

**PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE INMOVILIDAD TÓNICA EN TIBURONES  
NODRIZA *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788), ASPECTOS DE  
COMPORTAMIENTO, MORFOLÓGICOS, RECEPTIVIDAD Y TOMA DE  
MEDIDAS PARA EL CORRECTO MANEJO DE LOS INDIVIDUOS ACUARIO  
MUNDO MARINO, SANTA MARTA**

**MIGUEL EDUARDO OSTEICOCHEA DÁVILA**

**Documento Final de Prácticas Profesionalizantes para optar por el título de  
Biólogo Marino**

**Profesor Monitor  
GUIOMAR AMINTA JÁUREGUI ROMERO  
Bióloga Marina MSC. Ciencias ambientales**

**Tutora  
YURI MARCELA FONSECA PIRACOCA  
Bióloga Marina**

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA  
SANTA MARTA  
2022**

## AGRADECIMIENTOS

Primero y principal, a mi familia porque sin ellos esto no habría sido posible, no solo por darme la posibilidad de estudiar la carrera de mis sueños, sino que sin ellos ni siquiera habría descubierto mi pasión por la ciencia y por el mar. Mi padre, madre y hermano siempre estuvieron ahí para apoyarme y aconsejarme en cualquier dificultad que se presentara y por eso estoy eternamente agradecido.

A mis amigos con los que viví esta increíble experiencia. Camilo, Daniel, José, Nelson, Vale y Yuly, por esos momentos en los que disfruté tanto su compañía, los chistes y molestarnos entre todos, siempre los recordaré donde sea que me encuentre. Un agradecimiento especial a Yuly por aguantarme haciendo informes, sin ti no estaría ni escribiendo esto.

A la profesora Aminta por posibilitar la realización de este trabajo al ayudarme con la comunicación con el personal del acuario, siempre he tenido una fascinación por los tiburones, y hacer esto es como un sueño cumplido. Asimismo, al personal del acuario Mundo Marino por recibirme y darme el mejor trato posible durante el transcurso de la pasantía y permitirme interactuar con los animales presentes de una manera que jamás había vivido antes. En especial quiero agradecerle a Wendy y Lorena por siempre estar pendientes de mí y enseñarme todo lo que se debía hacer y cómo hacerlo.

También un agradecimiento especial a Wendy y a Yuly por sacar de su tiempo para ayudarme con la inmovilidad y la toma de datos. El equipo tiburón no sería nada sin ustedes, no duden que si llego a necesitar gente de confianza ustedes serán mi primera opción.

Por último, agradecer a Periphery e Infrazul y a Maddie por acompañarme durante la realización de este trabajo, su música fue un motor para motivarme, seguir escribiendo y dar lo mejor de mí durante cada día.

## CONTENIDO

	pág.
<b>RESUMEN Y PALABRAS CLAVE</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1. Objetivo General .....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>13</b>
3.1. Área de Estudio.....	14
3.2. Fase de Preparación .....	15
3.3. Identificación de Individuos y Caracterización de Comportamiento .	15
3.4. Adiestramiento en Inducción de IT .....	17
3.5. Protocolo de Inducción a la IT .....	17
3.6. Morfometría.....	18
3.7. Medición de Receptividad .....	18
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>19</b>
4.1. Identificación de Individuos .....	19
4.2. Etograma General .....	26
4.3. Adiestramiento en Inducción de IT .....	42
4.4. Protocolo de Inducción a la IT .....	44
4.5. Mediciones Morfométricas Periódicas.....	48
4.6. Medidas Morfométricas Obtenidas .....	52
4.7. Medición de Receptividad .....	53
<b>5. ACTIVIDADES DE APOYO</b> .....	<b>54</b>
5.1. Alimentación.....	55
5.2. Limpieza de Ventanales del Mega Acuario .....	56
5.3. Inducción a Identificación de Tiburones .....	57
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>57</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>58</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>58</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>62</b>

## RESUMEN

La inmovilidad tónica es una respuesta fisiológica que inhibe los movimientos del organismo, fruto de distintos estímulos. Este fenómeno se puede evidenciar en múltiples grupos animales, sin embargo, los elasmobranquios se distinguen por no presentar rigidez muscular sino todo lo contrario, los músculos se relajan, esta respuesta se ha denominado “limp response”. En este trabajo se inmovilizaron 3 ejemplares de *Ginglymostoma cirratum* presentes en el Mega acuario de la Fundación Museo del Mar Acuario Mundo Marino en Santa Marta, con el fin de elaborar un protocolo para lograr inducir esta respuesta fisiológica. Se identificaron las características propias de cada individuo, se identificó que la morfología de las aletas dorsales y los lóbulos terminales varía de individuo a individuo, adicionalmente, se identificaron lesiones y marcas de desgaste que complementan la identificación de cada ejemplar. Con esta información se elaboraron fichas de identificación. Se elaboró un etograma que describe los comportamientos de los individuos estudiados, este mostró 2 niveles de comportamiento: Actividad e Inactividad. Se encontró que la inactividad es el nivel en el que se invierte mayor cantidad de tiempo, principalmente en descanso. Los periodos de actividad están determinados por el horario de alimentación dentro de Mundo marino, ya que los periodos con mayor actividad se registraron a las 16:00-17:00, horas en las que se realiza la actividad de alimentación de tiburones. Se midió la receptividad a la inmovilidad de cada individuo, el resultado fue de 100% para T1 (Manuela), 15,4% para T2 (Brenda) y 36,8% para T3 (Willyana). Se elaboró un protocolo en forma de diagrama de flujo para la correcta manipulación e inducción de inmovilidad a los tiburones. Los individuos fueron medidos bajo un protocolo de morfometría propuesto en este trabajo, este consiste en tomar medida de longitud total (LT), 4 medidas de ancho y 4 de alto para estimar el tamaño del individuo. Se encontró que todos los individuos tienen  $LT > 2,50$  m y que tienen patrones corporales distintos. El análisis entre el tamaño del tiburón y el tiempo inmovilizado muestra que, aparentemente, no hay relación entre estas dos variables, sin embargo, es posible que la habituación al contacto humano y a presencia de personas en específico pueda jugar un papel en la duración de la inmovilidad. Adicionalmente a los estudios de comportamiento e inmovilidad, se realizaron actividades de apoyo a la institución, estas fueron: alimentación, limpieza de ventanales e inducción a identificación de tiburones a los guías del acuario.

**Palabras clave:** *Ginglymostoma cirratum*, Inmovilidad Tónica, Protocolo, Comportamiento.

## ABSTRACT

Tonic immobility is a physiological response that inhibits body movements as a result of different stimuli. This phenomenon can be seen in multiple animal groups, however, elasmobranchs are unique because muscles don't become rigid but quite the opposite, the muscles relax, this response has been named "limp response". In this work, 3 specimens of *Ginglymostoma cirratum* present in the Mega Aquarium of the Fundación Museo del Mar Acuario Mundo Marino in Santa Marta were immobilized, in order to develop a protocol to induce this physiological response correctly. The characteristics of each individual were identified, it was identified that the morphology of the dorsal fins and the terminal lobes vary from individual to individual, in addition, injuries and wear marks were identified to complement the identification of each specimen. With this information, identification sheets were prepared. An ethogram that describes the behaviors of the individuals studied was developed, it showed 2 levels of behavior: Activity and Inactivity. It was found that inactivity is the level in which the greatest amount of time is spent, mainly at rest. The periods of activity are determined by the feeding schedule within Mundo Marino, since the periods with the most activity were recorded at 4:00-5:00 p.m., hours in which the shark feeding activity takes place. The receptivity of each individual was measured, the result was 100% for T1 (Manuela), 15.4% for T2 (Brenda) and 36.8% for T3 (Willyana). A protocol in the form of a flowchart was elaborated for the correct manipulation and induction of immobility in these sharks. The individuals were measured under a morphometry protocol proposed in this work, which consists of measuring total length (TL), 4 width and 4 height measurements to estimate the size of the individual. It was found that all the individuals have  $TL > 2.50$  m and that they have different body patterns. The analysis between shark's size and immobility time shows that, apparently, there is no relationship between these two variables, however, it is possible that habituation to human contact and the presence of people in specific may have a role in the duration of immobility. In addition to the behavior and immobility studies, support activities were carried out for the institution, these were: feeding, window cleaning and an induction to identify sharks for the aquarium tour guides.

**Key words:** *Ginglymostoma cirratum*, Tonic immobility, Protocol, Behavior.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tiburón nodriza, gato, gata, o bobo *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1788), es un elasmobranquio de la familia Ginglymostomatidae (orden: Orectolobiformes). Se caracteriza principalmente por la presencia de barbillones en los laterales de la boca (Bent *et al.*, 2017), un hocico redondeado, boca subterminal y ojos en posición dorsolateral (Compagno *et al.*, 2001), los cuales poseen una pupila lineal. Se le atribuye el nombre de “tiburón gato” por la reminiscencia a los bigotes y ojos de un gato de los barbillones y la forma de las pupilas respectivamente (Castro, 2000).

Se distribuye en latitudes tropicales y subtropicales, abarcando desde el Caribe, el golfo de México y la región costera tropical en África con reportes de poblaciones aisladas en el Atlántico oriental y occidental (Compagno *et al.*, 2001; Castro, 2000). Para el Caribe colombiano, se reporta que está distribuida desde el golfo de Urabá hasta la baja Guajira (Bent *et al.*, 2017).

*G. cirratum* es de hábitos demersales, se encuentra en arrecifes coralinos y rocosos, bancos de arena y canales que conectan con manglares, a profundidades desde <1 m hasta 130 m (Compagno *et al.*, 2001; Rosa *et al.*, 2006). Su dieta está principalmente constituida por invertebrados: calamares, erizos, gasterópodos y pulpos, aunque también incluye peces; ocasionalmente, se encuentran algas como contenido estomacal, dado su mecanismo de alimentación por succión, generando que se puedan arrastrar algunas de estas de manera incidental al momento de ingerir una presa (Bent *et al.*, 2017; Castro, 2000; Rosa *et al.*, 2006).

En Colombia los estudios acerca de *G. cirratum* han abarcado una gran variedad de temas. Entre estos se encuentra el porcentaje de encefalización de ejemplares juveniles de Beltrán y Vergara (1990), y las investigaciones acerca de los efectos de los extractos de órganos en células tumorales como las de Mantilla y Vergara, (1995) y Vergara y Mantilla (1996); estudios sobre cepas de los patógenos *Streptococcus faecalis*, *Candida albicans* y *Escherichia coli* como el de García *et al.*

(1999); monitoreos del estado de sus poblaciones como el trabajo de Bessudo *et al.* (2015) quienes refirieron que *G. cirratum* es la especie de elasmobranquio más abundante en los Cabos Roncador, Quitasueño, Bajo Nuevo, Serrana y Serranilla dentro de la reserva Seaflower, y actualizaciones de reportes de la especie como el de Mejía (2019), en el que separa los reportes de *G. cirratum* para el Pacífico pasando a ser *G. unami*.

No se han realizado muchos estudios del comportamiento de *G. cirratum*, fuera de su proceso de reproducción. Hussain (1991), describió el comportamiento de tiburones bajo cuidado humano en los tanques de Sea World de Orlando, Florida; refiere que los ejemplares tienen patrones de nado definidos en su tanque, donde habían escogido un punto específico para descansar, del cual partían a sesiones de “patrullaje” que se extendían por 30-40 min, antes de volver al mismo punto de descanso.

Compagno *et al.* (2001), refieren que *G. cirratum* presenta un patrón marcado de descanso diurno, en el que prefieren refugiarse en cuevas o formaciones que le permitan ocultarse; además, evidencian que los individuos muestran preferencia por sitios específicos a los que vuelven repetidas veces, después de periodos de actividad nocturna.

En cuanto al aspecto de comportamiento reproductivo, se ha descrito el proceso de cortejo y cópula, en individuos bajo cuidado humano por Kimley (1980) y en individuos de vida libre por Carrier *et al.* (1994).

Para los ejemplares en sistemas cerrados el proceso consta del cortejo y la cópula.

- **Cortejo:** comienza con el macho nadando al costado de la hembra, sincronizando los movimientos de la cola, pudiendo durar desde pocos segundos hasta varios minutos; durante este proceso, puede ocurrir que los individuos descansen conservando las posiciones respectivas que tenían

durante el nado paralelo. Cuando el macho logra acercarse lo suficiente, este muerde la aleta pectoral de la hembra, buscando morder hasta la base, mientras que la hembra comienza a voltear su cuerpo buscando hacer un giro de 130° y quedar perpendicular al cuerpo del macho. Seguidamente el macho toma a la hembra volteada, y la ubica paralelamente a él (Kimley, 1980).

- **Cópula:** el macho nada sobre la hembra volteada, alineando sus aletas pélvicas con las de esta, y procede a insertar el cláspere; para esto rota 60° y se posiciona al lado de la hembra. Al concluir la cópula, la hembra se da vuelta y retoma su comportamiento normal (Kimley, 1980).

En individuos de vida libre, se forman grupos en aguas poco profundas (<2 m), en donde se dará la totalidad del proceso de reproducción. Este proceso consta de 4 fases: precópula, emparejamiento, posicionamiento y alineación y cópula e inserción (Carrier *et al.*, 1994).

- **Precópula:** pueden ocurrir dos tipos de comportamiento en este escenario. El tipo 1 consiste en que uno o varios machos se acercan a una hembra estacionaria, donde esta determinará si aceptar o negarse manteniéndose en la misma posición o nadando hacia una profundidad <1 m respectivamente. En el tipo 2, uno o varios machos se acercarán a una hembra que se encuentra nadando y acercarán sus cabezas a la aleta pectoral de la hembra, similar al comportamiento descrito por Kimley (1980) (Carrier *et al.*, 1994).
- **Emparejamiento:** esta fase comienza en el momento que uno de los machos sujeta una de las aletas pectorales de la hembra con la boca, con el macho en posición perpendicular a la hembra. Se observó que las hembras presentaban múltiples heridas e incluso llegaban a presentar sangrado en

las aletas pectorales, sin mencionar que esto se puede dar con uno o múltiples machos simultáneamente (Carrier *et al.*, 1994).

- **Posicionamiento y alineación:** al tener control sobre la hembra, el macho le da vuelta sobre su eje longitudinal, terminando con la porción ventral del cuerpo hacia arriba, con la hembra en esta posición, el macho alinea sus aletas pélvicas con las de la hembra, rotando para facilitar la inserción del clasper (Carrier *et al.*, 1994).
- **Inserción y cópula:** posterior a la inserción del clasper, el macho realiza movimientos espasmódicos empujando contra la hembra.

También se describe la conducta postcópula, en la que posterior a la separación del clasper y la cloaca, tanto macho como hembra se separan inmediatamente después de concluida la cópula. Al separarse, ambos individuos nadan alejándose el uno del otro adoptando su posición natural de nado, con la porción ventral apuntando hacia abajo, contrario a como se encontraban previamente (Carrier *et al.*, 1994).

Bejarano y Robayo (2003), describieron el comportamiento bajo cuidado humano de los tiburones nodriza en el Oceanario de Islas del Rosario en Cartagena, Bolívar, similar de Kimley (1980); para esto, se consideraron 35 tiburones que se separarían en dos grupos: 11 individuos que participan en la actividad de alimentación y 24 que no intervinieron. Se observaron en periodos de 4 h durante de 5 días, donde se registraron comportamientos, tiempos de actividad y patrones de movimiento en el encierro dentro del Oceanario, con lo que se elaboró un etograma.

Dicho etograma resultante evidenció 2 niveles:

- **Actividad:** el organismo se encuentra en movimiento, esta puede ser social o no social (individual). En la actividad no social se encuentran:

- **Desplazamiento:** cada individuo se encuentra nadando, sin interactuar con otros, el nado puede ser continuo o discontinuo.
- **Acicalamiento:** el individuo se acicala contra el fondo, puede ser de dorso, mandíbula y de clasper.

Mientras, en la actividad social se encuentran:

- Alimentación de exhibición: Los individuos se desplazan a la plataforma para alimentarse, aquí describen 7 comportamientos: rondeo, tanteo, imposición, captura, retirada, revisión y ramoneo.
  - Reproducción: eventos reproductivos dada la presencia de machos y hembras en el mismo encierro, esto comprende precópula y cópula.
- Inactividad: el organismo se encuentra estacionario, no realiza gasto de energía por movimiento.
    - Descanso: el animal se encuentra con la porción ventral del cuerpo apoyada en el fondo. El descanso se puede dar con pectorales, en el que el organismo arquea las aletas pectorales, generando un espacio entre ellas y el fondo, y sin pectorales, en el que el animal tiene las aletas pectorales planas y sin arquear.  
El descanso se da de forma individual, en el que el organismo se encuentra apartado de otros, o de forma grupal, donde varios individuos descansan cercanos uno de otro.

La inmovilidad tónica (IT) es una respuesta fisiológica fruto de distintos estímulos sobre un animal. Éste se da principalmente por la presencia de un depredador (Brooks *et al.*, 2011) o por la restricción del movimiento del animal (Whitman *et al.*, 1986; Williamson *et al.*, 2018). El fenómeno se presenta en múltiples grupos animales tanto terrestres (Wells *et al.*, 2005) como marinos, entre ellos los elasmobranquios. En éstos últimos, este fenómeno se ha observado en un gran número de especies (Wells, 2005; Whitman *et al.*, 1986; Henningsen, 1994).

Lo que distingue a los elasmobranchios de los demás grupos, es que estos no presentan rigidez muscular, al contrario de los otros grupos donde sí existe dicha rigidez (Brooks, 2011), éstos presentan la llamada “limp response” (Whitman *et al.*, 1986), durante la cual el animal se quedará en un estado catatónico, con respiración regular (en las especies capaces de ventilar sin necesidad de estar en movimiento) (Brooks *et al.*, 2011). Este estado se da generalmente dándole vuelta al animal, justo después de restringir su movimiento (Whitman *et al.*, 1986, Stamper, 2004; Brooks, 2011), por lo general esto se logra al tomar al tiburón por la cola y por la aleta dorsal e invertirlo mientras se aplica presión, sin embargo, no todas las especies van a reaccionar igual ni por el mismo estímulo, un ejemplo es *Stegostoma fasciatum* que entra en IT cuando se le aplica presión en la punta de la cola (Williamson *et al.*, 2018). Aunque la mayoría de los estudios muestran la IT como una respuesta a la restricción de movimiento, también puede presentarse al frotar las ampollas de Lorenzini, causando un estímulo directamente en el órgano (Mukharror, 2020), siendo este el método más conocido. El caso de *G. cirratum* es similar, si bien se puede inducir IT de la manera “convencional” (Kimley, 1980; Carrier *et al.*, 1994) también se ha evidenciado que este estado puede darse por la estimulación de los canales de neuromastos (órganos mecanorreceptores del sistema de línea lateral) cerca de las aletas pectorales, aunque no resulta tan efectivo como el método convencional (Bejarano *et al.*, 2001).

Dado el descenso en la población de tiburones a nivel mundial (Baum, 2003; Pacoureaux *et al.*, 2021), la preocupación por el manejo de las poblaciones de tiburones está creciendo (Godin y Worm, 2010; Williamson, 2018), esto genera la necesidad de encontrar formas de estudiarlas, sin embargo, se debe procurar reducir el estrés de los individuos durante el muestreo en campo, por lo que también deben emplearse metodologías para dicho propósito, una de ellas es la IT. Esta se ha utilizado hasta la actualidad (Henningsen, 1994; Brooks, 2011, Williamson, 2018) dada la facilidad de inducción y su poca intrusividad, así se logra reducir el estrés generado por la manipulación del individuo (Brooks, 2011; Williamson, 2018) y

resulta conveniente para estudios en campo, ya que se logra inmovilizar al animal sin el uso de sedantes o anestésicos (Stamper, 2004).

Al igual que en el muestreo en campo, es necesario tener una metodología que permita minimizar el estrés durante la intervención de un individuo bajo cuidado humano, esto sumado a la relativa facilidad con la que *G. cirratum* puede mantenerse en encierros o sistemas cerrados, haciéndola una de las especies más comunes de ver en acuarios marinos (Bejarano y Robayo, 2003), y convirtiendo a la IT en una herramienta efectiva, sencilla y económica para la intervención con el mínimo estrés posible.

El propósito de este trabajo, fue el de lograr la inducción de la IT en los tiburones del Acuario Mundo Marino en la ciudad de Santa Marta, Magdalena, en el marco de la estructuración de un protocolo para lograr dicha respuesta fisiológica, considerando aspectos biológicos, morfológicos y etológicos de cada uno de los ejemplares evaluados. Se desarrolla para optar al título de Biólogo Marino de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Sede Santa Marta, en alianza estratégica con el Acuario Mundo Marino.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Inducir la inmovilidad tónica en los ejemplares de *G. cirratum*, dispuestos en el Mega acuario de Mundo Marino-Santa Marta, estructurando un protocolo para la inducción de esta respuesta fisiológica teniendo en cuenta las características etológicas y morfológicas propias de cada ejemplar.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir y documentar las diferentes acciones y procedimientos que conllevan a evidenciar la Inmovilidad Tónica en los individuos del Mega acuario.
- Categorizar el patrón comportamental de cada individuo, con base a las características morfológicas y morfométricas específicas de cada organismo.
- Estructurar un protocolo de reproducibilidad de la Inmovilidad Tónica.
- Alcanzar el adiestramiento adecuado para la reproducibilidad del protocolo.
- Adelantar actividades adicionales asignadas en las instalaciones del Acuario Mundo Marino.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

Los individuos estudiados se encuentran en el Mega acuario de la Fundación Museo del Mar Acuario Mundo Marino, este se ubica en la Calle 11 Carrera 2 No. 11 - 68, El Rodadero, Santa Marta, Magdalena. Este es un acuario de agua salada que tiene medidas de 23 x 7 m y cuenta con dos áreas generales: somera con 1.5 m de profundidad (**Figura 1D**) y profunda de 3 m de profundidad (**Figura 1A, B y C**). En el área somera se encuentran el montaje de manglar y de piedras, que simulan el entorno en un manglar y un arrecife de coral respectivamente. El montaje de manglar cuenta con un mangle rodeado de piedras pequeñas, generando un espacio separado del resto del acuario. Adyacente al manglar, se encuentra el encierro, este consta de la separación de un área del sistema cerrado por medio de rejas de plástico, en este se encuentran dos tortugas y peces que se encuentran en preparación para reubicarse en el área de los tiburones. El montaje de piedras consta de dos montículos de piedras que se alcanzan hasta la superficie del agua, este está ubicado frente Adicional a los montajes anteriormente mencionados, cuenta

con ventanales para observar a los animales dentro del sistema cerrado. Además de los tiburones, el Mega acuario cuenta con peces arrecifales pequeños, ejemplares de *Caranx hippos* (jurel), *C. crysos* (cojinoa) y *Megalops atlanticus* (sábalo o tarpón) que nadan libremente por toda su extensión.



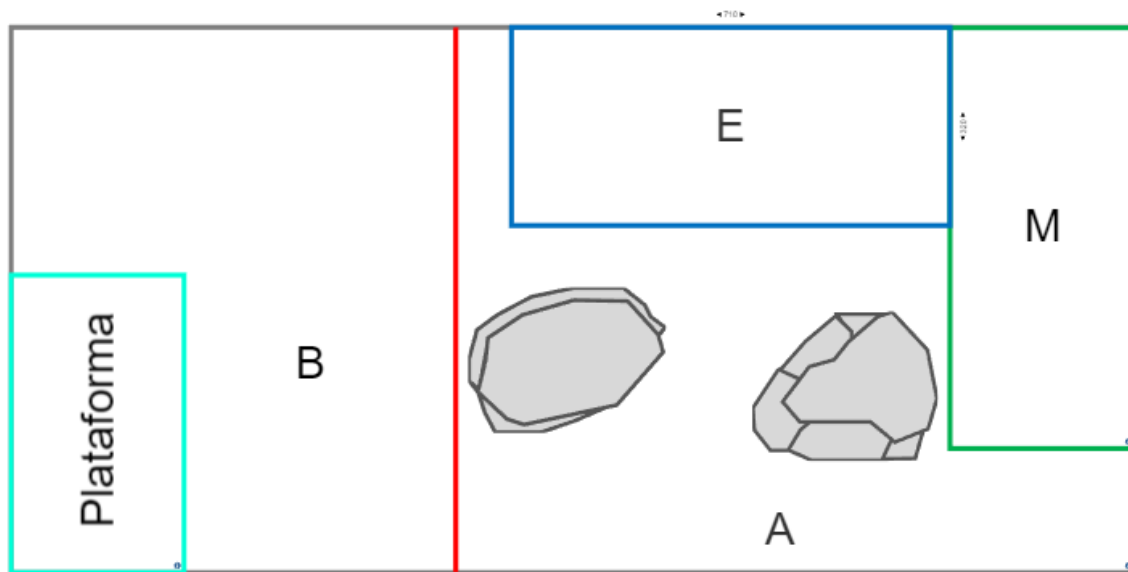
**Figura 1.** Perímetro del Mega acuario de Mundo Marino. Costado correspondiente a la zona profunda (A, B, C) costado del montaje de manglar (D). Fotografías tomadas de: <https://locationcolombia.com/locacion/acuario-mundo-marino/>

### 3.2 FASE DE PREPARACIÓN

Dos semanas previas a comenzar el estudio de comportamiento de IT, se realizó la preparación teórica para obtener conocimiento pertinente para las actividades a realizar. Se consultó acerca de los principios de la IT, las características biológicas y, principalmente, etológicas de *G. cirratum*, así como el funcionamiento de los sistemas de percepción de los elasmobranquios, y se consultó acerca de estudios de patrones básicos de comportamiento en tiburones bajo cuidado humano. Adicionalmente, se consultaron medidas de seguridad a tener en cuenta al interactuar con *G. cirratum*, además, se consultó con los funcionarios de Mundo Marino acerca de la manera correcta de aproximarse a los tiburones.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS Y CARACTERIZACIÓN DE COMPORTAMIENTO

Para lograr la identificación de los tiburones, se consultó con los funcionarios del acuario, los cuales brindaron información básica para el reconocimiento de cada ejemplar, al tener dicha información, los individuos fueron observados tanto desde fuera del agua como dentro, con lo que se logró corroborar la información brindada y ampliarla, identificando características morfológicas a mayor profundidad. Se utilizó una cámara sumergible para obtener fotografías de los individuos en las que se pudieran evidenciar sus características distintivas. Con estas últimas se elaboraron fichas de identificación con descripciones breves de las principales características morfológicas y comparativas para facilitar el reconocimiento individual. Para la observación de comportamiento, el mega acuario se dividió en 4 zonas (**Figura 2**): zona somera (A), zona profunda (B), manglar (M) y borde externo del encierro (E).



**Figura 2.** Zonación del mega acuario. Zona somera (A), separada de zona profunda (B) por una tubería (línea roja), a partir de la cual aumenta la pendiente del fondo. En A se separan la zona de manglar (M) y el encierro (E), (al mencionarse E en este trabajo se hace referencia al borde del encierro que colinda con el montaje de piedras en la zona A). En el borde inferior de la figura (lado inferior de color gris) se encuentran los ventanales, que se extienden por la totalidad de A y parte de B, permitiendo visualizar el montaje de piedras y parte de B. En B se encuentra la plataforma dispuesta para la actividad de alimentación.

Se realizó una observación general, desde el exterior del mega acuario, empleándose el muestreo etológico *ad libitum*, teniendo de referencia el trabajo Bejarano y Robayo (2003), en periodos de 1 hora en la mañana y 1 hora en la tarde, para un total de 2 h diarias en la extensión de 2 semanas; cubriendo la jornada 8:00 am-6:00 pm para un total de 10 h. Durante el muestreo, se registró la hora en la que el individuo se encontraba descansando en el fondo o nadando; así mismo, se tomó nota acerca de aspectos a destacar de cada evento; una cámara sumergible GoPro se utilizó para registrar el repertorio comportamental al interior del acuario, sumado a esto. Se efectuaron registros fotográficos y un video desde el exterior del Mega acuario a través de los vidrios en el subsector o zona A. Con la información obtenida, se elaboró un etograma que describe los estados, niveles y subniveles de comportamiento, exhibidos durante el periodo de observación. Al completarse cada jornada, se registró el tiempo total de actividad e inactividad para cada ejemplar; adicionalmente, se separó por tiempo invertido en cada zona, y tiempo en cada nivel. Con estas mediciones, se determinó la distribución de tiempo de actividad tanto para todos como para cada individuo. Para la distribución general, se utilizó el promedio de las mediciones, tanto de actividad como de descanso de cada tiburón expresando el porcentaje del tiempo promedio invertido en cada nivel de comportamiento. La distribución específica se determinó, utilizando las medidas individuales de tiempo, así como el porcentaje invertido en cada nivel para cada zona.

### **3.4 ADIESTRAMIENTO EN INDUCCIÓN A LA INMOBILIDAD TÓNICA**

El adiestramiento de la técnica se dio bajo supervisión de uno de los cuidadores y de las biólogas marinas del acuario durante una semana, en la que se repitió la inducción hasta alcanzar el dominio de esta. Se puso a prueba la efectividad del adiestramiento con la intervención veterinaria de uno de los tiburones, donde era necesario inmovilizar al individuo con el fin de extraer una muestra de sangre para evaluar el estado de salud.

### **3.5 PROTOCOLO DE INDUCCIÓN A LA INMOBILIDAD TÓNICA**

Se elaboró un protocolo en el que se detalla la totalidad del procedimiento para inducir la IT, abarcando desde el proceso de preparación hasta el momento en que termina la respuesta. Se elaboró una tabla de descripción del procedimiento y detallando cada paso, ampliando el entendimiento del diagrama. Finalmente se planteó el objetivo, alcance y generalidades del procedimiento, marcando los límites que tiene y las recomendaciones a tener en cuenta si se desea aplicar en otro escenario.

### **3.6 MORFOMETRÍA**

Se tomaron un total de 9 datos morfométricos a cada individuo: longitud total (LT); ancho de la cabeza (HDW); altura de la cabeza (HDH); ancho del tronco (TRW); altura del tronco (TRH); ancho del abdomen (ABW); altura del abdomen (ABH); ancho de la cola (TAW), y altura de la cola (TAH), propuestas por Compagno *et al.* (2001), con los cuales se elaboró un formato de toma de medidas para el registro de mediciones y observaciones.

### **3.7 MEDICIÓN DE RECEPTIVIDAD**

Se realizaron sesiones de 30 min de duración en las que se indujo IT en los 3 individuos 2 días a la semana, los días escogidos fueron martes y jueves. En estos días no se realiza la actividad de alimentación en el acuario, por lo que no se afectaría la ejecución de esta. Se registró el número de intentos exitosos y fallidos. Se consideraría un intento exitoso en el momento que el animal presentara un corto periodo de inmovilidad, a partir de éste, se mediría el tiempo que transcurriera hasta el momento que el animal se dejara ir, mientras que un intento sería considerado fracaso si el tiburón continuaba tratando de escapar sin haber evidenciado un periodo corto de inmovilidad o si no se lograba tomar al animal. Adicionalmente a esto, se promediaron los tiempos de cada intento exitoso.

La receptividad se midió como el porcentaje de intentos exitosos con respecto al total de intentos realizados (**Fórmula 1**).

$$R = \frac{E}{T} \times 100$$

**Fórmula 1.** Receptividad a la IT (R). E= Número de intentos exitosos, T= total de intentos.

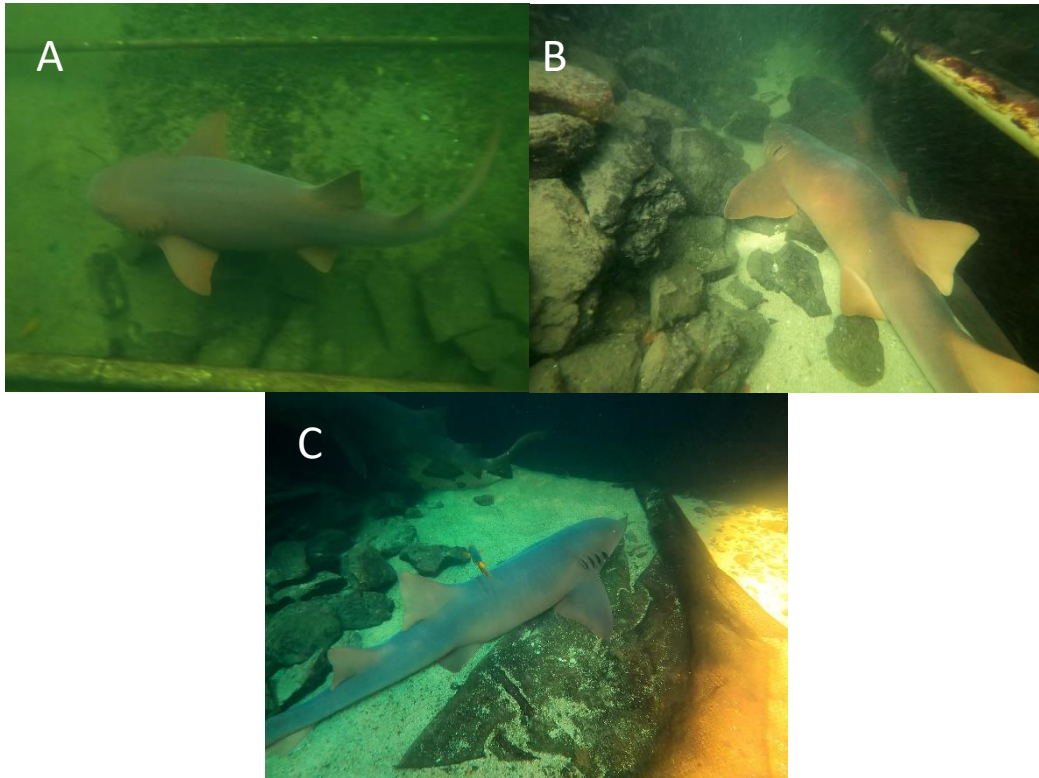
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 IDENTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS

En el mega acuario se encuentran 3 tiburones hembra, estas se denominaron T1, T2 y T3, correspondientes a Manuela, Brenda y Willyana respectivamente, nombres puestos por los cuidadores (**Tabla 1**).

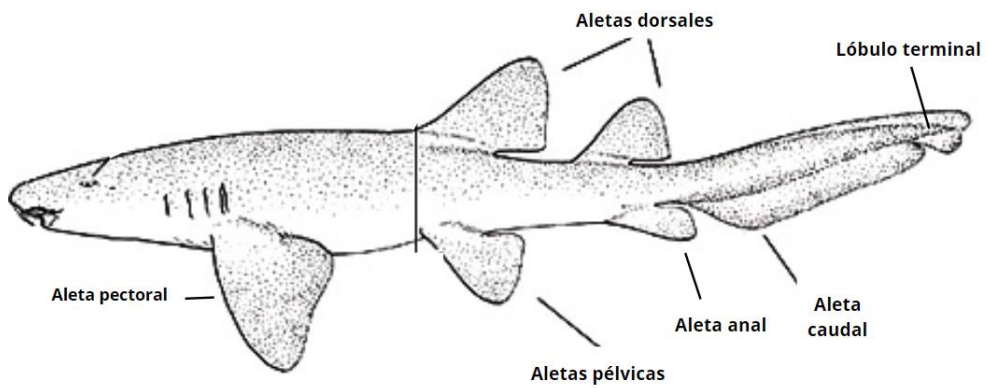
**Tabla 1.** Individuos del Mega acuario con el nombre puesto por los cuidadores y el sexo correspondiente.

<b>Individuo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Sexo</b>
T1	Manuela	Hembra
T2	Brenda	Hembra
T3	Willyana	Hembra



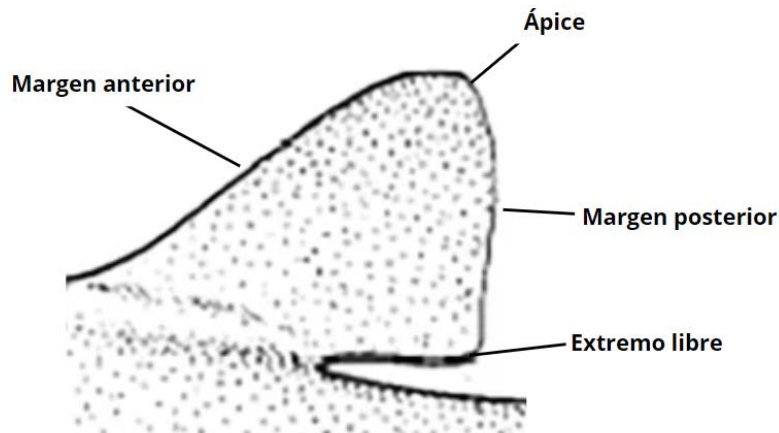
**Figura 3.** Individuos estudiados. T1 (Manuela, A) T2 (Brenda, B) y T3 (Willyana, C).

Para lograr identificar cada individuo se encontraron dos características anatómicas comunes que varían entre individuos: la forma de las aletas dorsales y la forma del lóbulo terminal de la aleta caudal (**Figura 4**).



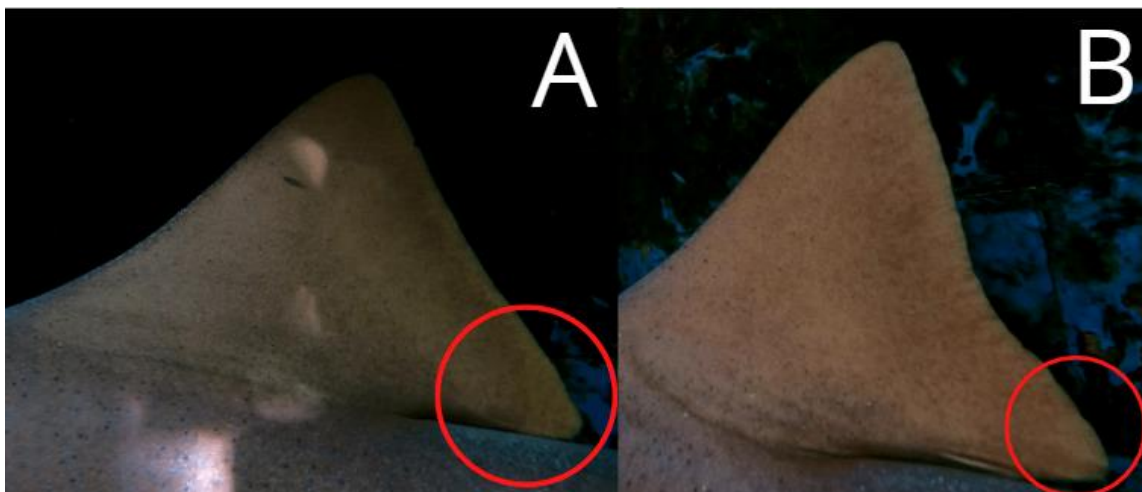
**Figura 4.** Anatomía general de aletas de *G cirratum*. Tomado y modificado de Compagno *et al.* (2001).

En las aletas dorsales, varía la curvatura e inclinación del margen anterior (MA) y , forma y dirección en la que apunta el ápice (AP) y la longitud y altura del extremo libre (EL) según la **Figura 5**.



**Figura 5.** Anatomía de aletas dorsales de *G. cirratum*. Tomado y modificado de Compagno *et al.* (2001).

T1 posee aletas dorsales marcadamente distintas la una de la otra, en la primera MP y MA son rectos y , AP apunta perpendicularmente hacia arriba del dorso del animal y dándole una apariencia triangular. EL no está prolongado más allá del alcance de MP (**Figura 6A**). Mientras, en la segunda dorsal, MP posee curvatura, mostrando la prolongación en EL, el cual es alto y alargado (**Figura 6B**).



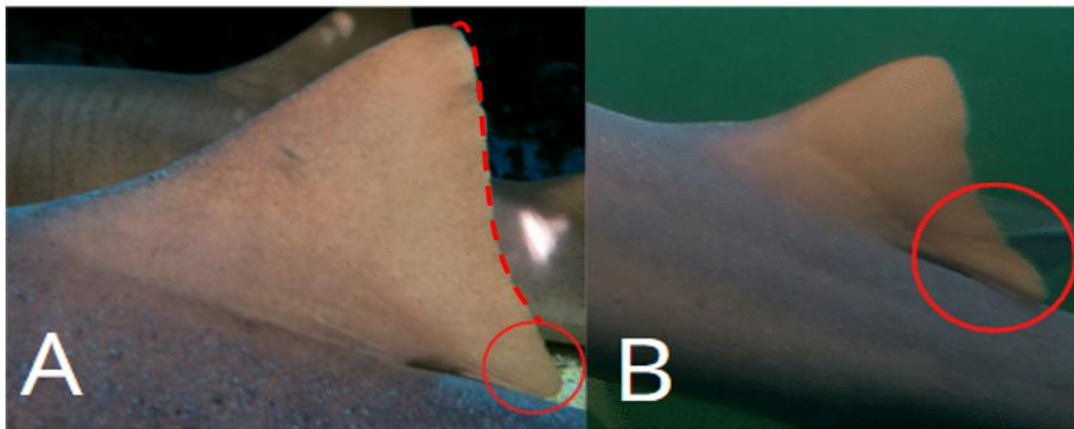
**Figura 6.** Detalle de las aletas dorsales de T1. Primera dorsal (A) y segunda dorsal (B). Se señala EL en círculos rojos para ambas aletas. Fotografías: Osteicochea (2022).

En T2, ambas dorsales presentan la misma forma. MA y MP poseen curvatura marcada, sin embargo, la de MA es más evidente a simple vista. AP apunta hacia el extremo posterior del animal. EL es relativamente corto y alto, aportando a la forma distintiva de las aletas (**Figura 7**).



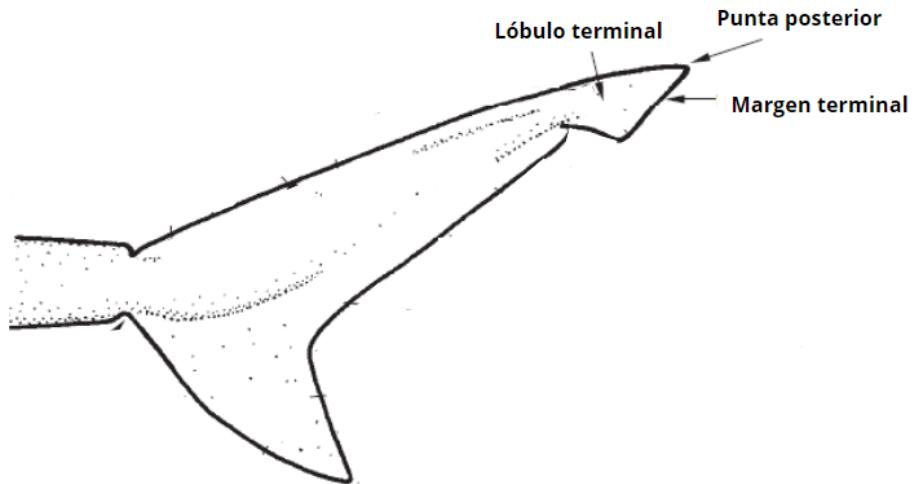
**Figura 7.** Detalle de la primera dorsal de T2. Se señala la curvatura de MA (línea punteada), AP (flecha) y EL (círculo). Fotografía: Osteicochea (2022)

Al igual que en T2, las dorsales de T3 tienen la misma forma, estas presentan la mayor altura de los 3 individuos, MA es recto y con inclinación pronunciada. MP presenta una ligera curvatura (**Figura 8A**). EL es más corto en la primera dorsal que en la segunda, en esta última EL puede caer hacia un lado cuando T3 se encuentra descansando (**Figura 8B**).



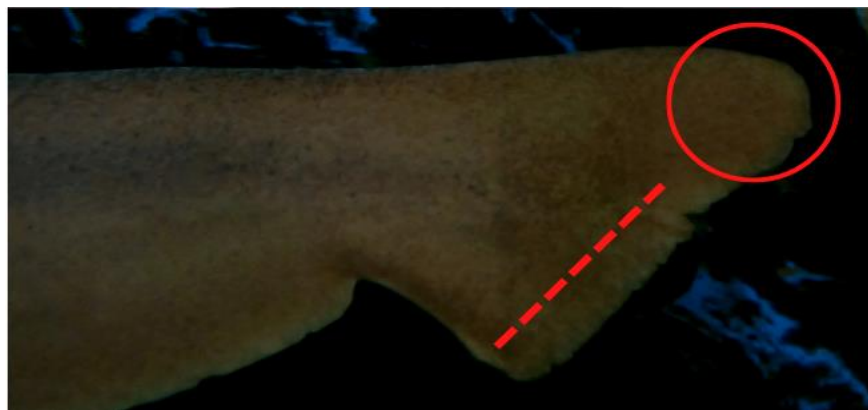
**Figura 8.** Detalle de las aletas dorsales de T3. Primera dorsal (A), se señala la curvatura de MP (línea punteada) y EL (círculo). Segunda dorsal (B), se señala EL (círculo).

Los lóbulos terminales presentan formas distintivas en cada individuo. Cada uno varía en la forma del margen terminal (MT) y de la punta posterior (PP) (**Figura. 9**).



**Figura 9.** Anatomía generalizada de la aleta caudal. Tomado y modificado de: Compagno *et al.* (2001).

T1, similar a la primera aleta dorsal, posee un lóbulo terminal reminiscente a una forma triangular, con MT completamente recto y desgastado, y PP no sobresale, por lo que no se distingue MT de PP (**Figura 10**).



**Figura 10.** Detalle de lóbulo terminal de T1. Se señala PP (círculo) y MT (línea punteada como referencia).

El lóbulo terminal de T2 es corto y redondeado, PP es curva y sobresale de MT, el cual es curvo. No existe desgaste aparente en PP, mientras que en MT se observa desgaste ligero (**Figura 11**).



**Figura 11.** Detalle de lóbulo terminal de T2, se señala PP (círculo) y curvatura de MT (línea punteada de referencia). Fotografía: Osteicochea (2022).

El lóbulo terminal de T3 se encuentra en un punto medio entre las formas de T1 y T2. PP es curvada y está extendida, sobresaliendo de MT, el cual es recto. No existe desgaste aparente en MT, mientras que en PP se presenta (**Figura 12**).



**Figura 12.** Detalle de lóbulo terminal de T3, se señala PP (círculo) y MT (Línea punteada como referencia).

Adicionalmente, se encontraron características únicas de cada individuo. T1 posee una lesión ocular en el lado derecho en forma de un cuerpo blanco, esta lesión es notoria al observar el ojo (**Figura 13-Izq**). T2 posee una protuberancia en el dorso, reminiscente a una joroba (**Figura 13-Der**).



**Figura 13.** Detalle de la lesión ocular de T1 (izquierda, círculo) y de la protuberancia dorsal de T2 (derecha, línea punteada de referencia). Fotografías: Osteicochea (2022).

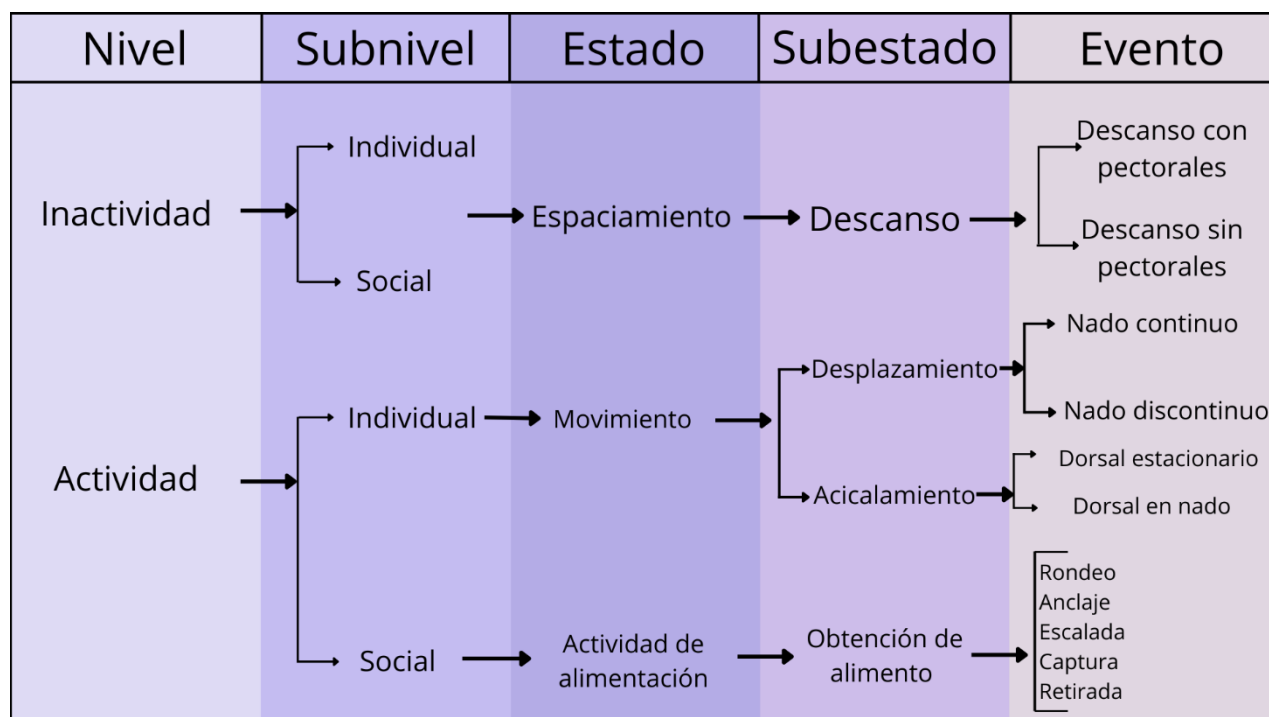
T3 posee un desgaste evidente en el margen posterior de la aleta pectoral izquierda, este puede llegar a confundirse con T1, dado que este también posee desgaste en esta aleta, sin embargo, se trata de patrones distintos el uno del otro, siendo el de T3 el más profundo y notorio a simple vista, mientras que en T1 este es más superficial. Otra característica del desgaste a destacar es que en T3 el patrón de desgaste es aserrado, mientras que en T1 toma forma de semicírculos y tiene mayor cantidad de irregularidades (**Figura 14**).



**Figura 14.** Detalle del desgaste de las aletas pectorales izquierdas de T3 (izquierda, flecha) y de T1 (derecha, flecha). Fotografías: Osteicochea (2022).

Con todas estas características, se elaboraron fichas de identificación que resumen el conocimiento esencial que estas observaciones brindaron, junto con comparativas entre los 3 individuos para facilitar la comprensión de las diferencias anatómicas que estos presentan. Dichas comparativas se centran en las características anatómicas: aletas dorsales y lóbulos terminales (**Anexo A**).

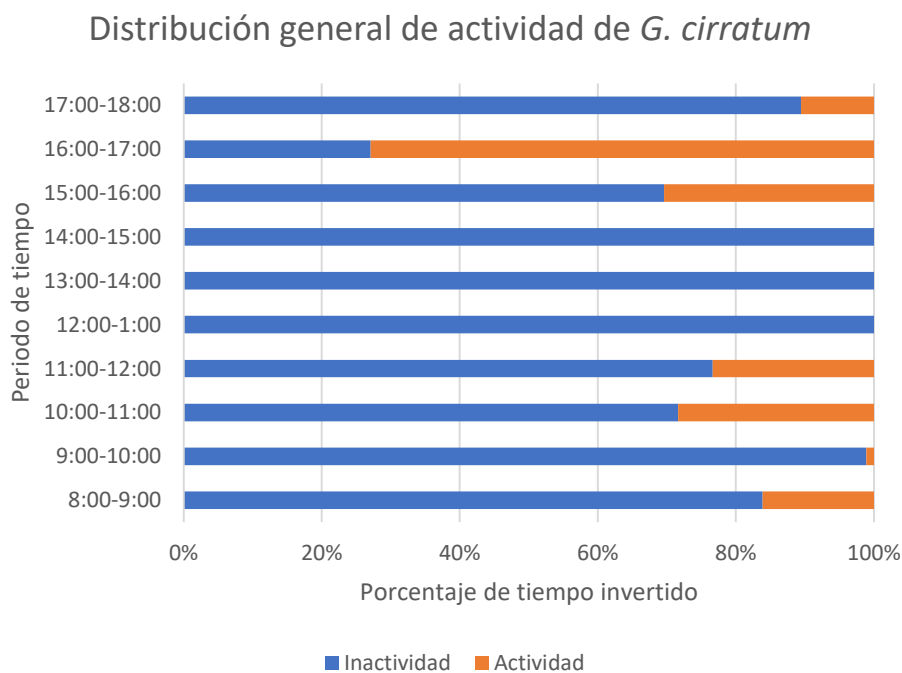
## 4.2 ETOGRAMA GENERAL



**Figura 15.** Etograma general de *G. cirratum* en el acuario Mundo Marino.

Se encontró que la mayor parte de la jornada es invertida en descanso. A partir de las 8:00 am, se presentan pequeños periodos de actividad seguidos de episodios largos de descanso que abarcan el 71-98% del periodo. A medio día es donde se evidencia la menor actividad, con un 100% de descanso, esto continúa hasta el periodo de 15:00-16:00, cercano a la actividad de alimentación, se presenta un incremento en la actividad, seguido del pico en el periodo 16:00-17:00, en el que, al realizarse dicha actividad, los individuos se encuentran activos durante el 73% del tiempo, para descender nuevamente en 17:00-18:00 (**Figura 16**).

Bejarano y Robayo (2003), encontraron un patrón similar, con pequeños picos de actividad a lo largo del día y un incremento notorio en las horas en las que se realiza alimentación, seguido de un descenso de hasta un 97% de inactividad. En el caso del presente estudio, los hábitos de descanso diurnos de *G. cirratum* (Compagno, 2001; Bent *et al.*, 2017), justifican que el nivel más común de observar fuera la inactividad. Mientras tanto, la habituación a horarios fijos de alimentación explica el patrón de actividad descrito. Bejarano y Robayo (2003) llegaron a la conclusión de que, al modificarse los horarios en los que se alimentan los individuos con respecto al medio natural, se pueden evidenciar patrones de actividad que se ven sesgados por el horario de alimentación, fenómeno que se observa tanto en dicho como en este estudio.

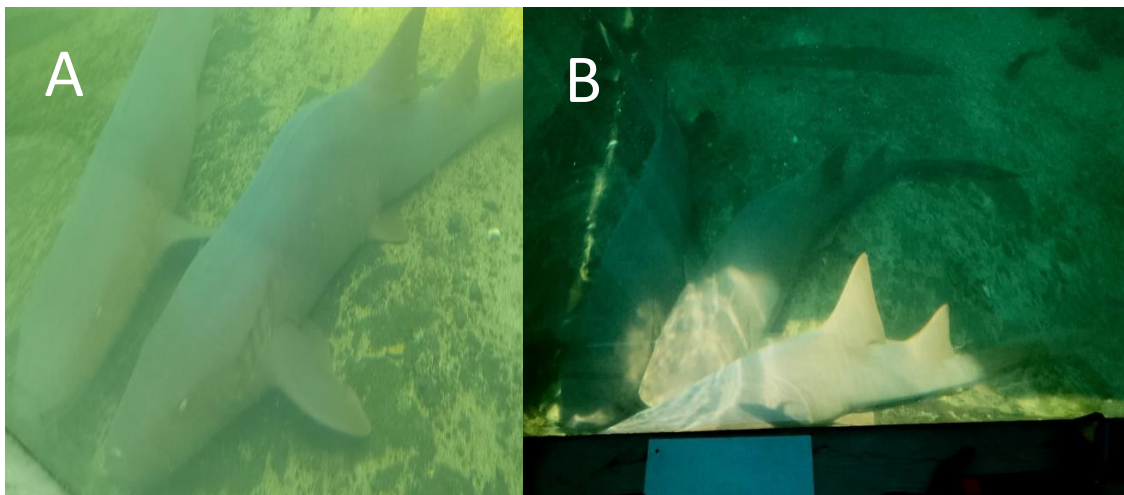


**Figura 16.** Distribución general de actividad de *G. cirratum*, en el acuario Mundo Marino expresado en porcentaje invertido tanto en actividad como en descanso por cada individuo durante el día.

- **Inactividad**

La inactividad se entiende como un estado de espaciamiento, esta puede ser tanto individual como social. Al estar en estado de inactividad, los individuos se encuentran descansando, es decir, reposan en el fondo.

El descanso se da tanto de manera individual como grupal. Se pudo encontrar a cada uno de los individuos descansando tanto individual como grupalmente al menos en una ocasión. La mayoría del tiempo se encontraron a T1 y T3 separados de T2 (**Figura 17A**) aunque se registraron ocasiones en las que los 3 individuos podían encontrarse descansando en el mismo lugar (**Figura 17B**).

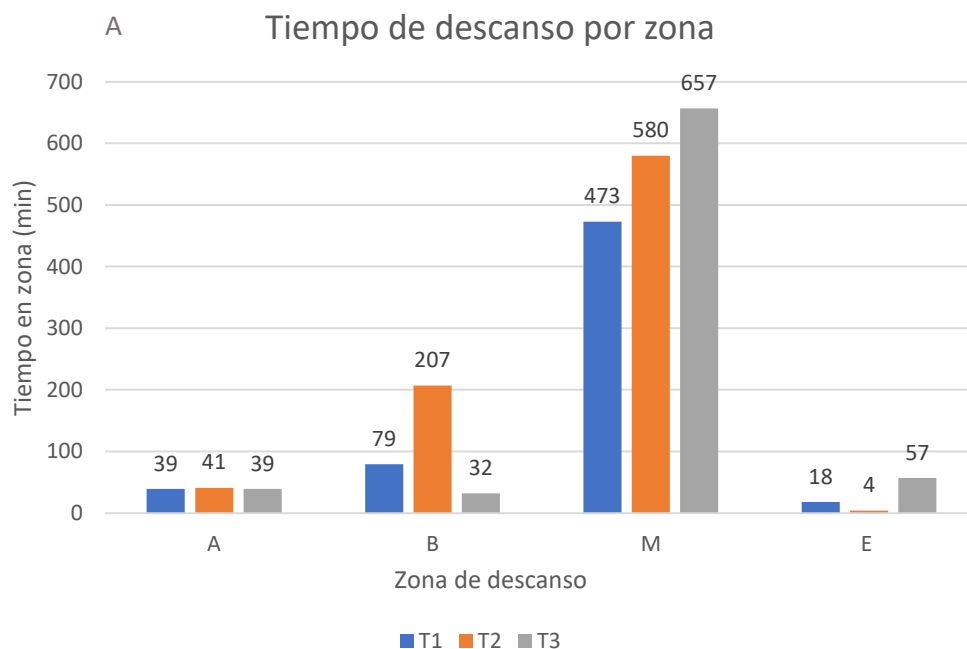


**Figura 17.** T1 (Manuela) y T3 (Willyana) descansando separados de T2 (Brenda) (A) y todos los individuos descansando (B). Todas las fotografías fueron tomadas en la zona A. Fotografías: Osteicochea (2022).

La zona de preferencia para el descanso es, con diferencia, M, los registros de descanso para esta zona representan un 54,2%, seguido de B con 20,8% (**Figura 18B**). Al igual que en cantidad de registros, M fue la zona en la que los individuos pasaron mayor cantidad de tiempo (**Figura 18A**). Este comportamiento se ha evidenciado en otros acuarios (Hussain, 1991) y en vida libre (Bent *et al*, 2017; Compagno *et al.*, 2001; Castro, 2002).

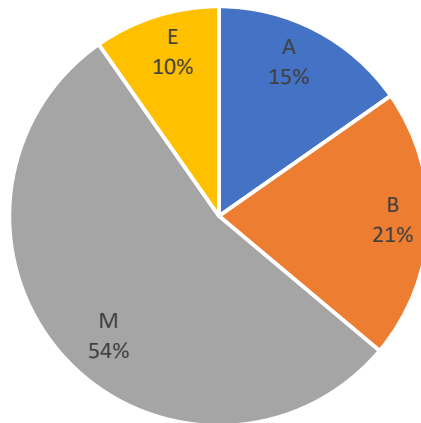
Hussain (1991) reporta que los patrones de movimiento de los tiburones comenzaban y terminaban en un mismo punto, similar al caso presente, sin embargo, en este caso, los sitios de descanso cambian durante el día dependiendo de la hora, conforme se acercan las 16:00 (hora de la actividad de alimentación), todos los individuos se desplazan y comienzan a descansar en B, específicamente en la posición debajo de la plataforma de alimentación, esto ocurre independientemente de si la actividad se realiza o no.

A pesar de la marcada preferencia por M como zona de descanso, existe una preferencia aparente de T2 por descansar separado de los otros en ocasiones, dado que podía ser encontrado descansando en B fuera de las horas próximas a las 16:00, invirtiendo 207 min en total, contrastando con los 79 de T1 y en mayor medida con los 32 de T3 (**Figura 18A**).



B

### Porcentaje de registros (descanso)

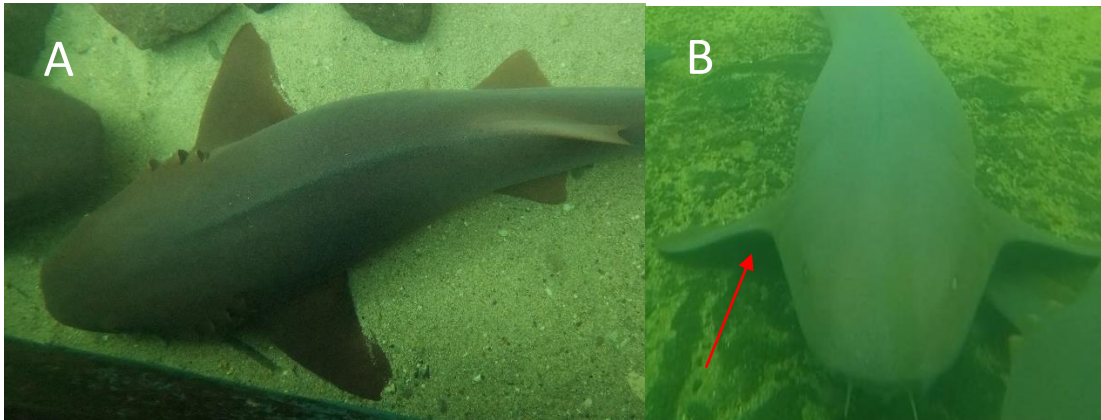


**Figura 18.** Cantidad de tiempo invertida en descanso (A) y porcentaje de registros en cada zona para los periodos de descanso (B).

Bejarano y Robayo (2003), describen la distribución de los individuos en su estudio como agregada, donde las distancias entre individuos son menores que las distancias entre grupos. En este estudio no se puede hacer una observación concluyente debido al reducido número de individuos presentes en Mundo Marino, por lo que no se pueden observar patrones de agregación más allá de describir la preferencia de un individuo de descansar junto a otro.

En dicho estudio se encontró que los tiburones adoptan dos posturas de descanso, las cuales catalogaron como descanso con pectorales y sin pectorales. La postura con pectorales consiste en que los individuos descansan en el fondo mientras arquean ligeramente las aletas pectorales, formando una cavidad, Compagno *et al.* (2001) mencionan que dicha cavidad simula un falso refugio, atrayendo posibles presas. Por el contrario, el descanso sin pectorales consiste en una posición completamente relajada, con las aletas pectorales descansando en el suelo, sin arquearlas.

Bejarano y Robayo (2003), indicaron que el descanso sin pectorales fue la postura más común, sin embargo, en este estudio el resultado fue el contrario, dado que la más observada fue descanso con pectorales (**Figura 19B**) fueron contadas las ocasiones en las que se observó el descanso sin pectorales (**Figura 19A**).



**Figura 19.** T2 (Brenda) en postura de descanso sin pectorales (A) y T1 en postura con pectorales, la flecha indica la cavidad que se forma al arquear las aletas (B).

- **Comportamientos inusuales durante el descanso**

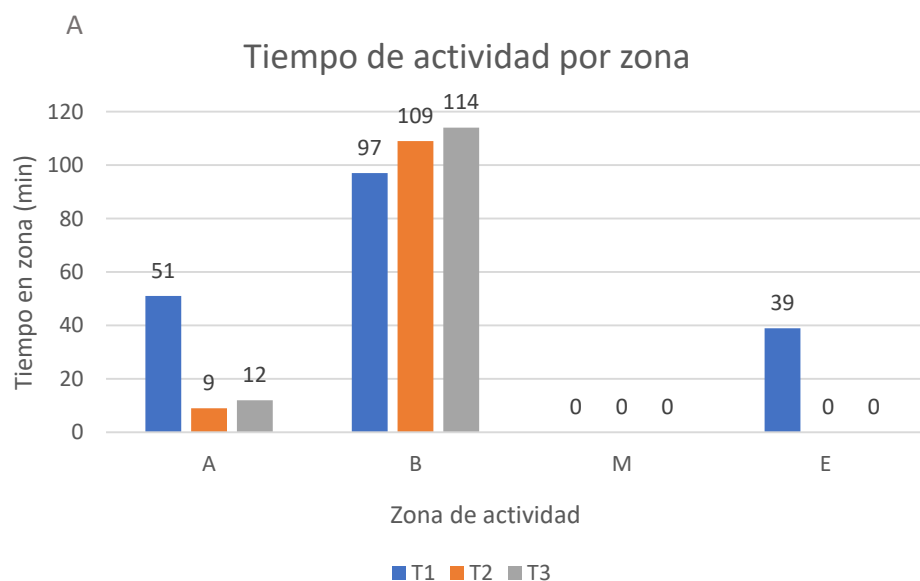
Durante los descansos, se observó en repetidas ocasiones que T3 adopta una posición específica al descansar junto a T1. Dicha posición consiste en que, al estar descansando T1, T3 se acerca nadando y posiciona el hocico debajo de la aleta pectoral de T1 (**Figura 20**).



**Figura 20.** T3 (Willyana) acercándose a T1 (Manuela) para reposar bajo su aleta pectoral (izquierda), ya en reposo (derecha). Fotografías: Osteicochea (2022).

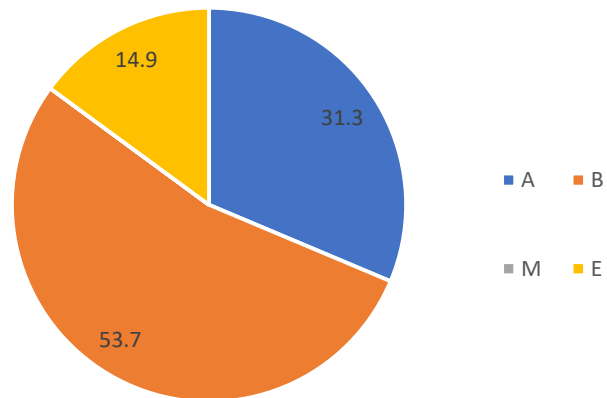
- **Actividad**

Se entiende como actividad a los momentos en que el animal se encuentra en algún tipo de movimiento. De manera individual se encuentran los eventos de locomoción o movimiento, mientras que en lo social está lo referente a la actividad de alimentación. Al igual que en inactividad, existe una zona de preferencia para la actividad, siendo esta B (**Figura 21A**). Aquí, los 3 individuos presentan el mayor tiempo, esto debido a que la actividad de alimentación se realiza en esta zona. Mientras, en otras zonas la actividad es ocasional, la mayor cantidad de registros se realizaron en B, representando el 53,7% del total, seguido de A con el 31,3% (**Figura 21B**). Aquí se evidencia que, a pesar de que existan múltiples registros de actividad en A, en realidad no se invierte tiempo en esta zona, quedando como una zona de paso, en lugar de ser un foco de actividad para los individuos. El individuo más activo fue T1, ya que invirtió la mayor cantidad de tiempo en A (51 min) y fue el único con actividad en E (39 min). Sin embargo, en B, el individuo de mayor actividad fue T3, indicando que T1 es el que mayor tiempo en actividad fuera de alimentación invierte, mientras que T3 es el individuo más activo durante las actividades de alimentación (**Figura 21A**).



B

### Porcentaje de registros (actividad)



**Figura 21.** Tiempo invertido en actividad (A) y porcentaje de registros por zona (B).

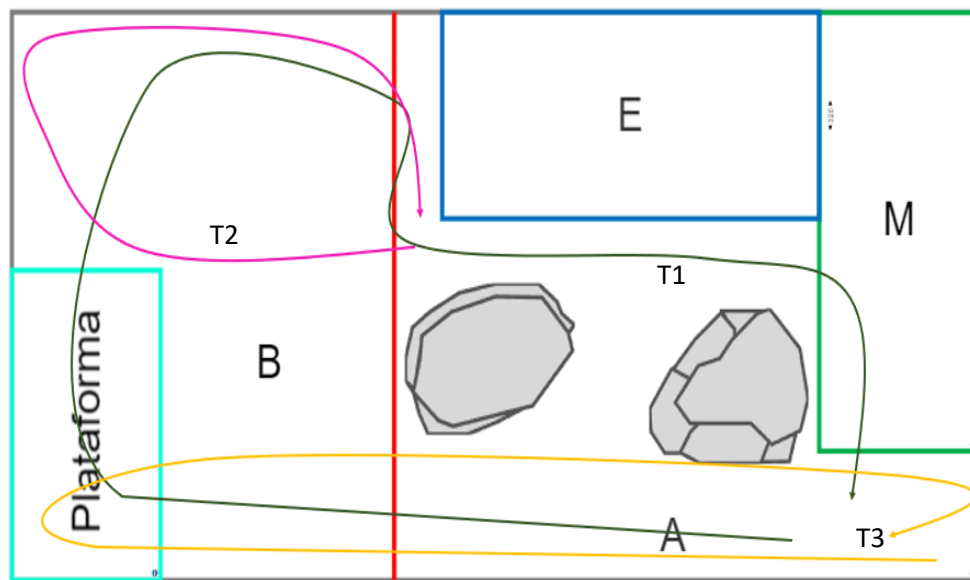
Dentro del movimiento se encuentran el desplazamiento y el acicalamiento.

- **Desplazamiento:** consiste en el cambio de posición física de un individuo, dependiendo de la continuidad de dicho cambio se puede catalogar en nado continuo y nado discontinuo.

El nado discontinuo consiste en periodos cortos de movimiento, por lo general con duración de  $<1$  min, esto puede interpretarse como cambios de posición de descanso. Se caracteriza por movimientos cortos del cuerpo y poco movimiento en la cola, únicamente el coletazo inicial para generar impulso.

El nado continuo consiste en periodos largos de movimiento, rondando cerca de  $>20$  min de duración. Aquí, el animal nada con

movimientos más amplios en el cuerpo y se evidencian múltiples movimientos de cola. Cada individuo presenta un patrón mayoritario de movimiento. T1 es el que presenta el movimiento más amplio, bordeando por el perímetro del mega acuario, T2 tiene un patrón cerrado, en el que se desplaza únicamente en la mitad superior de B y T3 se desplaza por uno de los lados de A y B, específicamente por el lado en el que están ubicados los ventanales (**Figura 22**).



**Figura 22.** Patrones de movimiento en el mega acuario de T1 (Manuela, flecha verde oscuro), T2 (Brenda, flecha rosada) y T3 (Willyana, flecha amarilla).

Principalmente, este nado se observa al ras del fondo, sin embargo, se observaron casos en los que los individuos nadaban en la superficie, exponiendo las aletas dorsales por sobre esta. Esto podría estar relacionado a la búsqueda de alimento, dado que este comportamiento se evidenció durante exhibiciones de alimentación por fuera del horario habitual, aunque a horas cercanas a las 16:00. Esto lo evidencian Bejarano y Robayo (2003), con la diferencia de que este comportamiento se da durante la actividad de alimentación, y no fuera del horario. Se ahondará en este tema más adelante.

- **Acicalamiento:** consiste en el frote del cuerpo del animal con el fondo, paredes del acuario o mallas del fondo. El único acicalamiento registrado fue el dorsal, este consiste en que el individuo gira sobre su eje antero-posterior quedando boca arriba y frota su dorso sobre alguna superficie, dicho frote puede ocurrir de dos formas: en nado y estacionario.

El acicalamiento en nado consiste en que, durante el nado continuo, el individuo se gira, se frota realizando movimientos ondulatorios con su cuerpo, similar a los movimientos al nadar y se reincorpora, volviendo al nado (**Figura 23**), por lo general los individuos realizan esto contra las paredes en B. T3 fue el individuo que se observó acicalándose en nado la mayor cantidad de veces.



**Figura 23.** T3 (Willyana) acicalándose con las paredes en B, se muestra el proceso de giro sobre su eje (izquierda, flechas rojas) y el frote contra la pared (derecha) la flecha roja describe el movimiento del cuerpo durante el frote. Fotografías: Osteicochea (2022).

El acicalamiento estacionario consiste en un frote del dorso en un mismo punto, primero, el individuo nada, se aproxima al fondo y apoya el dorso, realizando movimientos ondulatorios, una vez terminado este movimiento, el individuo se incorpora y adopta posición de descanso (**Figura 24**).



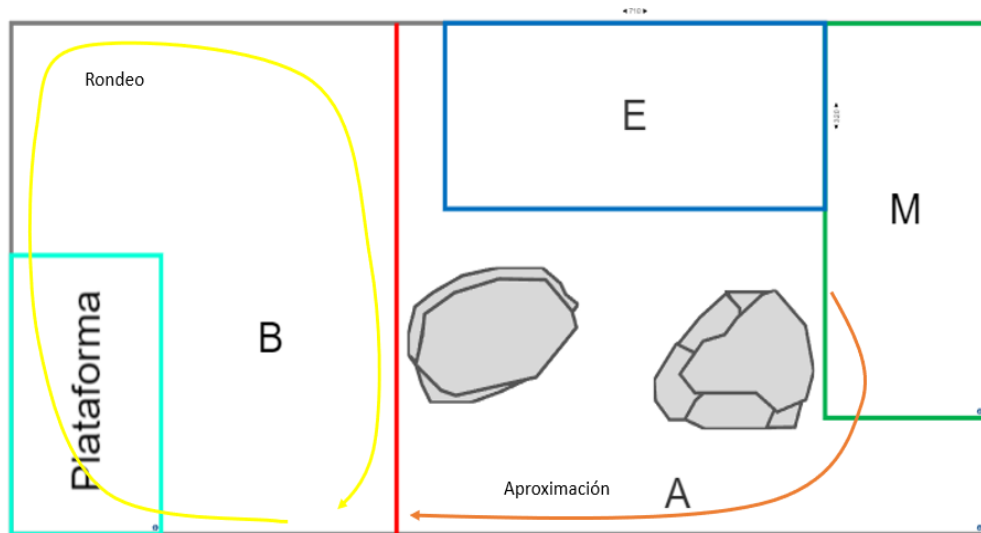
**Figura 24.** T1 (Manuela) acicalándose (izquierda) la flecha describe el movimiento ondulatorio del cuerpo, descansando después de acicalarse (derecha). Fotografías: Osteicochea (2022).

Bejarano y Robayo (2003), describieron este comportamiento de la misma manera, mencionan que este evento podría estar relacionado a estímulos reproductivos o de alimentación, esto no puede comprobarse con los datos obtenidos en este estudio dado que la totalidad de estos son hembras, por lo que no se han visto expuestos a estímulos reproductivos, mientras que los registros de acicalamiento ocurrieron durante horarios alejados al de alimentación, tanto en nado como estacionario.

- **Actividad de alimentación:** actividad realizada en el acuario, donde se le proporciona alimento a los tiburones mientras los turistas presentes interactúan con ellos.

Los comportamientos de alimentación ocurren de manera semi sucesiva, es decir, los individuos pueden no seguir el orden aquí expuesto, sin embargo, todos los comportamientos a describir fueron vistos en los 3 individuos al menos en una ocasión.

**Rondeo:** el individuo nada cerca de la plataforma, se acerca por A y comienza a nadar en B (**Figura 25**), este comportamiento se da en repetidas ocasiones antes de acercarse a la plataforma.



**Figura 25.** Desplazamiento en aproximación a la plataforma (flecha naranja) y desplazamiento durante el rondeo (flecha amarilla).

Bejarano y Robayo (2003), describen este comportamiento como un desplazamiento en círculos, en el que el individuo evalúa si subir a obtener alimento o esperar, esto corresponde con lo observado, dado que los individuos no subían a la plataforma inmediatamente después de iniciada la actividad. También aclaran que el desplazamiento se da en la superficie, exponiendo las aletas dorsales de los individuos, mientras que en este estudio es lo contrario, los individuos nadan cerca del fondo (**Figura 26**).

Es posible que la diferencia de comportamiento se deba a la diferencia de profundidad de las plataformas de alimentación, puesto que, en el Oceanario de Islas del Rosario, en el tiempo del estudio, la plataforma se encontraba en una zona de aproximadamente 1.5 m de profundidad, mientras que, en Mundo Marino, esta se encuentra en una zona de 3 m de profundidad. Si se suma esto con la menor

cantidad de individuos participando en la actividad, se evidencia que, en Mundo Marino, los tiburones disponen de mayor espacio en el que desplazarse, por lo que no se hace necesario que un individuo que se acerca hacia la plataforma deba hacerlo por la superficie.

Como ya se mencionó con anterioridad, se evidencia un comportamiento similar al rondeo descrito por Bejarano y Robayo (2003), sin embargo, este no se presenta durante la actividad de alimentación, como sí pasó en el estudio de 2003. La causa más probable es que los tiburones de Mundo Marino están habituados a estrategias diferentes para llegar a la plataforma, por lo que no se ven forzados a adoptar el mismo comportamiento, sin embargo, las exhibiciones de alimentación fuera del horario involucran un escenario distinto a la actividad regular de alimentación.



**Figura 26.** T3 (Willyana) en rondeo, la flecha roja representa el desplazamiento por el fondo. Fotografía: Osteicochea (2022).

**Anclaje:** una vez terminado el rondeo, el individuo nada hacia arriba, asoma la cabeza sobre la plataforma, apoyándose sobre las aletas pectorales, mientras deja caer el tronco y la cola por debajo de la plataforma (**Figura 27**).



**Figura 27.** T1 (Manuela) anclado en la plataforma. Fotografía: Osteicochea (2022).

**Escalada:** el individuo sube el resto de su cuerpo ondulando su cuerpo mientras apoya las aletas pectorales y pélvicas. Para realizar este movimiento, el individuo dobla su cuerpo mientras apoya las aletas en la plataforma, generando que avance hacia adelante (**Figura 28**). En el estudio de Bejarano y Robayo (2003) describen el comportamiento de “Tanteo”, en el cual los individuos asoman la cabeza por fuera del agua mientras se apoyan en la plataforma, buscando una oportunidad para la obtención de alimento, por lo que se podría considerar un análogo al anclaje y escalada, dado que ambos ocurren antes de la obtención de alimento.

Al igual que con el rondeo, las diferencias de comportamiento entre este estudio y el de Bejarano y Robayo (2003) son dadas por la cantidad de individuos y la disponibilidad del espacio durante las actividades de alimentación en ambos acuarios, por lo que en un ambiente donde existe mayor disponibilidad de espacio para menos individuos, se verá reducida la rivalidad, fenómeno presente en el estudio en Islas del Rosario, en este se describe como “imposición” en el que los individuos buscan dominar al resto mediante movimientos bruscos y agresiones. Mientras tanto, en Mundo Marino, si bien se observaron ocasiones en las que un individuo no fue capaz de subir a la plataforma, no existieron eventos en los que se evidenciara agresión de un tiburón a otro, por lo que dichas ocasiones ocurrieron por una mala colocación del individuo a la hora de escalar.

La escalada puede interpretarse como un movimiento similar a la locomoción de los tiburones del género *Hemiscillum*, sin embargo, el mecanismo empleado por estos es distinto al descrito en este estudio. *Hemiscillum* emplea las aletas pectorales y pélvicas como apoyo sobre el sustrato, doblando el cuerpo con el tronco como eje central, al mismo tiempo que realizan rotaciones en las aletas más próximas a la dirección en la que se dirigen (Goto *et al.*, 1999; Porter *et al.*, 2022), mientras tanto, en este estudio, la región ventral es el punto principal de apoyo, mientras que las aletas son un apoyo secundario fruto de los movimientos del animal (**Figura 28**).



**Figura 28.** T2 (Brenda) anclado (izquierda) y escalando (derecha) Las flechas rojas indican las aletas pectorales y pélvicas apoyadas en la plataforma. Fotografías: Osteicochea (2022).

**Captura:** el individuo obtiene el alimento utilizando succión con la boca (**Figura 29**). Este evento puede darse tanto en la posición de anclaje como en posición de escalada, sin embargo, el encargado de alimentación procura que el individuo capture el alimento en esta última, dado que esta es la posición segura para que las personas puedan tocar al tiburón y la más cercana para apoyarse en el borde del acuario sin mencionar que permite que el encargado de alimentación mantenga el individuo a la vista, ganando mayor control de la situación.



**Figura 29.** T3 (Willyana) previo a capturar el alimento, el encargado está ofreciendo el trozo de pescado directamente frente al hocico (Izquierda) y T3 succionando alimento (derecha). Fotografías: Osteicochea (2022).

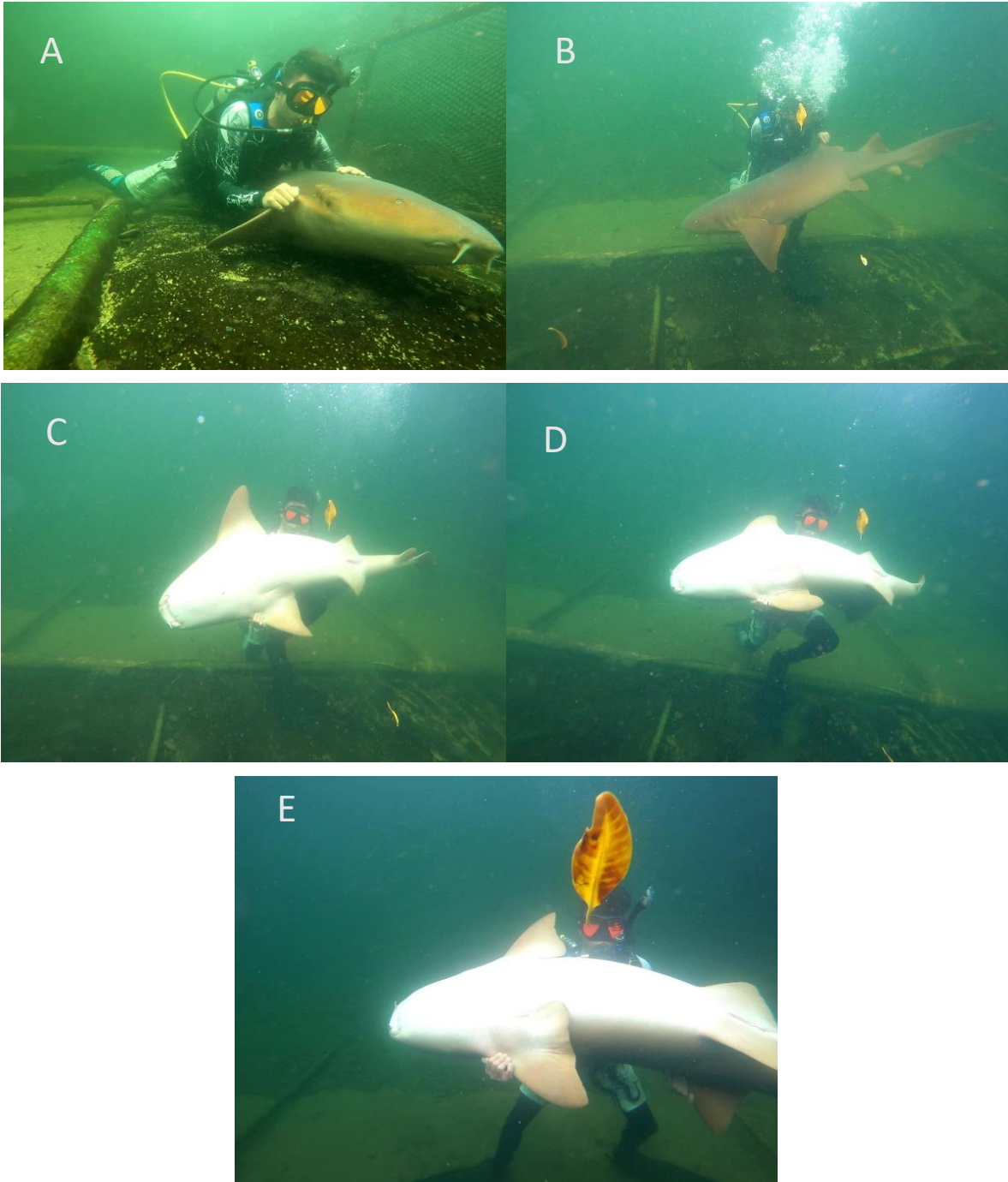
**Retirada:** una vez obtenido el alimento, el individuo se mueve hacia el borde de la plataforma y se aleja.

Bejarano y Robayo (2003) también reportaron el comportamiento de “ramoneo”, en el que, al retirarse, los tiburones buscan y consumen pedazos de alimento que hayan podido caer en el fondo. En el caso de este estudio no se observó dicho comportamiento, dado que no es posible que caigan pedazos de alimento con el tamaño suficiente para llamar la atención de los tiburones, debido a que los demás peces presentes consumirían el alimento antes que los tiburones.

### **4.3 ADIESTRAMIENTO DE INDUCCIÓN A LA INMOBILIDAD TÓNICA**

El adiestramiento se realizó con T1, aprovechando la IT para llevar un proceso de habituación a la manipulación dado que se llevaría a cabo una intervención veterinaria.

Para inducir la IT se toma al individuo por el origen de la aleta pectoral con una mano y por la primera dorsal con la otra, aplicando presión en la pectoral constantemente (**Figura 30A**). Esta parte del proceso, dependiendo de la receptividad del individuo, puede variar en duración, puesto que cada individuo puede presentar mayor o menor resistencia. Una vez se tiene al tiburón en el fondo, se levanta por las aletas, llevándolo a la altura de la rodilla (**Figura 30B**), inmediatamente después, se pasa el brazo por debajo de la cabeza del animal, sin soltar la aleta pectoral, causando que se dé vuelta y quede boca arriba (**Figura 30C-D**), finalmente, se deja descansar el animal sobre el brazo que sujeta la aleta pectoral y se apoya la mano libre en la aleta dorsal, brindando apoyo adicional al cargar el individuo (**Figura 30E**).



**Figura 30.** Proceso de inducción de IT. Se toma al individuo por la aleta pectoral y primera dorsal en el fondo (A), se levanta al individuo a la altura de la rodilla (B), se le da la vuelta con el brazo que toma la aleta pectoral (C-D) y se deja descansar sobre el brazo (E). Fotografías: Orozco (2022).

#### 4.4 PROTOCOLO DE INDUCCIÓN A LA INMOBILIDAD TÓNICA

En este proceso se requieren 2 personas nadando: buzo y asistente. El buzo es el encargado de inducir la IT en el individuo objetivo en ese momento, mientras que el asistente es la persona encargada de encontrar, tomar y/o ahuyentar al tiburón dependiendo de la situación. Ambos deberán seguir el proceso en el diagrama de flujo adjunto (**Anexo B**). Este se explica a detalle en la **Tabla 2**.

- **Objetivo del proceso**

El proceso de inducción de inmovilidad tónica tiene como objetivo lograr reproducirla correctamente en el individuo, asegurándose de mantener la integridad de este y facilitando el manejo al realizarse una intervención; adicionalmente, reduciendo el estrés que dicha manipulación pueda causar.

- **Alcance**

Este proceso aplica a los tiburones pertenecientes a la especie *Ginglymostoma cirratum* dispuestos en el entorno del mega acuario de la Fundación Museo del Mar, Acuario Mundo Marino en Rodadero, Santa Marta. Debe tomarse en cuenta el sexo, madurez, habituación a interactuar con personas y otros aspectos etológicos, si se desea realizar este procedimiento en otras instalaciones.

- **Generalidades**

Este procedimiento causa que el animal que se está manipulando, entre en un estado catatónico de catatonía en el que se mantiene completamente inmóvil, por lo que se facilita el manejo para realizar cualquier procedimiento, principalmente intervenciones veterinarias y minimiza el estrés que se genera sobre el organismo, reduciendo la probabilidad de aparición de enfermedades asociadas al estrés y evitando posibles comportamientos agresivos o de aislamiento.

**Tabla 2.** Descripción del procedimiento de inducción de IT. Se detalla cada proceso dentro de este y se aclara el significado de cada paso.

<b>Fase</b>	<b>Paso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
Preparación	Preparación buzo	El buzo prepara su equipamiento. Este corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aletas</li> <li>• Careta</li> <li>• Chaleco</li> <li>• Tanque de aire</li> <li>• Cinturón de lastres</li> </ul>	Buzo
	Preparación asistente	El asistente prepara su equipamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aletas</li> <li>• Careta</li> <li>• Cinturón de lastres</li> </ul> Solo se utiliza el cinturón de lastres en caso de considerarse necesario.	Asistente
Reinducción	Decisión: ¿El equipo es utilizable?	Se revisa que el equipo sea utilizable, en caso de serlo, se ingresa al mega acuario. Dado el caso de que no sea utilizable, no se puede realizar el proceso.	Buzo y asistente
	Decisión: ¿Tiene ubicado al tiburón?	Una vez dentro del mega acuario, se debe ubicar al tiburón, en caso de no tenerlo, debe ubicarlo. En el caso de que lo tenga ubicado, se procede a aproximarse al tiburón.	Buzo y asistente
	Decisión: ¿El tiburón está nadando?	La manera de actuar depende de si el tiburón se encuentra en movimiento. Si este se encuentra en movimiento, el asistente nada detrás del tiburón mientras el buzo sigue al asistente.	Buzo y asistente
	Decisión: ¿El tiburón está en el manglar?	En caso de que el tiburón no se encuentre nadando, se puede actuar de dos maneras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se encuentra en el manglar, el asistente entra al manglar, nadando por la superficie, con el propósito de ahuyentar al tiburón, mientras que el buzo se posiciona en la entrada sin obstruirle el paso al tiburón, esto para que pueda tener una posición cómoda para tomarlo.</li> <li>• Si no se encuentra en el manglar, el asistente se acerca al tiburón por detrás y lo toma, esperando al</li> </ul>	Buzo y asistente

	buzo para que este lo releve y pueda iniciar la fase de inducción	
Ingrese al manglar	El asistente debe ingresar al manglar nadando por la superficie	Asistente
Haga que el tiburón salga nadando	Debe hacer que el tiburón salga nadando. Para esto puede tocar ligeramente la aleta dorsal, tomarla o tocarle la cola.	Asistente
Decisión: ¿El asistente sacó al tiburón?	Al momento de estar en posición en la entrada del manglar, si el asistente no ha ahuyentado al tiburón, debe mantenerse en la entrada, esperando a que este lo ahuyente.	Buzo
Decisión: ¿Quién tomó el tiburón?	Dependiendo de quién haya tomado al tiburón, en el caso del asistente, debe mantener al tiburón al alcance del buzo, en cambio, el buzo debe proceder al proceso de darle vuelta.	Buzo y asistente
Mantener el agarre al tiburón	Si el asistente toma al tiburón, este debe retenerlo y evitar que nade, esperando a que el buzo lo alcance.	Asistente
Disponer el tiburón al buzo	Se deja acceso libre para que el buzo pueda tomar la aleta dorsal y la pectoral derecha del tiburón	Asistente y buzo
Inducción		
Decisión: ¿El buzo tomó el tiburón?	Se debe comprobar que el buzo tiene un agarre sólido. En caso de tenerlo, el asistente deja ir el tiburón con el buzo. En caso de no tenerlo, el asistente mantiene el agarre y sigue esperando a que el buzo tenga buen agarre	Buzo y asistente
Levantar al tiburón	El buzo toma al tiburón y lo levanta a la altura de las piernas o de la cintura.	Buzo

Dar vuelta al tiburón	El buzo voltea el tiburón. Para hacer esto, se debe utilizar el brazo derecho, con el que se está tomando la aleta pectoral, para hacer que el animal de vuelta sobre su propio eje dorso-ventral, apoyando la cabeza sobre el brazo. Para levantar al animal se utilizan ambos brazos, sin soltar ninguna de las aletas tomadas	Buzo
Decisión: ¿El tiburón se mueve estando volteado?	Se debe comprobar si el tiburón está realizando movimientos aun estando dado vuelta. Si el tiburón no está moviéndose, continúe con el procedimiento. Si el tiburón se mueve, se debe pasar a la siguiente decisión.	Buzo
Decisión: ¿La intervención terminó?	Se decide qué hacer con base en si la intervención ha terminado o no. Si la intervención terminó, ya se puede liberar al tiburón. Si aún no ha terminado, se debe seguir con la inmovilidad.	Buzo
Mantener el agarre	Mantener el agarre al tiburón	Buzo
Decisión: ¿El tiburón se sigue moviendo?	En caso de que el tiburón se siga moviendo sin haber terminado la intervención, se debe tomar al tiburón con mayor fuerza para evitar que este pueda liberarse. En caso de que no se siga moviendo, se debe esperar hasta que termine la intervención para liberarlo.	Buzo
Incrementar la fuerza del agarre	Se toma al tiburón con mayor fuerza, evitando que este se mueva.	Buzo

- **Recomendaciones**

- Ambos buzo y asistente deben estar siempre cerca y a la vista del otro.
- Mantenerse siempre detrás o del lado del tiburón, evitando quedar completamente en frente, esto para evitar intimidarlo y/o estresarlo.

- Mantener las extremidades siempre alejadas del hocico del tiburón al momento de manipularlo.
- De ser posible, se debe recompensar al tiburón al terminar cualquier intervención que se le realice dándole una porción de su respectivo alimento.
- Asegurarse de manejar correctamente al tiburón, evitando hacer movimientos agresivos al manipularlo.
- Antes de realizar el proceso, ambas personas deben estar en la capacidad de diferenciar a cada individuo.
- En días posteriores a la manipulación, se debe evaluar que no haya habido efectos por la manipulación al tiburón.
- Apenas terminado el proceso, se debe alimentar al tiburón manipulado, esto con el fin de generar asociación entre la manipulación humana y una recompensa en forma de alimento.

#### **4.5 IMPLEMENTACIÓN DE MEDICIONES MORFOMÉTRICAS PERIÓDICAS**

- **Objetivo**

Consolidar información acerca de las dimensiones de los ejemplares del acuario, sentando la base para el control de crecimiento y la elaboración de dietas o determinar la dosis necesaria de un medicamento.

- **Toma de mediciones**

En el proceso de toma de medidas morfométricas se requieren 4 personas: un encargado de inmovilizar al animal (Buzo), un encargado de asistir al buzo (asistente) un encargado de medir el tiburón y un encargado de registrar las mediciones en el formato de toma de medidas. Se requiere que los encargados dispongan de los siguientes materiales (**Tabla 3**).

**Tabla 3.** Lista de materiales requeridos por las personas encargadas de inmovilizar (inmovilidad), asistir (asistencia), medir (medición) y registrar (registro).

Ítem	Asistencia	Inmovilidad	Medición	Registro
Careta	1	1	1*	N/A
Aletas	1 par	1 par	1 par*	N/A
Cinturón de lastres	N/A	1	1*	N/A
Chaleco de buceo	N/A	1	1*	N/A
Tanque de aire	N/A	1	1*	N/A
Flexómetro	N/A	N/A	1	N/A
Formato de toma de medidas	N/A	N/A	N/A	3
Lápiz	N/A	N/A	N/A	2
Borrador	N/A	N/A	N/A	2
Tabla de apoyo	N/A	N/A	N/A	1

\*Se debe disponer de este equipo en caso de que se requiera que el encargado de las mediciones entre al agua.

Las medidas a tomar en cada tiburón suman un total de 9, separadas en laterales y ventrales (**Figura 32**).

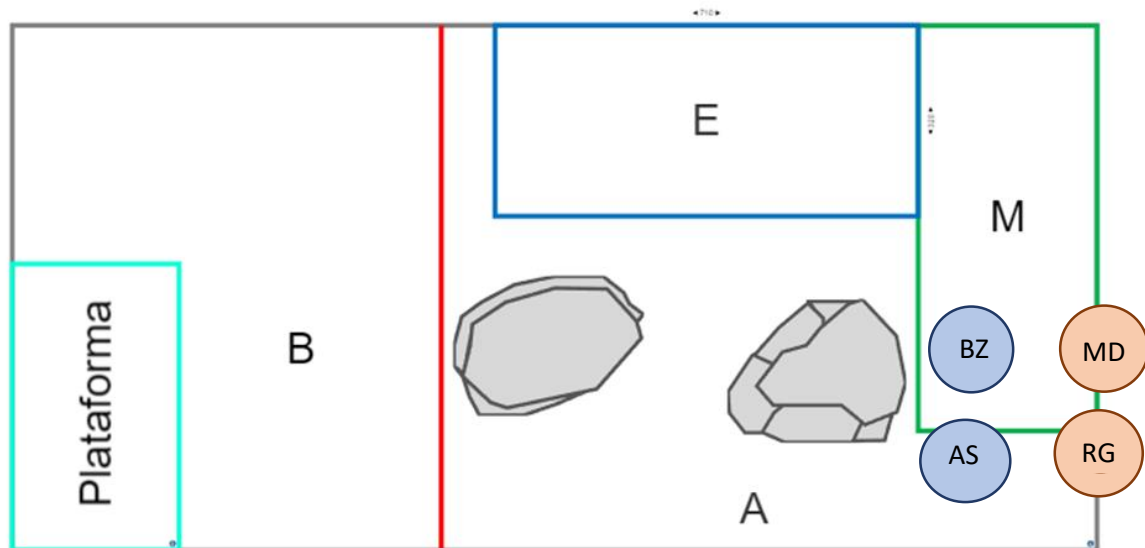
- **Medidas laterales**

- Longitud total (TL): se refiere al largo de todo el individuo, desde la punta del hocico hasta la punta de la aleta caudal.
- Altura de la cabeza (HDH): la altura que hay desde la región dorsal hasta la región ventral del animal en el punto del origen de la aleta pectoral.
- Altura del tronco (TRH): la altura dorso-ventral del animal en el punto de la inserción de la aleta pectoral.
- Altura del abdomen (ABH): la altura tomada a partir de la inserción de la primera aleta dorsal.
- Altura de la cola (TAH): altura tomada a partir de la inserción de las aletas pélvicas.

- **Medidas ventrales**

- Ancho de la cabeza (HDW): anchura del cuerpo a partir del origen de la aleta pectoral.
- Ancho del tronco (TRW): ancho del cuerpo a partir de la inserción de la aleta pectoral.
- Ancho del abdomen (ABW): ancho del cuerpo tomado a partir de la inserción de la primera dorsal.
- Ancho de la cola (TAW): anchura tomada desde la inserción de las aletas pélvicas.

Previo a la ejecución del proceso, se deben preparar porciones de alimento para recompensar a los tiburones. Las porciones constan de una unidad de pescado para cada individuo, esto funciona como un refuerzo a la asociación de manipulación con una recompensa, lo que facilita el manejo a futuro. Para tomar las medidas, el encargado de medir y el de registrar se ubican en el exterior del mega acuario en el lado somero (**Figura 31**), mientras que el buzo y el asistente se encuentran en el agua. Al estar en el área somera, el buzo puede mantenerse de pie en el fondo, asegurando que pueda manejar correctamente al tiburón inmobilizado.



**Figura 31.** Zonación del mega acuario. Se señalan los puntos en los que los encargados se deben ubicar. El buzo (BZ) y el asistente (AS) están dentro del agua sosteniendo el tiburón, mientras que el encargado de medir (MD) y de registrar (RG) se ubican fuera del agua en el borde del mega acuario. Este proceso se lleva a cabo en la entrada del montaje de manglar (M).

El buzo y el asistente deben ubicar, inmobilizar y trasladar al animal al área previamente establecida, una vez ahí, se dispone el tiburón para realizar las medidas. Mientras el buzo sostiene al animal, el asistente toma la punta del flexómetro y la ubica dependiendo de la medida que se esté tomando, mientras que el encargado de medir toma los datos y se los comunica al encargado de registrar. En caso de que el tiburón huya, se debe repetir el proceso hasta haber hecho todas las mediciones. El encargado de registrar debe llenar el formato de toma de medidas (**Figura 32**), en este se debe proveer la fecha de toma, la especie del tiburón medido, el nombre (referencia) con el que se designó en el acuario y el nombre de quien registra (observador).

Fundación Museo del Mar Acuario Mundo Marino			
Formato de mediciones morfométricas de tiburones			
Fecha		Especie	
Referencia		Observador	
Sigla	Medida	Medición (cm)	Observaciones
TL	Longitud total		
HDH	Altura de la cabeza		
TRH	Altura del tronco		
ABH	Altura del abdomen		
TAH	Altura de la cola		
HDW	Ancho de la cabeza		
TRW	Ancho del tronco		
ABW	Ancho del abdomen		
TAW	Ancho de la cola		

**Figura 32.** Formato de toma de medidas de tiburones empleado para morfometría. Ilustraciones tomadas y modificadas de: Compagno *et al.* (2001)

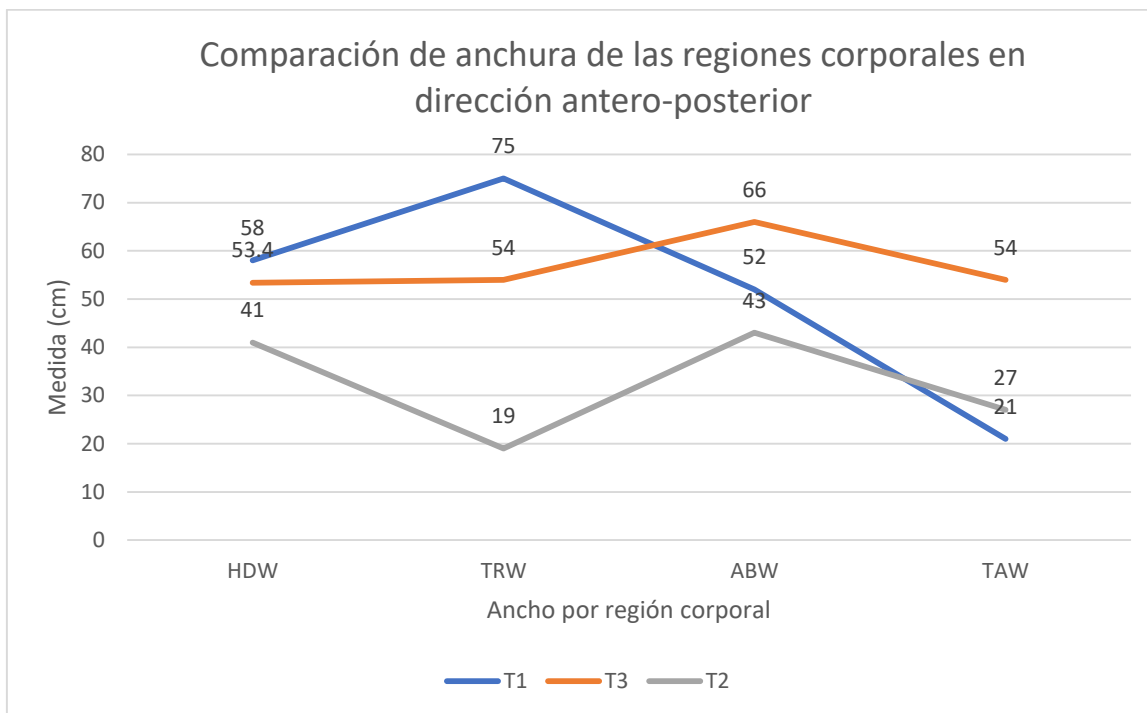
#### 4.6 MEDIDAS MORFOMÉTRICAS DE LOS EJEMPLARES EVALUADOS

Se encontró que todos los individuos superan los 250 cm de LT, T1 (Manuela) es el más largo con 260 cm, le sigue T3 (Willyana) con 252 cm y T2 (Brenda) con 251 cm. T1 (Manuela) posee las mayores medidas de ancho, mientras que los 3 individuos poseen medidas similares de altura (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Mediciones morfométricas expresadas en cm para T1, T2 y T3. Se encuentran longitud total (LT), ancho-alto respectivamente de la cola (TAW-TAH), cabeza (HDW-HDH), tronco (TRW-TRH) y abdomen (ABW-ABH).

Medida (cm)	T1	T2	T3
	Manuela	Brenda	Willyana
LT	260	251	252
HDW	58	41	53.4
ABW	52	19	54
TRW	75	43	66
TAW	21	27	54
TRH	33	34	35
HDH	35	18	32
ABH	35	36	26.4
TAH	22	25	26.4

Las medidas de T2 (Brenda) destacan por ser las menores en la mayoría de los casos, mientras que T1 (Manuela) y T3 (Willyana) son aparentemente similares. T1 muestra tener un cuerpo ancho hasta llegar a la cola, donde se vuelve delgado abruptamente, a diferencia de T3, donde la diferencia de medidas entre la cola y el resto del cuerpo es menos pronunciada. Se evidencia que las medidas de T1 (Manuela) se reducen pronunciadamente y las de T3 (Willyana) se mantienen relativamente similares, mientras, en T2 (Brenda) se reducen a la altura del tronco, para volver a ensancharse en el abdomen (**Figura 33**).



**Figura 33.** Comparación de las medidas de ancho en dirección antero-posterior (desde la cabeza hasta la cola) para T1 (Manuela), T2 (Brenda) y T3 (Willyana). Ancho-alto respectivamente de la cola (TAW-TAH), cabeza (HDW-HDH), tronco (TRW-TRH) y abdomen (ABW-ABH).

#### 4.7 MEDICIÓN DE RECEPTIVIDAD

En general, se evidencia que T1 es el individuo más receptivo a IT, con un 100% de receptividad, mientras que los otros la mostraron en menor medida, T2 con 15.4% y T3 con 36.8%. Asimismo, T1 obtuvo un tiempo promedio de 2:25, mientras que T2 y T3 obtuvieron tiempos cercanos, 1:59 y 1:51 respectivamente (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Mediciones de receptividad (R) expresada en porcentaje y tiempo promedio en IT expresado en minutos para T1, T2 y T3.

Medición	T1	T2	T3
R (%)	100	15.4	36.8
Tiempo promedio (min)	2:25	1:59	1:51

Aparentemente, no existe relación entre el tiempo en IT y el tamaño del individuo, porque si bien T1 presenta el mayor tiempo, T2 y T3 presentaron promedios de tiempo aparentemente similares a pesar de la diferencia de tamaño que estos dos individuos presentan. Previamente no se ha encontrado evidencia de que exista una relación entre el tamaño de un individuo y la duración del estado de IT en este (Stamper, 2004). Watsky y Gruber (1990) determinaron que no existe relación entre el sexo y tamaño de los individuos de *Negaprion brevirostris*, en lo que sí se encontró relación fue entre los espacios de tiempo entre cada intento de inducción y la duración del estado, donde el grupo en el que menos espacio de tiempo hubo entre cada intento de IT presentaron el mayor tiempo en promedio.

Henningsen (1994) y Whitman *et al.* (1986) realizaron sus estudios en especies de menor tamaño que *G. cirratum* y obtuvieron tiempos promedios menores a los medidos en este estudio; sin embargo, se debe tener en cuenta que, si bien la habituación a la inducción de IT no afecta los tiempos, la habituación al contacto con humanos y a la manipulación sí puede afectar. Durante la inducción de IT a T1 fuera del estudio, este estuvo en contacto tanto con los encargados del acuario como con personas desconocidas. Al estar en contacto con los desconocidos, T1 se mostraría menos receptivo a la manipulación y más esquivo al contacto con cualquier encargado, mientras el desconocido se encontrará cerca, inclusive al estar en IT, si el desconocido entraba en el campo de visión de T1, este inmediatamente se voltearía y buscaría huir, este comportamiento se repitió en cada ocasión en que una persona desconocida para el tiburón estaba presente.

Henningsen (1994) adelantó su investigación con tiburones de la colección del Acuario Nacional de Baltimore, por lo que estos individuos estarían habituados al contacto humano; sin embargo, no estaban habituados al contacto con Henningsen, por lo que su presencia pudo afectar la duración del estado de IT. El caso de Whitman *et al.* (1986) es incluso más evidente, dado que se estudiaron individuos de vida libre, por lo que no se encontraban habituados al contacto humano de ninguna manera.

## 5. ACTIVIDADES DE APOYO

Durante las jornadas de trabajo en Mundo Marino, se realizaron distintas actividades como apoyo al personal del acuario.

### 5.1 ALIMENTACIÓN

La actividad desarrollada en mayor medida, fue la alimentación; específicamente se proporcionó alimento en el encierro del Megaacuario, rayario, túnel de exhibición, acuario arrecifal y enfermería. En el encierro se encuentran dos tortugas *Caretta caretta*, Tamara (macho) y Perla (hembra), y múltiples peces de menor tamaño. Para las tortugas se preparan porciones de 2 kg y 500 g para Tamara y Perla respectivamente, por lo general se emplea el machuelo (*Opisthonema oglinum*) y el sable (*Trichurus lepturus*) entero. Para los peces se prepara comida en trozos pequeños, por lo general se utiliza machuelo, sable, en ocasiones camarón precocido y hubo momentos en los que se alimentó con tití *Chriodorus atherinoides* (Figura 34).



**Figura 34.** Preparación de alimento para el encierro. Fotografía: Orozco (2022)

El rayario cuenta con 4 rayas látigo (*Hypanus americanus*) y rayas redondas (Urotrygonidae) Se les alimenta con camarón entero, se comienza golpeando la superficie del agua con los dedos cerca al borde del rayario, este gesto se utiliza como aviso de alimentación para los animales, cuando las rayas responden, se presenta el alimento frente al individuo a alimentar, seguido de esto se retira la mano por la pared, haciendo que esta escale y la cabeza quede expuesta, se procede a levantar el disco para exponer la boca y se dispone el alimento para que el animal lo consuma. Para el túnel se preparan alimentos concentrados de diferentes tamaños para ajustarse al tamaño de la boca del animal a alimentar. Los alimentos concentrados se disponen por la parte trasera del montaje de exhibición, dejando caer alimento hasta notar la saciedad de todos los animales. El acuario arrecifal cuenta con una simulación de arrecife coralino, elaborada con piedras traídas del mar. Aquí se encuentran peces de arrecife y una tortuga *C. caretta*, Jacara (macho). Se alimenta a los peces con una mezcla de camarón precocido, chipi chipi (*Donax denticulatus*) y trozos pequeños de pescado, se lanzan los trozos desde el borde del acuario, dejando que se disperse y se hunda hasta donde se encuentran los peces. Durante la práctica profesional, se encontraban 3 tortugas en la enfermería: Canela y Jacara (*C. caretta*) y María Paula (*Eretmochelys imbricata*). El alimento para estas se prepara troceando pescado proporcional al tamaño de la boca del individuo a alimentar, a continuación, se dispone el alimento frente al individuo y se suelta en su boca para que este pueda tragar.

## **5.2 LIMPIEZA DE VENTANALES DEL MEGA ACUARIO**

Periódicamente, se deben retirar las algas que crecen sobre los vidrios de los ventanales del mega acuario, dado que obstruyen la vista al interior. Esto se hace raspando la capa de algas con una hojilla afilada, seguido de pasar una esponja para retirar cualquier remanente que pudiera quedar en el vidrio.

### 5.3 INDUCCIÓN SOBRE LA IDENTIFICACIÓN DE TIBURONES

Se dictó una inducción a la identificación de los tiburones presentes en el mega acuario para los guías (**Figura 35**). Aquí se enseñaron las características morfológicas de *G. cirratum*, distribución, aspectos de comportamiento, importancia ecológica y las características que permiten diferenciar a los tiburones del mega acuario.



**Figura 35.** Presentación de identificación de los individuos impartida a los guías de Mundo Marino. Fotografías: Orozco (2022).

## 6. CONCLUSIONES

- La morfología de las aletas dorsales y caudal, la presencia de marcas por desgaste, y lesiones evidentes son características que permiten identificar los individuos del Mega acuario.

- El muestreo *ad libitum* mostró que existe una distribución del tiempo que se invierte en actividad y descanso. La actividad se concentra en el periodo 16:00-17:00, dado que este es el horario en el que se realiza la alimentación en el Acuario Mundo Marino. Este sesgo se ha presentado en otros recintos en los que se encuentran ejemplares de *G. cirratum*, bajo cuidado humano.
- Los tiburones invierten la mayor cantidad de tiempo del día en inactividad. Estos muestran preferencia hacia M como zona de descanso; además existe preferencia por descansar junto a individuos, en específico.
- El espacio disponible y el número de individuos juegan un rol importante en los comportamientos, durante las actividades de alimentación. Si bien se sigue un patrón similar, la manera en la que se dan dichos comportamientos es distinta en el caso de disponibilidad de espacio reducida.

## 7. RECOMENDACIONES

- La intensidad horaria para las observaciones fue relativamente baja, en comparación con otros estudios; se recomienda que se realice durante jornadas más largas con periodos mayores a una hora.
- Se sugiere adelantar observaciones entre las 18:00 y 6:00 horas, dado los hábitos nocturnos de *G. cirratum*.
- Para estandarizar el Protocolo de Inducción a la Inmovilidad Tónica estructurado, se requiere su replicación en un n representativo de individuos, acorde a posibles tratamientos estadísticos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Bejarano, M. y Robayo. A. 2003. Determinación de patrones básicos de comportamiento del tiburón nodriza *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788) en el oceanario Islas del Rosario, Cartagena. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 119 p.

- Bejarano, M., Rodriguez, T. y Valverde, C. 2001. Aspectos preliminares sobre el fenómeno de inmovilidad tónica en el tiburón nodriza *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1788) en el acuario mundo marino (Rodadero, Santa Marta). Seminario de Investigación. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de ciencias naturales e ingeniería. 44p.
- Bent H., Ballesteros C. y Acero A. 2017. *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1788). 102-106 p. En: Chasqui V., L., A. Polanco F., A. Acero P., P.A. Mejía-Falla, A. Navia, L.A. Zapata y J.P. Caldas. (Eds.). 2017. Libro rojo de peces marinos de Colombia."
- Beltrán, S. y A. Vergara. 1990. Estudio anatómico, citoarquitectónico y de ultraestructura del cerebro en tiburones de las familias Sphyrnidae, Carcharhinidae y Ginglymostomidae. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 129 p.
- Castro, J. 2000. Biology of the nurse shark *Ginglymostoma cirratum* off the Florida east coast and the Bahama islands. *Environmental Biology of Fishes*, Kluwer Academic Publishers 58(1), 1–22p.
- Carrier, J., Pratt, H., y Martin, L. 1994. Group Reproductive Behaviors in Free-Living Nurse Sharks, *Ginglymostoma cirratum*. *Copeia*, 1994(3), 646-656 p. doi:10.2307/1447180.
- Compagno, L.J.V. 2001 Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1(2). 269p.
- Collin, S., Kempster, R., & Yopak, K. 2015. How Elasmobranchs Sense Their Environment. *Physiology of Elasmobranch Fishes: Structure and Interaction with Environment*, 19–99p. doi:10.1016/b978-0-12-801289-5.00002-x.
- García, L., Guerrero R. y Tapia R. 1999. Obtención de un compuesto antimicrobiano a partir de hígado, estómago y órgano epigonal del tiburón nodriza (*Ginglymostoma cirratum*). Tesis Biol., Univ. Atlántico, Barranquilla. 86 p.
- Goto T., Nishida K., Nayaka K. 1999. Internal morphology and function of paired fins in the epaulette shark, *Hemiscyllium ocellatum*. *Ichthyological Research*. 46 (3): 281-287p.
- Grijalba-Bendeck, M., Acero A., Díaz-Trujillo E. y Gómez F. 2009. Estado del conocimiento de los peces cartilagosos del Caribe continental de Colombia. En: Puentes, V. Navia P. Mejía-Falla, J., Caldas, M. Diazgrandos y Zapata L. (Eds). Avances en el Conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF, 245 p
- Henningsen, A. 1994. Tonic immobility in 12 elasmobranchs: Use as an aid in captive husbandry. *Zoo Biology*, 13(4), 325–332p. doi:10.1002/zoo.1430130406
- Hussain, S. 1991. The behaviour of sharks in captivity. *Indian Journal of Fisheries*, 38(3), 151-158p.

- Lemóné, S. 2020. Tonic immobility in two species of southern African catsharks. University of the Western Cape, Department of Biodiversity and Conservation 58p.
- Mantilla, L. y V. Vergara. 1996. Efecto de los órganos hematopoyéticos del tiburón
- nodriza, *Ginglymostoma cirratum*, en un cultivo in vitro de células tumorales. Mem. Sem. Nal Cienc. Tecn. Mar, COLCIENCIAS-Comisión Colombiana del Oceano, Bogotá.13 p.
- Mejía, P., Navia, A., y Salcedo, J. 2019. Lista de chequeo de elasmobranquios marinos de Colombia. Universitas Scientiarum, 24(1), 164-199p.
- Pacoureaux, N., Rigby, C., Kyne, P., Sherley, R., Winker, H., Carlson, Fordham, S., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M., Jabado, R., Herman, K., Liu, K., Marshall, A., Pollom, R., Romanov, E., Simpfendorfer, C., Yin, J., Kindsvater, H. y Dulvy, N. 2021. Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. Nature, 589(7843), 567–571p. doi:10.1038/s41586-020-03173-9.
- Porter M., Hernández A., Connor G. y Rummer J. 2022. Aquatic Walking and Swimming Kinematics of Neonate and Juvenile Epaulette Sharks. Integrative and Comparative Biology 62(6) 1710–1724p.
- Rosa, R., Castro, A., Furtado, M., Monzini, J. y Grubbs, R.D. 2006. *Ginglymostoma cirratum* (Western Atlantic subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2006. 11p. e.T60224A12327471. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T60224A12327471.en>.
- Stamper, M. 2004. Chapter 21: Elasmobranch Immobilization. Elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays and their relatives. Ohio biological survey. Columbus, Ohio. 284p ISBN: 978-0-86727-152-3.
- Vergara, E., y Mantilla A. 1996. Morfología comparativa de las células sanguíneas del Tiburón nodriza *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1788) con diversidad de peces. Dahlia, 1: 97-102p.
- Williamson, M., Dudgeon, C., y Slade, R. 2018. Tonic immobility in the zebra shark, *Stegostoma fasciatum*, and its use for capture methodology. Environmental Biology of Fishes, 741–748 p. doi:10.1007/s10641-018-0734-2.

## 9. ANEXOS

Fichas de identificación de tiburones de Mundo Marino		Fichas de identificación de tiburones de Mundo Marino	
Manuela		Willy	
Descripción	Características	Descripción	Características
<p>Longitud total: 2.40 m</p> <p>Aletas dorsales distintas, margen posterior recto en la primera, sin prolongación en el extremo libre (A, círculo rojo); segunda tiene margen posterior con ligera curvatura y prolongación en el extremo libre (B, círculo rojo).</p> <p>Lóbulo terminal posee punta posterior curva (C, círculo rojo) margen terminal recto y con desgaste (C, línea punteada).</p> <p>Posee una lesión en el ojo derecho, en forma de un cuerpo blanco (D, círculo rojo).</p>	<p><b>A</b> <b>B</b></p> <p>Detalle de las aletas dorsales, (A: primera, B: segunda) se señalan los extremos libres</p> <p><b>C</b></p> <p>Detalle del lóbulo terminal, el círculo rojo señala la punta posterior, la línea punteada muestra el margen terminal</p> <p>Detalle de la lesión ocular, se encierra el cuerpo blanco.</p>	<p>Longitud total: +2.40 m</p> <p>Ambas aletas dorsales iguales, margen posterior recto y sin desgaste.</p> <p>Extremos libres de primera (A) y segunda dorsal (B) alargados, en la segunda (B, círculo) es más largo que en la primera (A, círculo).</p> <p>Lóbulo terminal con punta posterior curva (C, círculo) y ligeramente alargada, margen terminal recto con desgaste (C, línea punteada).</p> <p>Aleta pectoral izquierda muestra desgaste con un patrón evidente en el margen posterior (D, círculo)</p>	<p><b>A</b> <b>B</b> <b>C</b></p> <p>Detalle de las aletas dorsales (izquierda) y el lóbulo terminal (derecha). Se señalan los extremos libres (A y B, círculos) punta posterior (C, círculo) y margen terminal (C, línea punteada).</p> <p><b>D</b></p> <p>Detalle del desgaste en el margen posterior de la aleta pectoral izquierda, se señala el patrón de desgaste (D, círculo)</p>

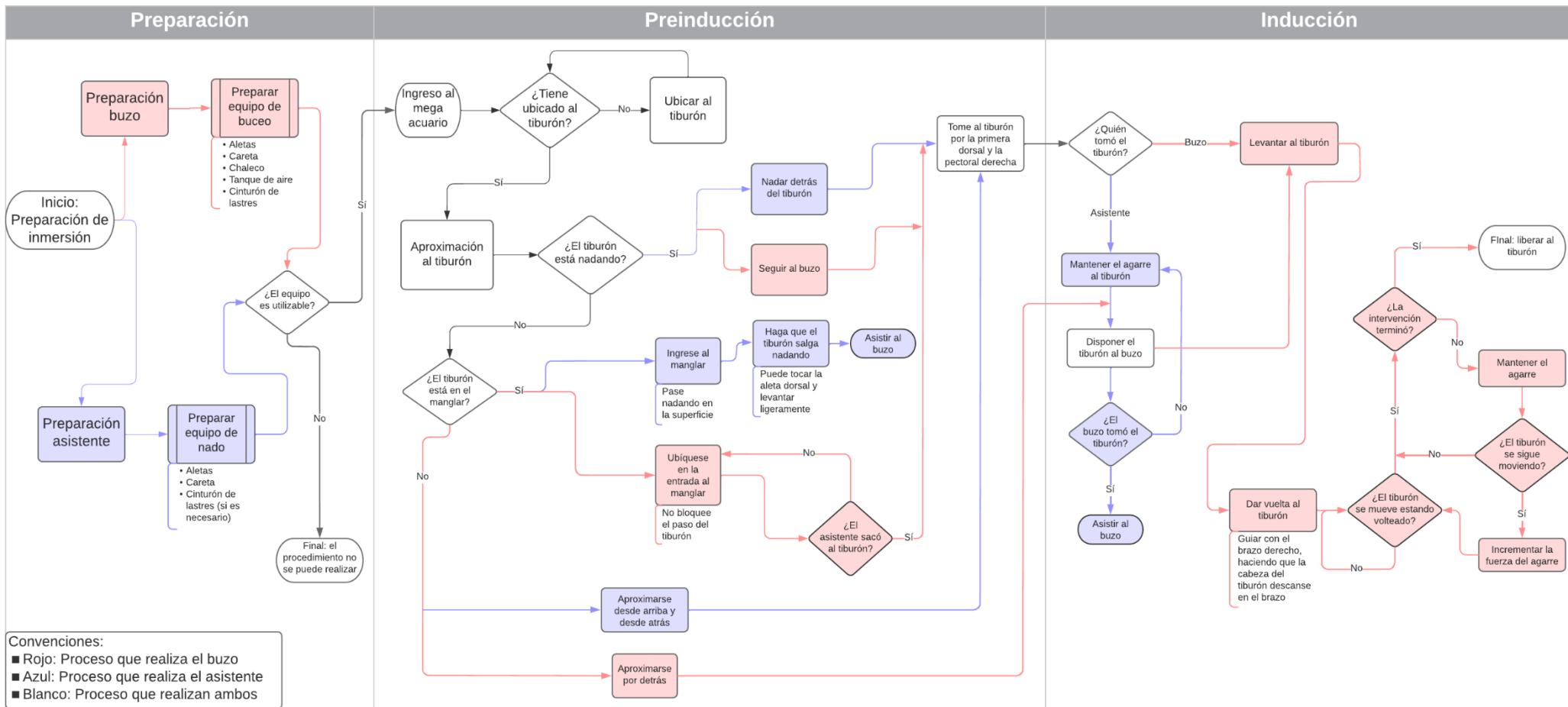
Fichas de identificación de tiburones de Mundo Marino	
Brenda	
Descripción	Características
<p>Longitud total: +2.10 m</p> <p>Ambas aletas dorsales iguales, con ápices (A, flecha) redondeados y margen anterior (A, línea punteada) curvo, extremos libres, extendidos y redondeados (A, círculo rojo).</p> <p>Lóbulo terminal corto con punta posterior curvada (B, círculo) y corta, margen terminal curvado en la porción inferior (D, línea punteada).</p> <p>El dorso tiene una protuberancia remanescente a una joroba (C).</p>	<p><b>A</b> <b>B</b></p> <p>Detalle de la primera dorsal, se señala el extremo libre (A, círculo rojo) y el lóbulo terminal (B), se señala la punta posterior (B, círculo rojo), la línea punteada indica la curvatura del margen terminal (B)</p> <p>Detalle del dorso, la línea punteada muestra el contorno de la protuberancia (C)</p>

Fichas de identificación de tiburones de Mundo Marino	
Comparativa de aletas dorsales	

Fichas de identificación de tiburones de Mundo Marino	
Comparativa de lóbulos terminales	

Fichas de identificación de tiburones de Mundo Marino	
Comparativa de cuerpo completo	

**Anexo A.** Fichas de identificación con la descripción de cada individuo: Manuela (T1), Brenda (T2) y Willy/Williana (T3).



**Anexo B.** Diagrama de flujo para la inducción de IT. Las secciones blancas aplican para ambos encargados, las secciones azules aplican únicamente al asistente y las secciones rojas aplican únicamente para el buzo.