean manatee (*Trichechus m. manatus*) during distribution surveys at Bahía de Chetumal, Mexico. *Aquatic Mammals*, 28, 285-293.
- Olivera-Gómez, L. D. (2002). Factores que regulan la distribución y abundancia del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el norte de la bahía de Chetumal, México. Tesis de Doctorado, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.
- Olivera, D., & Mellink, E. (2005). Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristics, in Bahía de Chetumal, México. *Biological Conservation*, 121, 127-133.
- Packard, J. M. (1984). Impact of manatees *Trichechus manatus* on seagrass communities in eastern Florida. *Acta Zoologica Fennica*, 172, 21-22.
- Self-Sullivan, C., & Mignucci-Giannoni, A. (2008). *Trichechus manatus* ssp. *manatus*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008*: e.T22105A9359161.  
<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T22105A9359161.en>
- SEMARNAT. (2010). NOM-059, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 78 p.

SEMARNAT. (2020). Programa de Acción para la Conservación de la Especie Manatí de las Antillas (*Trichechus manatus manatus*). SEMARNAT/CONANP, México.

Velázquez-Mendoza, S. C. (2018). Análisis de la distribución, uso de hábitat y conocimiento local del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en la Laguna Conil, área de protección de flora y fauna Yum Balam, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México

## ANEXOS

### Análisis de datos

#### Pruebas Friedman y post hoc para cada variable físico-química medida.

#### pH

Variación por temporadas:

Prueba de Friedman

|         | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|---------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|         |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| Lluvias | 30 | 6,0197                    | ,19825         | 5,09   | 6,22   |
| Nortes  | 30 | 8,0960                    | ,05793         | 7,99   | 8,18   |

Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |    |
|-------------------------------------|----|
| N                                   | 30 |

|              |        |
|--------------|--------|
| Chi-cuadrado | 30,000 |
| gl           | 1      |
| Sig. asin.   | <,001  |

a. Prueba de Friedman

### Variación por meses:

|            | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|------------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|            |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| Agosto     | 15 | 6,0047                    | ,06468         | 5,93   | 6,16   |
| Septiembre | 15 | 6,0347                    | ,27704         | 5,09   | 6,22   |
| Octubre    | 15 | 7,9773                    | ,07968         | 7,86   | 8,11   |
| Noviembre  | 15 | 8,0900                    | ,05503         | 8,00   | 8,18   |
| Diciembre  | 15 | 8,1020                    | ,06201         | 7,99   | 8,18   |

Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |        |
|-------------------------------------|--------|
| N                                   | 15     |
| Chi-cuadrado                        | 52,853 |
| gl                                  | 4      |
| Sig. asin.                          | <,001  |

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

|                        | Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                     |                     |                     |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                        | Septiembre - Agosto                 | Octubre - Agosto    | Noviembre - Agosto  | Diciembre - Agosto  |
| Z                      | -1,705 <sup>b</sup>                 | -3,411 <sup>b</sup> | -3,411 <sup>b</sup> | -3,411 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | ,088                                | <,001               | <,001               | <,001               |

|                        | Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                        |                        |                     |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
|                        | Octubre - Septiembre                | Noviembre - Septiembre | Diciembre - Septiembre | Noviembre - Octubre |
| Z                      | -3,411 <sup>b</sup>                 | -3,410 <sup>b</sup>    | -3,408 <sup>b</sup>    | -3,210 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001                               | <,001                  | <,001                  | ,001                |

|                        | Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                       |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                        | Diciembre - Octubre                 | Diciembre - Noviembre |
| Z                      | -3,354 <sup>b</sup>                 | -,543 <sup>b</sup>    |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001                               | ,587                  |

## Temperatura

Variación por temporadas:



|         | Estadísticos descriptivos |        |                |        |        |
|---------|---------------------------|--------|----------------|--------|--------|
|         | N                         | Media  | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| lluvias | 30                        | 31,747 | 1,1343         | 30,0   | 33,7   |
| Nortes  | 30                        | 28,347 | ,2886          | 27,9   | 29,3   |

Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |        |
|-------------------------------------|--------|
| N                                   | 30     |
| Chi-cuadrado                        | 30,000 |
| gl                                  | 1      |
| Sig. asin.                          | <,001  |

a. Prueba de Friedman

Variación por meses:

|            | Estadísticos descriptivos |        |                |        |        |        | Percentiles |
|------------|---------------------------|--------|----------------|--------|--------|--------|-------------|
|            | N                         | Media  | Desv. estándar | Mínimo | Máximo | 25     |             |
| Agosto     | 15                        | 32,027 | 1,2015         | 30,3   | 33,7   | 30,500 |             |
| Septiembre | 15                        | 31,467 | 1,0266         | 30,0   | 33,3   | 30,300 |             |
| Octubre    | 15                        | 30,993 | 1,6325         | 29,3   | 34,0   | 29,800 |             |
| Noviembre  | 15                        | 28,387 | ,2386          | 28,0   | 28,7   | 28,200 |             |
| Diciembre  | 15                        | 28,307 | ,3348          | 27,9   | 29,3   | 28,100 |             |

|            | Estadísticos descriptivos |        |
|------------|---------------------------|--------|
|            | Percentiles               |        |
|            | 50 (Mediana)              | 75     |
| Agosto     | 32,000                    | 32,900 |
| Septiembre | 31,400                    | 32,500 |
| Octubre    | 30,000                    | 32,600 |
| Noviembre  | 28,400                    | 28,600 |
| Diciembre  | 28,200                    | 28,400 |

Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |        |
|-------------------------------------|--------|
| N                                   | 15     |
| Chi-cuadrado                        | 48,215 |
| gl                                  | 4      |
| Sig. asin.                          | <,001  |

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

|                        | Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                     |                     |                     |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                        | Septiembre - Agosto                 | Octubre - Agosto    | Noviembre - Agosto  | Diciembre - Agosto  |
| Z                      | -1,476 <sup>b</sup>                 | -2,105 <sup>b</sup> | -3,412 <sup>b</sup> | -3,408 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | ,140                                | ,035                | <,001               | <,001               |

|                        | Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                        |                        |                     |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
|                        | Octubre - Septiembre                | Noviembre - Septiembre | Diciembre - Septiembre | Noviembre - Octubre |
| Z                      | -1,734 <sup>b</sup>                 | -3,408 <sup>b</sup>    | -3,409 <sup>b</sup>    | -3,411 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | ,083                                | <,001                  | <,001                  | <,001               |

|                        | Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                       |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                        | Diciembre - Octubre                 | Diciembre - Noviembre |
| Z                      | -3,410 <sup>b</sup>                 | -1,418 <sup>b</sup>   |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001                               | ,156                  |

## Conductividad

### Variación por temporadas:

|         | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|---------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|         |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| lluvias | 30 | 7449,40                   | 1532,428       | 4000   | 9930   |
| nortes  | 30 | 5657,33                   | 565,941        | 4380   | 6830   |

### Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |        |
|-------------------------------------|--------|
| N                                   | 30     |
| Chi-cuadrado                        | 21,552 |
| gl                                  | 1      |
| Sig. asin.                          | <,001  |

a. Prueba de Friedman

### Variación por meses:

|            | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        | Percentiles |
|------------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|-------------|
|            |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo | 25          |
| Agosto     | 15 | 8169,47                   | 2112,810       | 1032   | 9930   | 7840,00     |
| Septiembre | 15 | 6196,00                   | 961,471        | 4000   | 7610   | 5280,00     |
| Octubre    | 15 | 4730,00                   | 381,744        | 4050   | 5380   | 4540,00     |
| Noviembre  | 15 | 5454,00                   | 505,849        | 4380   | 6350   | 5190,00     |
| Diciembre  | 15 | 5860,67                   | 564,781        | 5140   | 6830   | 5260,00     |

Estadísticos descriptivos

Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |        |
|-------------------------------------|--------|
| N                                   | 15     |
| Chi-cuadrado                        | 47,452 |
| gl                                  | 4      |
| Sig. asin.                          | <,001  |

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                     | Septiembre - Agosto | Octubre - Agosto    | Noviembre - Agosto  | Diciembre - Agosto  |
| Z                                   | -2,613 <sup>b</sup> | -3,010 <sup>b</sup> | -2,783 <sup>b</sup> | -2,613 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral)              | ,009                | ,003                | ,005                | ,009                |

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                      |                        |                        |                     |
|-------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
|                                     | Octubre - Septiembre | Noviembre - Septiembre | Diciembre - Septiembre | Noviembre - Octubre |
| Z                                   | -3,351 <sup>b</sup>  | -3,238 <sup>b</sup>    | -2,166 <sup>b</sup>    | -3,408 <sup>c</sup> |
| Sig. asin. (bilateral)              | <,001                | ,001                   | ,030                   | <,001               |

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |                     |                       |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                     | Diciembre - Octubre | Diciembre - Noviembre |
| Z                                   | -3,408 <sup>c</sup> | -3,408 <sup>c</sup>   |
| Sig. asin. (bilateral)              | <,001               | <,001                 |

## Transparencia

Variación entre temporadas:

|         | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|---------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|         |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| lluvias | 30 | 1,4317                    | ,41922         | ,67    | 2,36   |
| nortes  | 30 | 1,6610                    | ,67005         | ,63    | 3,41   |

Prueba de Friedman

| Estadísticos de prueba <sup>a</sup> |       |
|-------------------------------------|-------|
| N                                   | 30    |
| Chi-cuadrado                        | 1,200 |
| gl                                  | 1     |
| Sig. asin.                          | ,273  |

a. Prueba de Friedman

Variación entre meses:

Estadísticos descriptivos

|            | N  | Media  | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
|------------|----|--------|----------------|--------|--------|
| Agosto     | 15 | 1,6247 | ,45250         | ,76    | 2,36   |
| Septiembre | 15 | 1,2387 | ,28190         | ,67    | 1,56   |
| Octubre    | 15 | 2,6687 | 1,99166        | ,79    | 7,03   |
| Noviembre  | 15 | 1,5627 | ,53320         | ,63    | 2,55   |
| Diciembre  | 15 | 1,7593 | ,79055         | ,73    | 3,41   |

#### Prueba de Friedman

##### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|              |        |
|--------------|--------|
| N            | 15     |
| Chi-cuadrado | 17,137 |
| gl           | 4      |
| Sig. asin.   | ,002   |

a. Prueba de Friedman

#### Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

##### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|                        | Septiembre - Agosto | Diciembre - Octubre | Octubre - Agosto    | Noviembre - Septiembre |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| Z                      | -2,642 <sup>b</sup> | -1,250 <sup>b</sup> | -2,010 <sup>c</sup> | -1,960 <sup>c</sup>    |
| Sig. asin. (bilateral) | ,008                | ,211                | ,044                | ,050                   |

##### Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|                        | Noviembre - Agosto | Octubre - Noviembre | Diciembre - Noviembre |
|------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| Z                      | -,170 <sup>b</sup> | -1,533 <sup>c</sup> | -,256 <sup>c</sup>    |
| Sig. asin. (bilateral) | ,865               | ,125                | ,798                  |

## Profundidad

Variación entre temporadas:

|         | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|---------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|         |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| lluvias | 30 | 2,1667                    | 1,50146        | ,67    | 6,35   |
| nortes  | 30 | 1,9693                    | 1,39597        | ,63    | 6,21   |

Prueba de Friedman

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|              |      |
|--------------|------|
| N            | 30   |
| Chi-cuadrado | ,533 |
| gl           | 1    |
| Sig. asin.   | ,465 |

a. Prueba de Friedman

Variación entre meses:

|            | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|------------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|            |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| Agosto     | 15 | 2,2113                    | 1,60961        | ,76    | 6,35   |
| Septiembre | 15 | 2,1220                    | 1,44036        | ,67    | 5,96   |
| Octubre    | 15 | 3,1587                    | 2,79553        | ,79    | 8,31   |
| Noviembre  | 15 | 1,9333                    | 1,43466        | ,63    | 6,05   |
| Diciembre  | 15 | 2,0053                    | 1,40557        | ,73    | 6,21   |

Prueba de Friedman

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|              |       |
|--------------|-------|
| N            | 15    |
| Chi-cuadrado | 7,023 |
| gl           | 4     |
| Sig. asin.   | ,135  |

a. Prueba de Friedman

## Salinidad

Variación por temporadas

|         | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|---------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|         |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| lluvias | 30 | 3797,33                   | 832,462        | 1980   | 5200   |
| nortes  | 30 | 2827,00                   | 323,591        | 2080   | 3460   |

Prueba de Friedman

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|              |        |
|--------------|--------|
| N            | 30     |
| Chi-cuadrado | 19,200 |
| gl           | 1      |

Sig. asin. <,001

a. Prueba de Friedman

## Variación por meses

|            | N  | Estadísticos descriptivos |                |        |        |
|------------|----|---------------------------|----------------|--------|--------|
|            |    | Media                     | Desv. estándar | Mínimo | Máximo |
| Agosto     | 15 | 4475,33                   | 445,852        | 3810   | 5200   |
| Septiembre | 15 | 3119,33                   | 501,661        | 1980   | 3850   |
| Octubre    | 15 | 2366,00                   | 200,813        | 2010   | 2700   |
| Noviembre  | 15 | 2736,67                   | 260,951        | 2180   | 3190   |
| Diciembre  | 15 | 2917,33                   | 362,382        | 2080   | 3460   |

Prueba de Friedman

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|              |        |
|--------------|--------|
| N            | 15     |
| Chi-cuadrado | 53,707 |
| gl           | 4      |
| Sig. asin.   | <,001  |

a. Prueba de Friedman

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|                        | Septiembre - Agosto | Octubre - Agosto    | Noviembre - Agosto  | Diciembre - Agosto  |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Z                      | -3,408 <sup>b</sup> | -3,409 <sup>b</sup> | -3,408 <sup>b</sup> | -3,408 <sup>b</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001               | <,001               | <,001               | <,001               |

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|                        | Octubre - Septiembre | Noviembre - Septiembre | Diciembre - Septiembre | Diciembre - Noviembre |
|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Z                      | -3,351 <sup>b</sup>  | -3,239 <sup>b</sup>    | -2,926 <sup>b</sup>    | -3,155 <sup>c</sup>   |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001                | ,001                   | ,003                   | ,002                  |

Estadísticos de prueba<sup>a</sup>

|                        | Octubre - Noviembre | Diciembre - Octubre |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| Z                      | -3,408 <sup>b</sup> | -3,409 <sup>c</sup> |
| Sig. asin. (bilateral) | <,001               | <,001               |

