

**DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE REHABILITACIÓN Y REFUERZO POBLACIONAL  
PARA UN EJEMPLAR DE *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) EN EL ACUARIO MUNDO  
MARINO, SANTA MARTA: ENFOQUE EN ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL  
NUTRICIONAL**

**PAULA ANDREA ROJAS BERNAL**

**Práctica profesional para optar por el título de Bióloga Marina**

**Docente Monitor  
ANDRÉS FRANCO HERRERA  
Biólogo Marino, Ph.D.**

**Tutor  
DIANA DEL VALLE PUELLO  
Bióloga Marina**

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA  
PROGRAMA DE BIOLOGIA MARINA  
SANTA MARTA, D.T.C.H.  
2025**

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	MARCO TEÓRICO .....	5
3.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO .....	6
3.1	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	6
3.2	OBJETIVOS .....	7
3.2.1	OBJETIVO GENERAL .....	7
3.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4.	METODOLOGÍA .....	8
4.1	ÁREA DE ESTUDIO .....	8
4.2	DISEÑO DEL PROTOCOLO .....	9
4.2.1	Diseño del estudio .....	9
4.2.2	Recolección de información.....	9
4.2.3	Criterios de rehabilitación y reintroducción .....	10
4.2.4	Análisis de datos .....	10
4.3	ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL .....	10
4.3.1	Áreas de implementación del enriquecimiento ambiental .....	11
4.3.2	Implementación del enriquecimiento nutricional.....	12
4.3.3	Estrategias de enriquecimiento ambiental .....	12
4.3.3.1	Congelación en cubos de hielo.....	12
4.3.3.2	Comedero de pescado .....	13
4.3.3.3	Malla de alimentación .....	14
4.3.3.4	Alimentación dirigida.....	14
4.3.4	Monitoreo y evaluación de la respuesta del ejemplar.....	15
4.4	EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO.....	15
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
5.1	Diseño del Protocolo .....	16
5.2	Evaluación de las estrategias de enriquecimiento ambiental .....	24
5.2.1	Tabla de evaluación de métodos de enriquecimiento ambiental y respuesta conductual de la tortuga marina en el área del encierro. ....	24
5.2.2	Tabla de evaluación de métodos de enriquecimiento ambiental y respuesta conductual de la tortuga marina en el área de la megapiscina .....	27
5.3	Evaluación del estado físico .....	30

5.3.1	Monitoreo de las apneas .....	30
5.3.1.1	Duración de las apneas del ejemplar bajo dos condiciones: con y sin enriquecimiento ambiental.....	30
5.3.1.2	Duración de las apneas del ejemplar según franjas horarias .....	31
5.3.1.2.1	Duración de las apneas en dos franjas horarias durante el periodo con aplicación del enriquecimiento ambiental .....	31
5.3.1.2.2	Duración de las apneas en dos franjas horarias durante el periodo sin aplicación del enriquecimiento ambiental .....	32
6	CONCLUSIONES .....	33
7	RECOMENDACIONES .....	34
8	BIBLIOGRAFÍA.....	35

## 1. INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de fauna silvestre es un proceso esencial para la recuperación y readaptación de animales afectados por la intervención humana, tanto en el ámbito físico como comportamental, con el objetivo de restablecer su estabilidad y devolverlos a su hábitat natural (Brieva *et al.*, 2000). Este proceso abarca la recuperación sanitaria, física, psíquica y conductual de los individuos, permitiéndoles desenvolverse de manera independiente. Para su correcta ejecución, es fundamental el conocimiento en biología y medicina veterinaria (Aprile y Bertonatti, 1996).

La rehabilitación se divide en dos categorías principales: física y biológica. La rehabilitación física busca restablecer la salud del animal, garantizando que pueda desplazarse, digerir alimentos, percibir estímulos y mantener una condición óptima mediante el manejo clínico y el monitoreo constante (Brieva *et al.*, 2000). Por otro lado, la rehabilitación biológica se enfoca en desarrollar habilidades necesarias para la supervivencia tras la liberación, como orientación, la búsqueda de alimento y refugio, la identificación de depredadores y la interacción con su entorno (Barragán-Fonseca y Varela, 2005).

Estos esfuerzos de rehabilitación se enmarcan en los programas de conservación, que surgieron como respuesta a la pérdida de biodiversidad y al impacto humano en los ecosistemas. Su objetivo es preservar especies, promover el desarrollo sostenible y mantener la diversidad genética y ecológica (CONABIO, 2000). Desde el siglo XX, se han creado áreas protegidas y normativas para la conservación de especies amenazadas. En este contexto, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES) de 1973 reguló el comercio de especies en peligro, y acuerdos como el Convenio sobre la Diversidad Biológica han promovido enfoques integrales que combinan ciencia, legislación y participación comunitaria (Lucero *et al.*, 2017).

Un ejemplo concreto de estas iniciativas es el Proyecto de Conservación de Tortugas Marinas del Acuario Mundo Marino en Santa Marta, el cual se dedica a la protección, rehabilitación y conservación de especies de tortugas marinas en el Caribe colombiano. Este programa se enfoca en la educación ambiental, la investigación científica y la recuperación de tortugas marinas heridas o en peligro. A través de la fase de levante, se fortalecen las poblaciones de *Caretta caretta* y *Eretmochelys imbricata*, mediante la

protección de crías, la rehabilitación de juveniles y adultos, y su introducción al hábitat natural, mejorando así su supervivencia y estabilidad.

## 2. MARCO TEÓRICO

Colombia alberga cinco de las siete especies de tortugas marinas a nivel global: la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga canal (*Dermochelys coriacea*) y la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), las cuales anidan en sus costas Caribe y Pacífica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). Todas se encuentran en categorías de amenaza según el Libro Rojo y la Resolución 1912 de 2017: *C. caretta*, *D. coriacea* y *E. imbricata* se encuentran en peligro crítico (CR), *C. mydas* está en peligro (EN) y *L. olivacea* se clasifica como vulnerable (VU) (Prieto, 2023).

Estas especies desempeñan un papel ecológico fundamental en los ecosistemas como arrecifes de coral y pastos marinos (García-Grajales *et al.*, 2018), contribuyendo al transporte de nutrientes y al ciclo del carbono (Richard *et al.* 2019). También son indicadores de la salud de los ambientes marinos (López *et al.*, 2006). Sin embargo, enfrentan amenazas como la erosión costera, la alteración de hábitats (Bolongaro *et al.*, 2010), la captura incidental y el consumo humano (Prieto, 2023).

Para su conservación, se han desarrollado programas como la fase de levante (*head starting*), que mantiene a las crías en cautiverio por meses o años para reducir su vulnerabilidad ante depredadores (Monterrosa y Salazar, 2005). Aunque estos programas generan preocupaciones sobre la adaptación al entorno natural y posibles alteraciones en sus patrones migratorios (Woody, 2001; Chacón, 2009), han demostrado ser efectivos en la reducción de la mortalidad temprana (Rubio, 2022). La telemetría satelital se ha convertido en una herramienta clave para evaluar su reintegración y mejorar estrategias de conservación (Bernal, 2012; Aguilar, 2020).

Un caso emblemático es la tortuga caguama (*Caretta caretta*), reconocible por su gran cabeza y fuerte mandíbula adaptada para triturar moluscos, crustáceos e incluso algunas algas marinas (SEMARNAT, 2011). Su caparazón marrón con bordes anaranjados y su plastrón amarillo pálido la distinguen (CONABIO, 2012). Al ser un depredador clave, regula

poblaciones de invertebrados y plantas marinas, aunque enfrenta alta mortalidad en sus primeras etapas de vida, con tasas de hasta el 90% en las primeras 24 h, tras la eclosión (Heppell *et al.*, 2003).

En este contexto, la rehabilitación de las tortugas marinas busca reducir la morbilidad y mortalidad causadas, principalmente por actividades humanas, preservando la diversidad y fortaleciendo sus poblaciones (Dawkins, 2008). El enriquecimiento ambiental durante la rehabilitación mejora la su bienestar y preparación para la vida silvestre, incrementando sus probabilidades de supervivencia y éxito en los esfuerzos de conservación (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022).

### **3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO**

#### **3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En el levante del Acuario Mundo Marino, a través de su programa de Conservación de Tortugas Marinas, se ha gestionado un caso específico con un ejemplar nombrado como Canela, una tortuga caguama (*Caretta caretta*) (Figura 1). Este individuo proviene del levante correspondiente a la etapa de 2019 – 2020 del Programa de Conservación de Tortugas y Mamíferos Marinos – PROCTMM, y ha permanecido como residente del tortugario de Mundo Marino desde aproximadamente 2021. A lo largo de su estancia, la tortuga ha presentado diversas afectaciones a nivel físico y en su bienestar general, lo que ha motivado su permanencia en las instalaciones del Acuario Mundo Marino durante cerca de cinco años. En el transcurso de este tiempo, se ha implementado un proceso de rehabilitación enfocado en mejorar su estado físico, bienestar y recientemente, su alimentación con el objetivo final de prepararla para su introducción a su entorno natural.



Figura 1. Ejemplar de tortuga caguama (*Caretta caretta*) nombrada como Canela. Tomada por: Paula Andrea Rojas (2024).

## **3.2 OBJETIVOS**

### **3.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar y evaluar un protocolo de rehabilitación a partir de un caso específico de tortuga marina (*Caretta caretta*) dentro de Mundo Marino, Santa Marta que incluya la implementación de enriquecimiento ambiental y nutricional, con el propósito de su introducción al medio natural y contribuir con el refuerzo poblacional de la especie.

### **3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un protocolo de rehabilitación para tortugas marinas (*Caretta caretta*) a partir de la historia clínica de un ejemplar específico.
- Determinar, implementar y evaluar el enriquecimiento ambiental y nutricional del ejemplar, realizando esta evaluación en dos áreas diferentes, con el propósito de optimizar su preparación para la introducción al medio natural.
- Evaluar el estado físico del ejemplar mediante el monitoreo de sus apneas en un entorno controlado bajo dos condiciones: con y sin aplicación de enriquecimiento ambiental.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El individuo monitoreado se encuentra en el mega acuario de la Fundación Museo del Mar- Acuario Mundo Marino, ubicado en El Rodadero, Santa Marta, Magdalena. Este acuario es un sistema cerrado con una capacidad de 849,78 m<sup>3</sup>, y un volumen total de aproximadamente de 1'000.000 L de agua salada, la cual recircula a través de un sistema de filtros biológicos externos.

Cuenta con 25 m de largo y 12 m de ancho, y posee dos áreas principales: una zona somera de 1,80 m de profundidad y una zona profunda de 4,10 m. En el área somera, se encuentra instalado un montaje de manglar y piedras. Adyacente a este manglar se encuentra un recinto delimitado por rejas de plástico denominado como el “encierra” (Figura 2), donde reside la tortuga caguama (*Caretta caretta*), conocida como “Canela”, junto con algunos peces. Por su parte, en la zona profunda (Figura 3), se ubica una plataforma utilizada para la demostración de la alimentación de los tiburones (*Ginglymostoma cirratum*). En esta área, la tortuga puede desplazarse libremente en distintos días y horarios, excepto durante la exhibición de alimentación. El mega acuario también alberga diversas especies, como *Caranx hippos* (jurel), *Caranx crysos* (cojinúa), *Megalops atlanticus* (sábalo), *Centropomus undecimalis* (róbalo), *Ginglymostoma cirratum* (tiburón gato) y *Remora remora* (rémora) las cuales nadan libremente por todo el sistema. Además, el recinto cuenta con ventanales que permiten una mejor observación de los peces dentro del acuario.

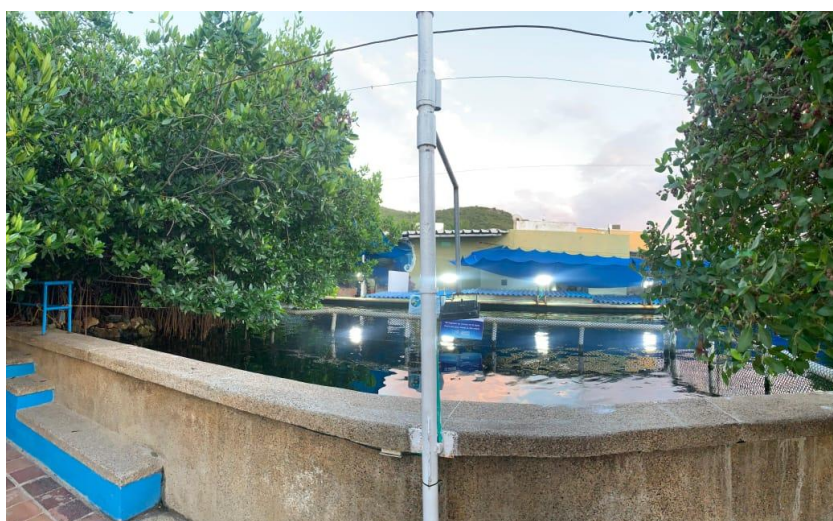


Figura 2. Fotografía del “encierra” en las instalaciones de Mundo Marino. Tomada por: Paula Andrea Rojas (2024).



Figura 3. Fotografía del mega acuario en las instalaciones de Mundo Marino. Tomada por: Paula Andrea Rojas (2024).

## **4.2 DISEÑO DEL PROTOCOLO**

### **4.2.1 Diseño del estudio**

Este estudio se centra en un enfoque práctico y experimental con la finalidad de crear un protocolo para la rehabilitación y el refuerzo poblacional del individuo. Este protocolo se basa en la historia clínica del ejemplar y el enriquecimiento ambiental y nutricional. Se utiliza una metodología mixta, que combina análisis cuantitativos como la morfometría y la evolución clínica, y cualitativos como el comportamiento y la adaptación al enriquecimiento ambiental.

### **4.2.2 Recolección de información**

Para la elaboración del protocolo, la información fue recopilada a partir de la historia clínica del ejemplar, disponible desde enero de 2021, en donde se analizaron datos sobre el diagnóstico, los tratamientos aplicados, la evolución de la condición física, los exámenes clínicos y el estado general de salud durante su estancia en el acuario. Además, se evaluó el comportamiento alimentario observando las estrategias de caza, las preferencias de alimento y la respuesta a diferentes métodos de suministro. Por último, se analizó el desarrollo del individuo a partir de su morfometría y la eficiencia en la alimentación.

### **4.2.3 Criterios de rehabilitación y reintroducción**

La reintroducción del individuo al medio natural se determinó con base en criterios que garantizan su capacidad de supervivencia, incluyendo la rehabilitación de patrones alimenticios naturales y la autosuficiencia en la obtención y consumo de alimento (Diggins *et al.*, 2022).

Asimismo, se evaluó la condición física óptima, entendida como la presencia de un índice de condición corporal adecuado, caracterizado por masa muscular bien desarrollada en el cuello, hombros y extremidades, ausencia de prominencias óseas visibles, plastrón plano o ligeramente convexo, y una relación peso - talla proporcional de acuerdo con los parámetros establecidos para la especie *Caretta caretta* (Norton, 2012).

Finalmente, se consideró el estado de salud óptimo para la supervivencia en el medio natural, definido por la ausencia de signos clínicos de enfermedad, parámetros fisiológicos dentro de rangos normales, un nivel de hidratación adecuado, comportamiento funcional activo (como la respuesta a estímulos, la capacidad de inmersión prolongada y la flotabilidad estable), y una adecuada capacidad de adaptación al entorno, lo cual en conjunto garantiza que el individuo pueda realizar funciones vitales sin restricciones (Norton, 2012).

### **4.2.4 Análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la evaluación de la evolución del ejemplar en respuesta al enriquecimiento ambiental y su autosuficiencia en la obtención del alimento. Asimismo, se evaluaron sus apneas como indicador de su estado físico.

## **4.3 ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL**

El enriquecimiento ambiental (EE) es una disciplina basada en la etología, la psicología y la ciencia animal que busca mejorar el bienestar de los animales en cautiverio (Mellen *et al.*, 2001). Para ello, emplea estímulos como objetos, interacciones sociales y señales sensoriales para promover comportamientos naturales (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022). Su

objetivo es aumentar la diversidad conductual, minimizar estereotipos, favorecer comportamientos naturales, optimizar el uso del espacio y mejorar la adaptación a los desafíos del entorno (Maple y Perdue, 2013).

El enriquecimiento ambiental se divide en categorías como nutricional, física, sensorial, ocupacional y social; estas categorías comprenden ocho tipos: alimentario, estructural, táctil, olfativo, visual, auditivo, social y humano – animal (Swaisgood y Shepherdson, 2005). Estas categorías no son excluyentes y deben integrarse en un plan de EE para brindar al animal diversas opciones de interacción (Maple y Perdue, 2013). Las intervenciones de EE han demostrado que reducen comportamientos estereotipados y aumenta la diversidad conductual, favoreciendo la expresión de comportamientos naturales de la especie (Vasconcellos y Ades, 2012).

El EE aplicado en este estudio tuvo como objetivo fomentar el comportamiento natural de forrajeo y reducir la dependencia de la alimentación asistida. Para ello, se implementaron diversas estrategias, las cuales fueron evaluadas en ambas áreas del hábitat de la tortuga, asegurando su adaptación a diferentes condiciones dentro del entorno controlado.

#### **4.3.1 Áreas de implementación del enriquecimiento ambiental**

La primera área de implementación del enriquecimiento ambiental para el ejemplar fue el “encierro”, un espacio específico donde descansa por las noches y pasa la mayor parte del tiempo. Este recinto alberga peces arrecifales y mantiene separados a los tiburones adultos; además, cuenta con parte del montaje del manglar y estructuras rocosas. En esta área se aplicaron las cuatro estrategias de enriquecimiento ambiental durante cuatro días, en diferentes momentos del día.

El mega acuario fue la segunda área de implementación, brindando a la tortuga un espacio más amplio para su desplazamiento, mayor profundidad para nadar y la posibilidad de compartir el hábitat con los tiburones adultos. Durante la demostración de alimentación, el ejemplar era ingresado al encierro para evitar interferencias en la actividad, debido a su comportamiento frente a los tiburones y prevenir la habituación a la alimentación directa por parte de los humanos. Por las noches, también ingresaba en este espacio para descansar.

Al igual que en el encierro, en esta área se realizaron las cuatro estrategias de enriquecimiento ambiental durante cuatro días en distintos momentos del día.

#### **4.3.2 Implementación del enriquecimiento nutricional**

Para estimular el comportamiento natural de alimentación, se implementaron diversas estrategias de enriquecimiento nutricional, variando tanto el tipo de alimento como las técnicas de suministro, y monitoreando la frecuencia y el éxito en su captura. Se evaluó la respuesta del ejemplar para los diferentes métodos de presentación del alimento, incluyendo la congelación del alimento en cubos de hielo, el uso de implementos que permitían mantener el alimento en el fondo o en la superficie según su necesidad y finalmente, la alimentación dirigida (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022). Los registros obtenidos permitieron analizar la adaptación del ejemplar y evaluar su progresión hacia una alimentación autónoma.

#### **4.3.3 Estrategias de enriquecimiento ambiental**

Las estrategias de enriquecimiento ambiental implementadas en este estudio buscaron fomentar el comportamiento natural mediante la estimulación de la curiosidad, la percepción sensorial, los comportamientos de búsqueda y caza, así como promover la actividad ocupacional del ejemplar (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022). Para ello, se diseñó un plan integral que combinó la selección y variación de alimento con distintas técnicas de suministro que incentivaron la exploración y resolución de desafíos. El desarrollo de cada una de las estrategias se realizó una vez por área (encierro y mega piscina).

##### **4.3.3.1 Congelación en cubos de hielo**

La dieta del ejemplar incluye 1,5 kg de alimento, el cual puede incluir pescado como machuelo, macabí, sable y/o langostinos, calamar, camarón, este se distribuyó en seis recipientes con agua para su encapsulación. Estos recipientes fueron congelados durante aproximadamente dos días antes de su consumo (Figura 4).

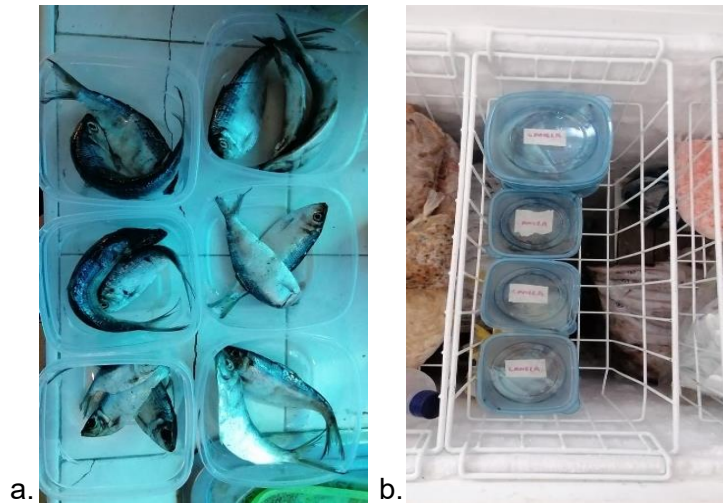


Figura 4. Dispositivos de enriquecimiento ambiental de tipo nutricional. a. Recipientes con el alimento. b. Recipientes dispuestos en el congelador. Tomada por: Paula Andrea Rojas (2024).

#### 4.3.3.2 Comedero de pescado

Se diseñó un rompecabezas alimenticio utilizando un tubo de policloruro de vinilo (PVC) de 1½", modificado con distintas configuraciones para la colocación del pescado, permitiendo variar el grado de dificultad en la obtención del alimento (Figura 5). Este dispositivo facilitó el transporte del alimento hasta el fondo del escenario, proporcionando al ejemplar un estímulo que favorece el enriquecimiento sensorial y ocupacional (Riley y Rose, 2020).

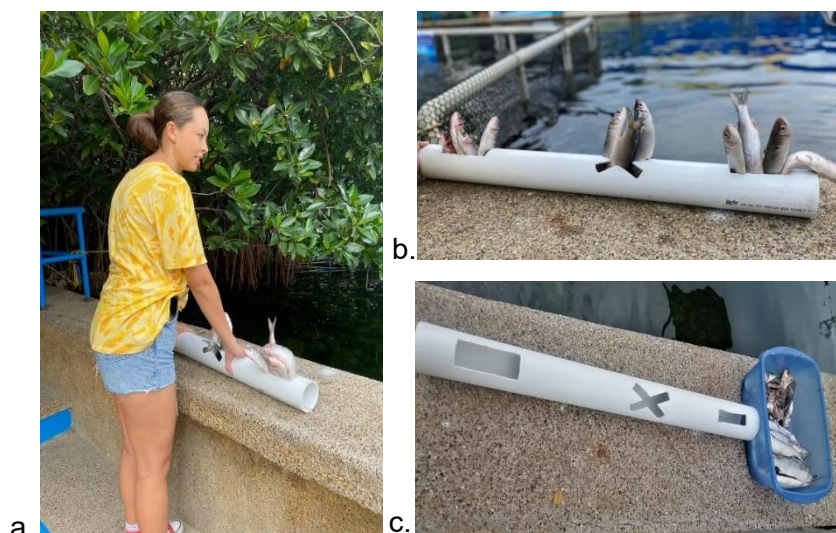


Figura 5. Dispositivos de enriquecimiento nutricional. a. Manipulación del rompecabezas alimenticio de PVC. b. Preparación del rompecabezas alimenticio. c. Configuración del dispositivo de alimentación. Tomada por: Margareth Cortés (2024).

#### 4.3.3.3 Malla de alimentación

Se adecuó una malla flotante de 1 m x 1 m, reforzada con un marco de tubo de PVC de ½", para la sujeción de los alimentos. Este dispositivo fue específicamente adaptado para ofrecer verduras y frutas como una alternativa en la dieta del ejemplar, entre las cuales se incluyeron melón, guayaba, mango, banano, pepino, apio, acelga, espinaca y lechuga (Figura 6). Su implementación permitió estimular la exploración del entorno y fomentar el desarrollo de diferentes estrategias de captura, promoviendo el enriquecimiento ambiental y el comportamiento natural de búsqueda de alimento (Swaisgood y Shepherdson, 2005).

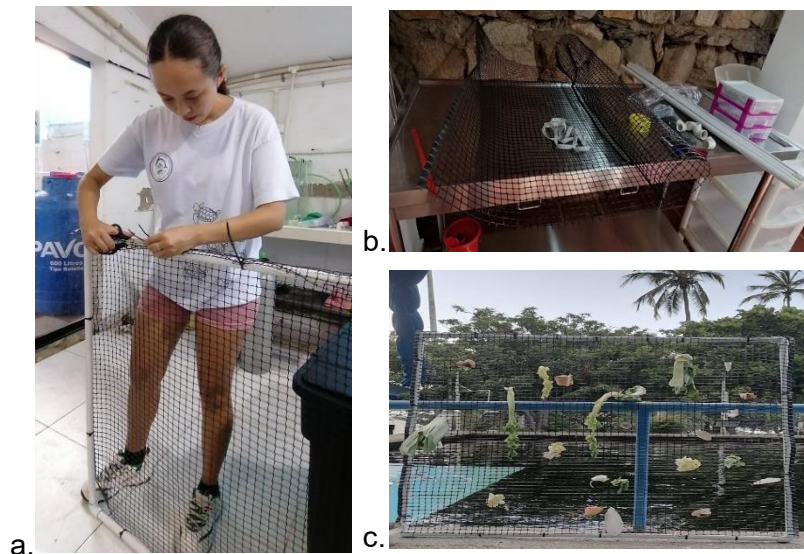


Figura 6. Dispositivos de enriquecimiento ambiental de tipo nutricional. a. Elaboración de malla de alimentación. b. Materiales para la elaboración del dispositivo. c. Malla de alimentación con frutas y verduras. Tomada por: Margareth Cortés (2024).

#### 4.3.3.4 Alimentación dirigida

Se realizaron sesiones controladas de alimentación para garantizar la nutrición del ejemplar y reducir su dependencia al contacto humano. Esta estrategia permitió suministrar alimento de forma planificada, asegurando la rehabilitación sin reforzar la asociación con la presencia humana, además de facilitar la administración de suplementos vitamínicos a través del pescado (Figura 7). Durante estas sesiones, se administraron 2 ml de Calcitech encapsulados, una cápsula de vitamina C y dos cápsulas de vitamina E, incorporadas en las raciones alimenticias para asegurar una suplementación adecuada.



Figura 7. Dispositivos de enriquecimiento ambiental de tipo nutricional. a. Pescado utilizado para la alimentación controlada. b. Suministro de alimento en sesión de alimentación dirigida. c. Alimento enriquecido con vitaminas. Tomada por: Margareth Cortés (2024).

#### 4.3.4 Monitoreo y evaluación de la respuesta del ejemplar

Se llevaron a cabo observaciones para evaluar la efectividad del enriquecimiento ambiental, registrando la frecuencia de la captura del alimento, el nivel de interés, la cantidad y duración de las apneas, así como la adaptación del ejemplar a cada método de suministro. La toma de tiempo de apneas se realizó desde el exterior de las dos áreas de observación, utilizando un cronometro y siguiendo visualmente a la tortuga mientras nadaba. Esta metodología se eligió con el fin de no interferir en la actividad de alimentación ni alterar el comportamiento natural del ejemplar, especialmente en situaciones de competencia por el alimento con otras especies.

#### 4.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO

Para evaluar el estado físico del ejemplar, se realizaron mediciones en un entorno controlado, considerando el monitoreo de las apneas que se realizó mediante observaciones en dos condiciones diferentes, con jornada nocturna completamente en dos franjas horarias: de 07:00 p.m. a 12:00 a.m. y de 12:01 a.m. a 06:00 a.m., durante un total

de dos noches. Se registraron la frecuencia y duración de las inmersiones con ayuda de un cronometro, mediante seguimiento visual desde la parte externa del acuario. Las observaciones se realizaron tomando turnos con el personal del acuario para asegurar la vigilancia continua durante ambas noches. Toda la información fue anotada en una bitácora para mantener su registro detallado, lo que permitió analizar la capacidad respiratoria del ejemplar y su progresión en el desarrollo de comportamientos naturales de buceo (Swaigood y Shepherdson, 2005).

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Diseño del Protocolo**

#### **Protocolo de rehabilitación y refuerzo poblacional de *Caretta caretta* – Caso Canela**

##### **a. Introducción**

El ejemplar de tortuga caguama (*Caretta caretta*) ha sido acogido en el Acuario Mundo Marino desde 2021 desde su etapa de levante en el Programa de Conservación de Tortugas y Mamíferos Marinos (PROCTMM) (2019 – 2020). Durante su estancia, la tortuga ha presentado diversas afecciones de salud, lo que en consecuencia se ha tratado a partir de manejo veterinario y enriquecimiento ambiental. Este protocolo establece la rehabilitación y refuerzo poblacional, basado en la historia clínica del ejemplar y su manejo en un entorno controlado.

##### **b. Objetivo**

Establecer una guía para la rehabilitación y refuerzo poblacional a su hábitat natural de un ejemplar de tortuga caguama (*Caretta caretta*), garantizando su bienestar y aumentando sus probabilidades de supervivencia en el entorno natural.

##### **c. Condición clínica y morfometría**

**1. Estado actual:** Apetito estable, movilidad adecuada, óptimo estado de salud.

## 2. Peso y medidas a la fecha de realización del protocolo:

Tabla 1. Datos morfométricos y peso actual del ejemplar.

Fecha		16-10-24	
ARC	LRC	PESO	
85,4 cm	69,2 cm	64,10 kg	

Largo recto del caparazón (LRC).  
Ancho recto del caparazón (ARC).

- Evolución positiva con ganancia progresiva de peso y talla.

### Relación entre talla (LRC) (cm) y peso (kg) del ejemplar (2021 – 2024)

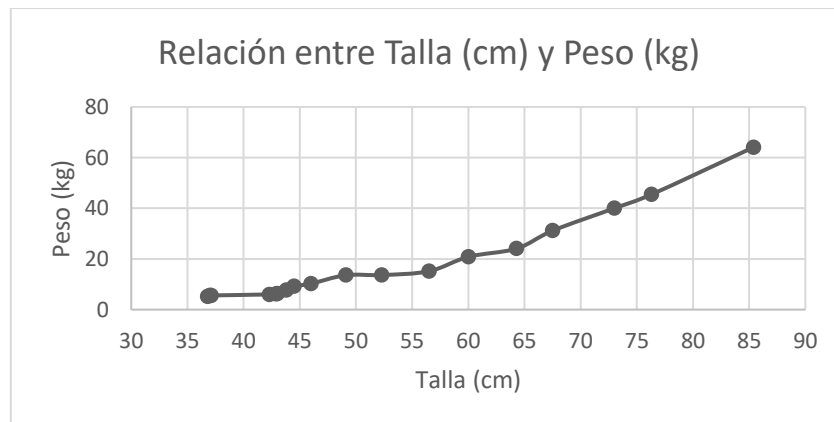


Figura 8. Relación entre talla (cm) y peso (kg) del ejemplar durante su periodo en el Acuario Mundo Marino.

El gráfico muestra la relación entre la talla, medida como el largo recto del caparazón (LRC), y el peso del ejemplar monitoreado desde su ingreso al Acuario Mundo Marino. Los datos fueron registrados desde enero de 2021, cuando el individuo llegó proveniente de su etapa de levante, hasta octubre de 2024, momento en que finalizó este seguimiento.

A lo largo de este periodo de tres años y ocho meses, se observó una tendencia creciente entre ambas variables, lo que evidencia un desarrollo corporal positivo, con un aumento progresivo de peso en función del crecimiento en talla (Kaufmann, 1975).

**d. Historial clínico relevante:**

- Episodio de neumonía y osteomielitis en 2021.
- Enfermedad metabólica ósea y procesos infecciosos en 2022.
- Diagnóstico de SCUD\* (2022).
- Infecciones recurrentes con *Pseudomonas* sp., tratadas con antibioterapia.
- Diagnóstico de *Haemogregarina* sp. y *Trichomona* sp. con tratamiento antiparasitario.
- Monitoreo hematológico y bioquímico hasta 2024.

**e. Manejo veterinario**

**1. Evaluaciones periódicas**

- Examen físico semanal.
- Evaluación hematológica y bioquímica mensual.
- Control radiográfico trimestral para descartar alteraciones osteoarticulares.
- Monitoreo de comportamiento y flotabilidad.
- Evaluación de actividad y movilidad de aletas.
- Control de posibles afecciones en piel y caparazón (dermopatías, ulceraciones).

**2. Tratamientos y suplementación**

**2.1. Dieta enriquecida**

- Camarón cocido, pescado y algas

La dieta se ha mantenido dentro de un rango del 3% al 5% del peso corporal del animal, ajustándose según su estado de salud: 3% en condiciones normales y 5% en casos médicos para favorecer la recuperación.

Diagnóstico de SCUD: La enfermedad ulcerativa cutánea septicémica (SCUD) es un problema común en quelonios inmunocomprometidos, usualmente asociada a pobre calidad del ambiente y heridas en la piel (Lescano *et al.*, 2013).

Su alimentación se basa en pescado; complementado con camarón y langostinos dos veces por semana, además de una ración semanal de gelatina nutricional (Figura 9) preparada para el ejemplar, compuesta por 300 g de camarón cocido y chipichipi, enriquecida con suplementos y vitaminas: 1 ½ cucharada de sales de Schussler, 1 cucharadita de Nutralife, 5 ml de Compleland, 4 gotas de Hemolitan, 2 ml de Calcitech, 2 capsulas de vitamina E, 1 capsula de vitamina C, 1 ml de Emulsión de Scott, ¼ de cucharadita de spirulina, 30 g de gelatina sin sabor, 600 ml de agua y 50 g de verdura, garantizando un perfil nutricional completo.

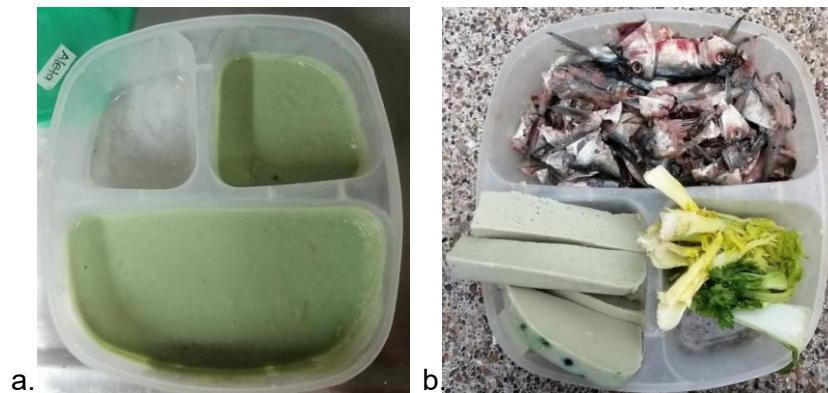


Figura 9. Gelatina nutricional suministrada al ejemplar como parte de su dieta. a. Proporciones de la gelatina en el momento de su preparación. b. Ración suministrada al ejemplar una vez por semana.

- Adición de jaibas vivas y vegetales para enriquecimiento ambiental

Se implemento enriquecimiento ambiental semanal mediante la oferta de jaibas vivas, con el fin de estimular conductas naturales de caza y actividad física. Las jaibas eran introducidas en el encierro mientras la tortuga era distraída con alimento, permitiendo su captura activa. Complementariamente, se ofreció enriquecimiento vegetal (lechuga, zanahoria, apio y/o espinaca) una vez por semana, utilizando un dispositivo suspendido en la columna de agua para fomentar la exploración y manipulación del alimento.

- Suplementos

La Tabla detalla los suplementos utilizados en la dieta enriquecida y sus dosis. Algunos se integran en la gelatina, mientras que otros se administran directamente con el alimento.

Tabla 2. Detalle de los suplementos administrados y sus respectivas dosis en la dieta enriquecida

<b>Suplemento</b>	<b>Cantidad suministrada</b>
Compleland	0.5 ml
Hemolitan	4 gotas
Calcitec	2 ml
Sales de Schüssler	1 cda
Glicopan	1 cápsula

## **2.2. Hidratación y tratamientos tópicos**

- Aplicación de melaza, Desitin y Emulsión de Scott en caparazón.
- Uso de Vitamina E y vitamina A
- Aplicaciones de ácido hipocloroso para control de infecciones cutáneas.

Los tratamientos tópicos fueron aplicados con el objetivo de tratar la dermatitis generalizada presente en el cuerpo del ejemplar, con mayor incidencia en las aletas. Para desinfectar y remover tejido necrótico, se aplicó ácido hipocloroso de forma localizada, según la evolución clínica. Posteriormente, se utilizó una mezcla tópica de melaza y Desitin como cobertura sobre las zonas afectadas, favoreciendo la cicatrización y proporcionando una barrera protectora.

Además, se implementó un régimen diario de hidratación tópica del caparazón, debido a la flotabilidad positiva que impedía su humectación natural. Este consistió en la aplicación intercalada de vitamina E, vitamina A (cinco capsulas por día) y 5 ml de emulsión de Scott, con el objetivo de preservar la integridad del tejido corneo del caparazón y mantener las condiciones óptimas en la superficie externa.

## **2.3. Enfermedades previas**

- Manejo de SCUD con antibioterapia (Piperacilina + Tazobactam) 6 mL SID por 7 días.
- Tratamiento de infecciones oculares con gotas de uchuva. Una gota en cada ojo.

- Hidrataciones subcutáneas con Lactato de Ringer y NaCl 90 ml de cada uno cada 48 horas
- Monitoreo y corrección de episodios de flotabilidad positiva.

Durante el periodo de flotabilidad positiva, se identificaron signos de neumonía, evidenciados por congestión pulmonar. Por ello, no se aplicaron tratamientos directos para la flotabilidad, sino que se priorizó la terapia antibiótica para tratar la infección respiratoria. Al resolverse la neumonía, con el objetivo de resolver el proceso infeccioso pulmonar. Una vez controlada la neumonía, la flotabilidad mejoró de forma progresiva, confirmando que era una condición secundaria al cuadro pulmonar.

#### **f. Enriquecimiento ambiental**

- Introducción de presas vivas (jaibas, langostinos)

La introducción de presas vivas se realizó semanalmente dentro del encierro. Se lanzaron trozos de alimento para distraer a la tortuga mientras se liberan jaibas vivas, que al llegar al fondo son perseguidas y consumidas. Esta actividad promovió la estimulación física y la expresión de comportamientos naturales de caza, bajo condiciones controladas.

- Terapia física para mejora de movilidad (rotación, flexión y extensión de aletas)

Debido a la inmovilidad del miembro anterior izquierdo, se implementó un protocolo de fisioterapia diaria para prevenir la atrofia muscular y promover la recuperación funcional. El tratamiento incluyó terapias de crioterapia y termoterapia en intervalos de 10 segundos cada una, con un total de 10 repeticiones por sesión. Posteriormente, se realizaron ejercicios de inmovilización pasiva (extensión y retracción) y movilidad articular (rotaciones circulares), aumentando progresivamente las repeticiones. El objetivo fue mejorar la movilidad, estimular la circulación local y favorecer la regeneración funcional del tejido muscular y articular comprometido.

- Recorridos fuera del encierro y ampliación del espacio de nado
- Monitoreo de interacciones con otras especies

- Estimulación con estructuras arrecifales

Los recorridos fuera del encierro fueron implementados como parte de un protocolo de rehabilitación física y conductual, con el objetivo de fomentar el nado activo del ejemplar, incrementar la movilidad de las aletas, estimular el gasto energético y propiciar ejercicio regular. Además, se buscó promover la interacción con otras especies y evaluar parámetros comportamentales como la duración de las apneas y la calidad del desplazamiento.

La introducción al nuevo espacio fue progresiva, comenzando con traslados a recintos mayores por periodos controlados de una hora, aumentando el tiempo semanalmente. Tras un mes, con sesiones superiores a las 4 horas, la supervisión paso a ser externa.

A los tres meses, se observó una adaptación óptima al entorno del mega acuario, con desplazamiento autónomo y buen desempeño físico, limitándose el acompañamiento a las maniobras de ingreso y salida del encierro.

- Exposición al sol durante periodos controlados

Como parte del manejo clínico, se implementó la exposición controlada a radiación solar dos veces por semana, durante 3 a 4 horas en la mañana, con el objetivo de favorecer la síntesis cutánea de vitamina D3, contribuir a la regulación del metabolismo del calcio y promover el bienestar general del ejemplar. La actividad se realizó en un tanque auxiliar con luz solar directa, bajo condiciones controladas y supervisadas para evitar riesgos asociados a la sobreexposición solar.

#### **g. Criterios para el refuerzo poblacional de tortugas marinas: Principios y directrices basadas en la UICN**

##### **Evaluación biológica previa**

- Estudio detallado de la biología y ecología de la especie *Caretta caretta*.
- Análisis del hábitat de refuerzo poblacional para asegurar condiciones óptimas de alimentación, reproducción y migración.

## **Selección del sitio del refuerzo poblacional**

- Debe estar dentro del rango histórico de la especie y ofrecer protección a largo plazo.
- El sitio debe contar con condiciones adecuadas de temperatura, disponibilidad de alimento y baja interferencia humana.
- Monitoreo de playas para evitar perturbaciones con contaminación lumínica, tráfico vehicular o depredación de nidos.

## **Origen y selección de individuos para el refuerzo poblacional**

- El ejemplar debe estar saludable y sometido a controles veterinarios para evitar la introducción de enfermedades.
- El individuo debe haber adquirido habilidades de supervivencia, como identificación de fuentes de alimento en el medio natural.

## **Estrategia de liberación**

- La liberación generalmente se debe realizar en zonas de playa con acceso al mar abierto.
- Se pueden emplear estrategias de liberación suave (fase de adaptación en corrales marinos), o liberación directa, dependiendo de las condiciones del individuo.
- Es fundamental la vigilancia post-liberación mediante telemetría satelital o marcas para evaluar su adaptación y dispersión.

## **Monitoreo y evaluación post-liberación**

- Seguimientos de la supervivencia y comportamiento de los individuos liberados.
- Identificación de factores de éxito o fracaso para mejorar futuras reintroducciones.
- Educación y participación comunitaria para garantizar la protección del hábitat de la especie.

## **h. Conclusiones**

El protocolo de rehabilitación y refuerzo poblacional del individuo de tortuga caguama *Caretta caretta* ha sido exitoso, evidenciando una recuperación completa y un estado de salud óptimo. La implementación del plan de refuerzo poblacional garantizará su adaptación y supervivencia en el medio natural. El monitoreo posterior permitirá evaluar su integración al ecosistema y realizar ajustes en futuros refuerzos de *Caretta caretta*.

### **5.2 Evaluación de las estrategias de enriquecimiento ambiental**

A partir de las estrategias de enriquecimiento ambiental descritas anteriormente, se elaboraron las siguientes tablas, las cuales resumen los datos obtenidos en cada una de las dos áreas donde se encontraba la tortuga.

#### **5.2.1 Tabla de evaluación de métodos de enriquecimiento ambiental y respuesta conductual de la tortuga marina en el área del encierro.**

La Tabla 3 presenta la respuesta del comportamiento, aceptación y respuesta alimenticia de la tortuga frente a diferentes métodos de enriquecimiento ambiental, dentro del encierro, un ambiente controlado, de menor profundidad y tamaño, con el fin de valorar la efectividad de cada estrategia desarrollada.

Durante la fase de encierro, el comportamiento observado en la tortuga, evidencia una fuerte dependencia de la alimentación dirigida (Figura 8), mientras que los métodos de enriquecimiento alimenticio como lo fueron cubo de hielo, tubo y malla, presentaron menor interacción. Lo anterior se alinea directamente con lo explicado por Escobedo-Bonilla *et al.*, (2022), quienes indican que los animales en las fases iniciales de rehabilitación suelen presentar limitaciones físicas, estrés y depresión conductual, por lo que no están preparados para interactuar con objetos enriquecidos o métodos complejos. Según los autores, la prioridad inicial debe ser la estabilización del individuo, asegurando una adecuada ingesta nutricional para mejorar su condición corporal y su respuesta inmune.

Tabla 3. Evaluación de métodos de enriquecimiento ambiental y respuesta conductual de la tortuga marina en el área del encierro.

	Encierro			
	Método de alimentación			
	Alimentación dirigida	Cubo de hielo con pescado	Tubo con pescado	Malla de fruta y verduras
<b>Tiempo</b>	Mañana 8 min	Tarde 15 min	Tarde 23 min	Mañana 42 min
<b>Apnea</b>	4: 43 min 3:01 min	No hubo	11 min 5 min 3 min 1 min 3 min	8 min 4 min 5 min 7 min 1 min 3 min 5 min 2 min 3 min 1 min 2 min 1 min
<b>Comportamiento</b>	Exploración, manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento	Locomoción, exploración, manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento	Exploración, manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento	Exploración, manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento
<b>Aceptación</b>	Alta	Alta	Moderada	Moderada
<b>Alimento</b>	12 Anchovetas (1 kilo y medio) Gelatina	12 Anchovetas (1 kilo y medio) en 6 bloques de hielo Gelatina	12 Anchovetas (1 kilo y medio)	Melón 372 g Guayaba 257 g Mango 378 g Banano 321 g Pepino 207 g Apio 291 g Acelga 184 g Espinaca 77 g Lechuga 212 g

Además, según Escobedo-Bonilla *et al.*, (2022), los animales que han pasado por procesos traumáticos (heridas graves o desnutrición), como es el caso de la tortuga aquí evaluada, suelen desarrollar conductas de inactividad o apatía, lo que explica por qué el ejemplar no demostró mayor interés por métodos que requieren manipulación o esfuerzo adicional.

Desde el enfoque de bienestar animal, los mismos autores advierten que introducir de forma temprana enriquecimientos que el animal no está preparado para enfrentar, puede causar frustración y estrés adicional, lo que en algunos casos empeora la condición del individuo. Por eso, se recomienda que el enriquecimiento debe ser progresivo, partiendo de estímulos simples y controlados, ajustados al nivel de recuperación.



Figura 10. Ejemplar consumiendo alimento mediante la alimentación dirigida. Tomada por Paula Andrea Rojas (2024).

En este contexto, la alimentación dirigida, al ser entregada directamente, garantiza la cobertura nutricional (Figura 10 y 11; Joya y Molina, 2006). Esta práctica no se considera como enriquecimiento, sino como una estrategia clínica primaria que debe evolucionar hacia métodos más complejos conforme mejora la salud del ejemplar (Feck *et al.*, 2013). Por lo tanto, los resultados de la tabla de enriquecimiento ambiental en el área del encierro reflejan de forma clara lo que Escobedo-Bonilla *et al.*, (2022), describen como la necesidad de respetar el ritmo de adaptación del animal, priorizando su salud física y mental antes de pasar a enriquecimientos desafiantes.



Figura 11. Ejemplar consumiendo alimento mediante la alimentación dirigida. Tomada por Margareth Cortés y Paula Andrea Rojas (2024).

### 5.2.2 Tabla de evaluación de métodos de enriquecimiento ambiental y respuesta conductual de la tortuga marina en el área de la megapiscina

La Tabla 4 presenta la respuesta comportamental, fisiológica y de aceptación registrada durante la aplicación de cuatro métodos de alimentación como parte del enriquecimiento ambiental del ejemplar en rehabilitación, dentro de la megapiscina, un ambiente controlado, con mayor profundidad y tamaño, compartido con mayor número de especies.

Tabla 4. Evaluación de métodos de enriquecimiento ambiental y respuesta conductual de la tortuga marina en el área de la megapiscina.

	Megapiscina			
	Método de alimentación			
	Alimentación dirigida	Cubo de hielo con pescado	Tubo con pescado	Malla de frutas y verduras
<b>Tiempo</b>	Tarde 13 min	Mañana 18 min	Mañana 25 min	Tarde 20 min
<b>Apnea</b>	3 min 4 min 2 min 1 min 2 min 1 min	8 min 4 min 3 min 3 min	3 min 5 min 2 min	1 min 1 min 4 min 3 min 2 min 2 min 2 min 3 min 2 min
<b>Comportamiento</b>	Locomoción, manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento	Exploración, locomoción (apnea), manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento	Rechazo, no competencia, búsqueda de alimento en la superficie	Exploración, manipulación, búsqueda del alimento, consumo del alimento
<b>Aceptación</b>	Alta	Alta	Baja	Moderada
<b>Alimento</b>	10 Anchovetas (1 kilo y medio) Camaron	12 Anchovetas (1 kilo y medio) en 6 bloques de hielo	12 Cojinuas (1 kilo y medio) 3 ml Calcitech 2 ml vitamina D	Melon 350 g Guayaba 158 g Banano 102 g Apio 98 g Acelga 54 g Lechuga 120 g Gelatina 588 g Calcio

A diferencia de la fase de encierro, la fase de la megapiscina muestra una mayor respuesta positiva en el ejemplar, lo que se refleja en una mayor aceptación de los métodos de

enriquecimiento alimenticio, especialmente el cubo de hielo con pescado y el tubo con pescado. Según Escobedo-Bonilla *et al.*, (2022), establecen que al mejorar la condición física y reducir el estrés, el individuo comienza a expresar comportamientos naturales, entre ellos, el forrajeo, la manipulación de objetos y la búsqueda activa del alimento, conductas críticas para su futura supervivencia en el ambiente natural.

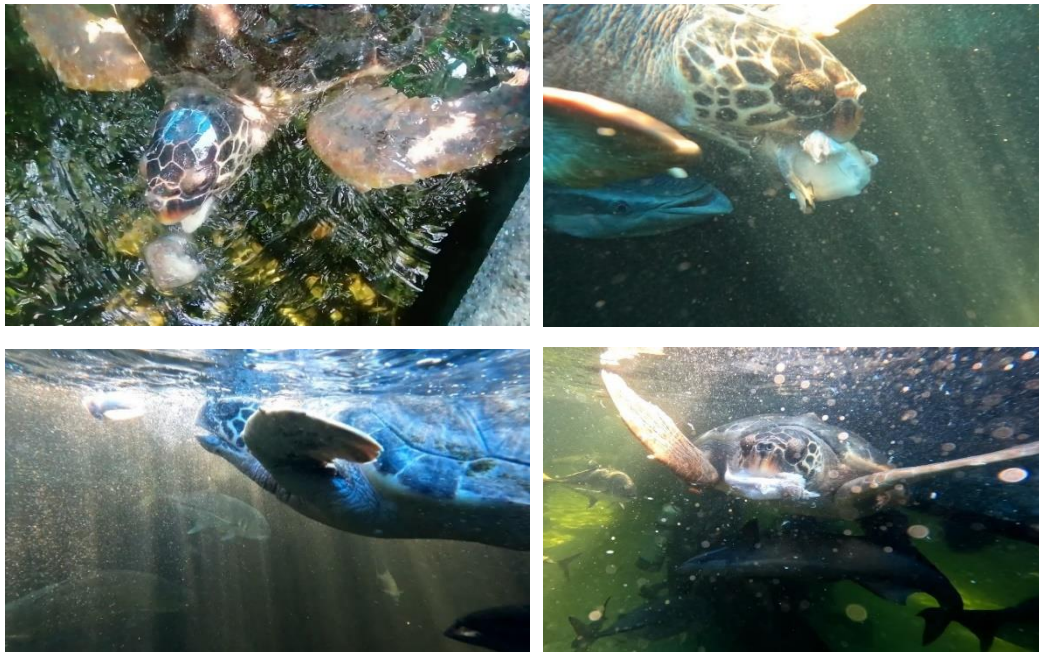


Figura 12. Ejemplar consumiendo alimento mediante cubo de hielo con pescado. Tomada por Paula Andrea Rojas (2024).

El cubo de hielo con pescado (Figura 12) estimula la capacidad de la tortuga para resolver problemas, manipular y trabajar por su alimento, promoviendo un comportamiento análogo al forrajeo natural, algo que los autores identifican como uno de los principales objetivos del enriquecimiento ambiental. Esta técnica también promueve actividad física, locomoción y coordinación motora, esenciales para individuos que estuvieron limitados por lesiones (Swaisgood y Shepherdson, 2005).

El tubo con pescado (Figura 13), al requerir que el individuo extraiga activamente el alimento, también refuerza patrones de búsqueda y manipulación (Riley y Rose, 2020), ayudando a recuperar o desarrollar conductas debilitadas por el cautiverio, lo cual es importante en individuos que han estado bajo seguimiento clínico por largos periodos (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022), como lo es el caso de la tortuga.

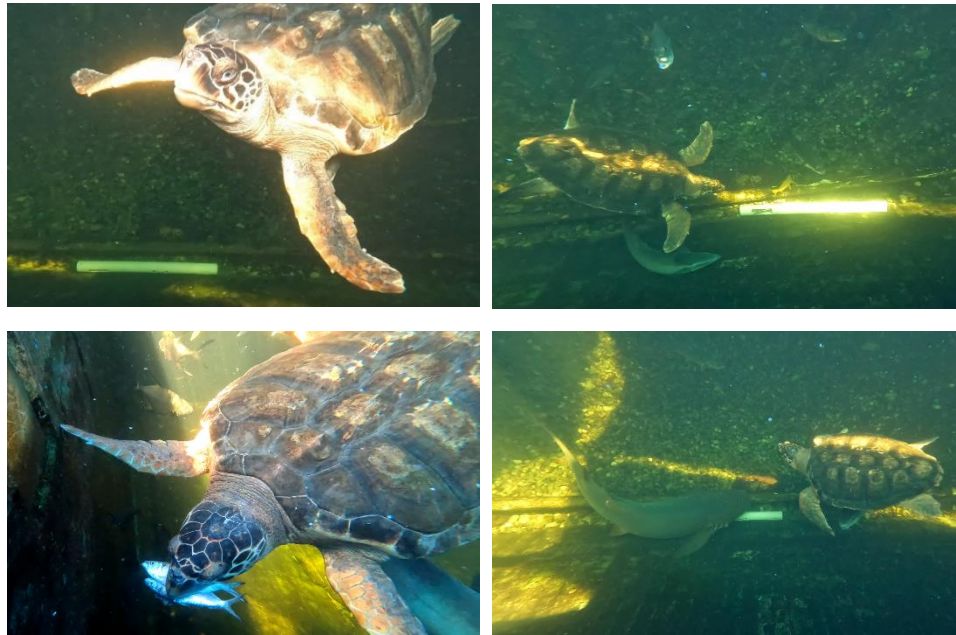


Figura 13. Ejemplar consumiendo alimento mediante tubo con pescado. Tomada por Paula Andrea Rojas (2024).

Por otro lado, aunque la malla de frutas y verduras continuó siendo poco interesante para el individuo, Escobedo-Bonilla *et al.*, (2022), advierten que no todos los enriquecimientos deben tener un resultado inmediato, y que en algunos cumplen funciones de estimulación sensorial o cognitiva (Figura 14), aunque el alimento no sea consumido. Además, es importante conocer la dieta del ejemplar, en este caso el individuo presenta una dieta principalmente carnívora (Monterrosa y Salazar, 2005), por lo que la baja aceptación de vegetales puede deberse a una respuesta biológica natural de la especie y no un fallo del enriquecimiento.

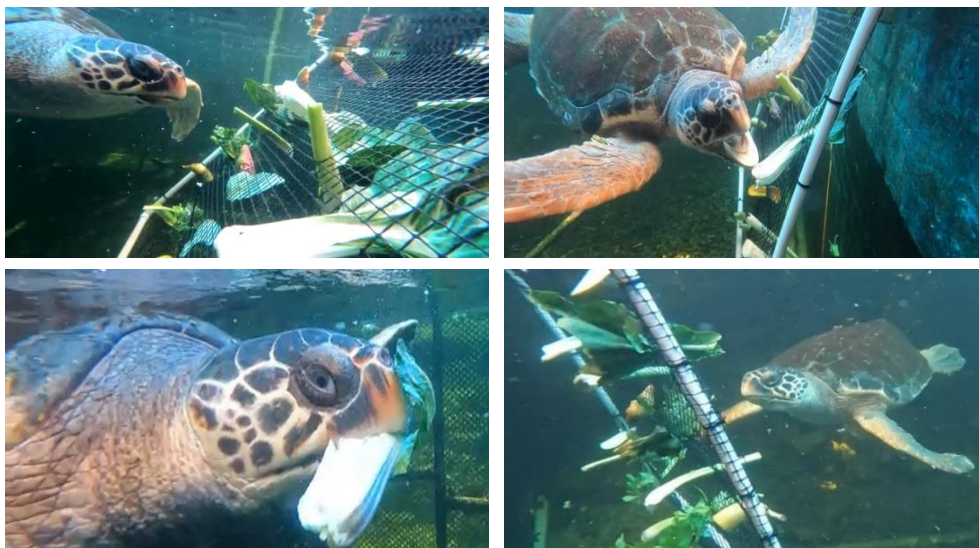


Figura 14. Ejemplar consumiendo alimento mediante malla de frutas y verduras. Tomada por Paula Andrea Rojas (2024).

Aunque *Caretta caretta* es una especie principalmente carnívora, durante su proceso de rehabilitación se le incluyeron estos alimentos para que, en caso de encontrarlos en su entorno natural tras la liberación, el ejemplar ya estuviera familiarizado con ellos y pudiera consumirlos como recurso alimenticio alternativo.

En cuanto al bienestar animal, los resultados de la tabla correspondiente a la mega piscina muestran un avance, debido a que el individuo aceptó métodos más complejos, incrementó su actividad física, aumentó el número de apneas y expresó conductas naturales, siendo esto, signos directos de mejoras en el estado físico y psicológico del ejemplar (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022).

### **5.3 Evaluación del estado físico**

Para evaluar el estado físico del ejemplar se llevaron a cabo mediciones en un ambiente controlado, enfocándose en el seguimiento de las apneas.

#### **5.3.1 Monitoreo de las apneas**

A partir del monitoreo nocturno del ejemplar por dos noches, en horarios comprendidos entre las 7:00 p.m. y las 6:00 a.m., se registraron y analizaron las apneas en un ambiente con condiciones controladas. La primera noche, las observaciones se realizaron durante la aplicación del enriquecimiento ambiental, mientras que en la segunda noche se llevaron a cabo sin la presencia de este, obteniéndose la siguiente información.

##### **5.3.1.1 Duración de las apneas del ejemplar bajo dos condiciones: con y sin enriquecimiento ambiental**

La Tabla 5 presenta los datos de duración promedio, mínima y máxima de las apneas del ejemplar registrados durante dos noches de monitoreo desde las 7:00 p.m. hasta las 6:00 a.m., una con aplicación de enriquecimiento ambiental y otra sin este.

Tabla 5. Comparación de la duración de las apneas de la tortuga entre los periodos con y sin aplicación de enriquecimiento ambiental.

Noche	Duración promedio (min)	Duración mínima (min)	Duración máxima (min)
Noche 1 (con E.E.)	22,25 ± 13,17	5	76
Noche 2 (sin E.E.)	15,93 ± 9,50	2	45

A partir de los resultados, se puede observar que la mayor duración promedio de las apneas se registró durante el periodo en el que se le estaba aplicando enriquecimiento ambiental al ejemplar, alcanzando una apnea máxima de 76 min, valor superior al registrado en la noche del periodo, sin enriquecimiento ambiental. Esto sugiere que la aplicación de estímulos ambientales adecuados favorece un incremento en la capacidad fisiológica del individuo debido a que el enriquecimiento ambiental en tortugas marinas tiene como objetivo estimular comportamientos naturales, en donde se evidencia un posible fortalecimiento muscular y respiratorio (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022).

### **5.3.1.2 Duración de las apneas del ejemplar según franjas horarias**

Los datos de la duración de las apneas del ejemplar se organizaron en dos franjas horarias comprendidas de 7:00 p.m. a 12:00 a.m. y de 12:01 a.m. a 6:00 a.m., permitiendo evidenciar las diferencias tanto entre cada franja como entre los periodos con y sin aplicación del enriquecimiento ambiental.

#### **5.3.1.2.1 Duración de las apneas en dos franjas horarias durante el periodo con aplicación del enriquecimiento ambiental**

En la Tabla 6 se muestran los datos obtenidos durante el monitoreo nocturno de las apneas del ejemplar en donde se evidencian diferencias entre los dos bloques horarios analizados. En la franja comprendida entre las 07:00 p.m. y las 12:00 a.m., la duración promedio de las apneas fue de  $18,4 \pm 8,87$  min, con un mínimo de 5 min y un máximo de 30 min, registrándose un total de 10 apneas. En la segunda franja, entre las 12:01 a.m. y las 06:00 a.m., se documentaron 14 apneas, con una duración promedio ligeramente mayor de  $25 \pm 15,24$  min, un mínimo de 15 min y un máximo de 76 min.

Tabla 6. Comparación de la duración de las apneas de la tortuga entre dos franjas horarias comprendidas de 7:00 p.m. a 12:00 a.m. y de 12:01 a.m. a 6:00 a.m. durante el periodo de aplicación de enriquecimiento ambiental.

<b>Bloque horario</b>	<b>Promedio (min)</b>	<b>Mínima (min)</b>	<b>Máxima (min)</b>	<b>Número de apneas</b>
7:00 p.m. – 12:00 a.m.	18,4 ± 8,87	5	30	10
12:01 a.m. – 6:00 a.m.	25 ± 15,24	15	76	14

### 5.3.1.2.2 Duración de las apneas en dos franjas horarias durante el periodo sin aplicación del enriquecimiento ambiental

En la Tabla 7 se evidencian los datos de la segunda jornada de monitoreo nocturno de las apneas, se observaron diferencias en los patrones respiratorios del ejemplar respecto a la franja horaria. Durante el bloque de 07:00 p.m. a 12:00 a.m., se registraron 13 apneas con una duración promedio de 12,54 ± 7,3 min, una duración mínima de 2 min y una máxima de 30 min. En contraste, en la franja de 12:01 a.m. a 06:00 a.m., se observaron 14 apneas, con una duración promedio mayor de 19,07 ± 10,43 min, una mínima de 5 min y una máxima de 45 min. Estos resultados sugieren que, en comparación con las primeras horas de la noche, durante la madrugada el ejemplar presentó apneas menos frecuentes, pero más prolongadas, lo cual podría indicar una transición hacia un estado de reposo más profundo.

Tabla 7. Comparación de la duración de las apneas de la tortuga entre dos franjas horarias comprendidas de 7:00 p.m. a 12:00 a.m. y de 12:01 a.m. a 6:00 a.m. durante el periodo sin aplicación de enriquecimiento ambiental.

<b>Bloque horario</b>	<b>Promedio (min)</b>	<b>Mínima (min)</b>	<b>Máxima (min)</b>	<b>Número de apneas</b>
7:00 p.m. – 12:00 a.m.	12,54 ± 7,3	2	30	13
12:01 a.m. – 6:00 a.m.	19,07 ± 10,43	5	45	14

Durante el monitoreo del ejemplar, se registraron distintos tiempos de apnea, entendidos como los intervalos de tiempo en los que la tortuga permanece sumergida sin respirar. En condiciones naturales, los tiempos de apnea en tortugas marinas varían según su especie, la temperatura del agua y la actividad que este realizando. En el caso de *Caretta caretta*,

se han documentado apneas promedio de entre 30 y 45 min durante el reposo, con registros máximos de hasta 4 h en aguas frías y condiciones de inactividad (Lutz y Bentley, 1985).

En este estudio, los tiempos de apnea fueron significativamente más largos entre las 12:01 a.m. y las 6:00 a.m. en comparación con la franja de 7:00 p.m. a 12:00 a.m. Esto podría estar relacionado con una reducción en la actividad metabólica durante la madrugada, cuando el ejemplar permanece en reposo, favoreciendo apneas más prolongadas como mecanismo de ahorro energético (Hochscheid, 2014). En cambio, entre las 7:00 p.m. y las 12:00 a.m., las apneas fueron más cortas, posiblemente debido a una mayor actividad vinculada a la búsqueda de refugio y comportamientos activos.

Por otro lado, también se evidenció un incremento en la duración de las apneas durante las franjas horarias correspondientes al periodo de aplicación del enriquecimiento ambiental. Esto podría atribuirse al efecto estabilizador de estas estrategias sobre el comportamiento del ejemplar, promoviendo estados de reposo más prolongados como respuesta a la estimulación generada por el enriquecimiento (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2022).

## 6 CONCLUSIONES

- El caso de la tortuga, resalta la importancia de desarrollar procesos integrales de rehabilitación para tortugas marinas en cautiverio. La implementación de diversos aspectos como la medicina veterinaria, una dieta balanceada y suplementada y un ambiente enriquecido fueron claves para lograr una recuperación exitosa. Este protocolo puede servir como base para futuras rehabilitaciones, aportando a la conservación y manejo adecuado de la especie *Caretta caretta*.
- La aplicación del enriquecimiento ambiental en animales en rehabilitación y cautiverio debe considerarse un aspecto fundamental para garantizar un proceso exitoso y aumentar las probabilidades de supervivencia. Esto se debe a que promueve la preparación y el desarrollo de comportamientos naturales, esenciales para la adaptación de los ejemplares a su entorno natural.
- La evaluación del estado físico de los individuos en rehabilitación, especialmente durante la aplicación de enriquecimiento ambiental, es fundamental para dar seguimiento al proceso y determinar la efectividad de las estrategias

implementadas. El análisis de las apneas en tortugas marinas en cautiverio puede ser un buen indicador, ya que se relaciona directamente con el estado de salud del ejemplar.

- El ejemplar de *Caretta caretta* ha presentado una evolución favorable tras un proceso de rehabilitación prolongado. Se ha observado un crecimiento morfométrico constante, mejoría en la condición corporal, respuesta positiva al enriquecimiento ambiental de tipo nutricional y una adaptación progresiva en espacios de mayor complejidad como la mega piscina. Sin embargo, aun se requiere una evaluación clínica actualizada y pruebas etológicas en condiciones seminaturales que confirmen su capacidad de adaptación al medio natural. Por tanto, con la información disponible, no es posible determinar que el ejemplar sea liberable. Se requiere continuar con el proceso de enriquecimiento ambiental de tipo nutricional, y sería ideal implementar otros tipos de enriquecimiento, como el físico, sensorial, cognitivo y social, que favorezcan un desarrollo integral de las habilidades necesarias para una futura reintroducción exitosa.

## 7 RECOMENDACIONES

- A partir de la recopilación de otros casos de rehabilitación de tortugas marinas, se propone complementar el protocolo diseñado, con el fin de convertirlo en una herramienta más general y aplicable en diversos escenarios enfocados en la rehabilitación de individuos. Asimismo, sería ideal poder incluir consideraciones específicas para otras especies de tortugas marinas, de modo que el protocolo sea adaptable a cualquier caso dentro de este grupo.
- Para la rehabilitación de tortugas marinas, se recomienda implementar el enriquecimiento ambiental de manera integral, abarcando aspectos físicos, sociales, cognitivos y sensoriales del individuo, con el objetivo de lograr un proceso de rehabilitación más completo, efectivo y adecuado a las necesidades de cada ejemplar.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, M. 2020. Etología y telemetría satelital: herramientas complementarias en los procesos de conservación de tortugas marinas. Trabajo de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Aprile, G. y Bertonatti, C. 1996. Manual sobre rehabilitación de fauna. Bol.Téc. N° 31, FVSA, Buenos Aires, Argentina.
- Barragán-Fonseca, K. y Varela, N. 2005. La Rehabilitación de Fauna Silvestre en Colombia. Revista de la Asociación de Veterinarios de la Vida Silvestre. Vol. 1. N.3
- Bernal, J. 2012. Seguimiento satelital de las rutas migratorias y/o residenciales de dos juveniles de tortuga carey *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) procedentes de una fase de levante en sistema cerrado, Santa Marta, Colombia. Trabajo de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Bologaro Crevenna Recaséns, A., A. Z. Márquez García, V. Torres Rodríguez y A. García Vicario, (2010). Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, p. 73-96. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnat-ine, unamicmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
- Brieva C, Varela N, Sánchez A y Moreno W. 2000. Memorias Curso. Fundamentos de Rehabilitación en Fauna Silvestre. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá – Colombia, p. 123.
- Chacón, D. 2009. Actualización del estado de la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en el Caribe y Atlántico occidental. Documento preparado para el Taller Regional sobre la Tortuga Carey en el Gran Caribe y Atlántico Occidental celebrado del 23 al 26 de septiembre de 2009 en Puerto Morales, Q. Roo. México. 120 p.
- CONABIO. 2000. Estrategia nacional sobre la biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2012. Fichas de especies prioritarias. Tortuga Caguama (*Caretta caretta*) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- Dawkins MS. 2008. The science of animal suffering. *Ethology* 114: 937-945.
- Diggins, R., Burrie, R., Ariel, E., Ridley, J., Olsen, J., Schultz, S., Pettett-Willmet, A., Hemming, G., & Lloyd, J. (2022). A review of welfare indicators for sea turtles

undergoing rehabilitation, with emphasis on environmental enrichment. *Animal Welfare*, 31(2), 219-230.

Escobedo-Bonilla, Cesar Marcial, Noelia Maria Quiros-Rojas, and Esteban Rudín-Salazar. 2022. "Rehabilitation of Marine Turtles and Welfare Improvement by Application of Environmental Enrichment Strategies" *Animals* 12, no. 3: 282.

Feck, A.D.; Hamann, M. Effect of sea turtle rehabilitation centres in Queensland, Australia, on people's perceptions of conservation. *Endang. Species Res.* 2013, 20, 153–165.

García-Grajales, J., Arcos-García, L., Ramírez, E., y Meraz, J. 2018. La investigación científica sobre tortugas marinas en México: Una revisión a las actividades y acciones de investigación y conservación. *Ciencia y Mar XXI (63): 3-12. Ciencias Marinas. XXI. 3-12.*

Heppell, S., Snover, M.L., Crowder, L.B. 2003. Sea turtle Population Dynamics. Pp. 275-306. En: Lutz, P.L., Musick, J.A., Wyneken, J. (Eds.). *The Biology of Sea Turtles Volume II.* CRC Press Boca Ratón, Florida, EEUU

Hochscheid, S. 2014. Why we mind sea turtles' underwater business: A review on the study of diving behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 450, 118 – 136.

UICN/SSC Grupo Especialista en Reintroducción. 1995. *Guías para reintroducciones.* Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Joya, A. y Molina, M. 2006. Levante de neonatos de tortuga Carey, *Eretmochelis imbricata* (Linnaeus, 1766) mediante la implementación de dos tipos de dietas en el acuario Mundo marino, Santa Marta.

Kaufmann, R. 1975. Observaciones sobre el crecimiento de tortugas marinas en cautividad. *Caldasia*.

Lescano, J., Quevedo, M. y Fernández, V. 2013. Enfermedad ulcerativa cutánea septicémica en una colección multi-especie de tortugas semiacuáticas. *Rev Inv Vet Perú* 2013; 24(4): 561-564

López-Mendilaharsu, M., Estrades, A., Caraccio, M., Calvo, V., Hernández, Martín y Quirici, V. 2006. *Biología, ecología y etología de las tortugas marinas en la zona costera uruguaya. Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya.* Vida Silvestre Uruguay, Montevideo. i-xiv.

- Lucero, J., Tarango, L., Zamudio, D., Gallardo, R., Yáñez, J., Gil, J. y León, R. 2017. Programas de conservación de la vida silvestre: una revisión y análisis. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*. 14. 565. 10.22231.
- Lutz, P. L., & Bentley, T. B. (1985). Respiratory Physiology of Diving in the Sea Turtle. *Copeia*, 1985(3), 671–679.
- Maple, T.L.; Perdue, B.M. Chapter 6. Environmental enrichment. In *Zoo Animal Welfare*; Springer: Berlin, Germany, 2013; pp. 95–117
- Mellen, J.; MacPhee, M.S. Philosophy of environmental enrichment: Past, present, and future. *Zoo Biol.* 2001, 20, 211–226.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019. Actividad reproductiva de las tortugas marinas en Colombia: Toma de información nacional estandarizada para el monitoreo y seguimiento. Dirección de Asuntos Marinos Costeros y Recursos Acuáticos. ISBN: 978-958-5551-06-0 74 p.
- Monterrosa, M. y Salazar, M. 2005. Levante de neonatos de *Caretta Caretta* (Linnaeus, 1758) y su proceso de adaptación al medio natural, Santa Marta, Colombia. Trabajo de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Norton T. 2012. Sea turtle rehabilitation. In: Miller RE, Fowler M (eds). *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy Volume 7*. St. Louis, MO: Elsevier Saunders; 239.
- Prieto, J. 2023. Áreas clave prioritarias para la conservación de las tortugas marinas en el departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Tesis de maestría, Universidad del Norte.
- Richard, E., Perero, M. y Palacios, J. 2019. Manual de tortugas marinas para su conservación y protección de su hábitat. Ministerio del Ambiente de Ecuador.
- Riley, L.M.; Rose, P.E. Concepts, applications, uses and evaluation of environmental enrichment: Perceptions of zoo professionals. *J. Zoo Aquar. Res.* 2020, 8, 18–28
- Rubio, D. 2022. Etología de neonatos - juveniles de tortuga caguama *Caretta caretta* en fase de levante en el Acuario Mundo Marino, Santa Marta. Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano
- SEMARNAT. Secretaría de Manejo de Recursos Naturales. 2011. *Caretta caretta*. Ficha de identificación. Dirección de especies prioritarias para la conservación

Swaigood, R.R.; Shepherdson, D.J. Scientific approaches to enrichment and stereotypies in zoo animals: What's been done and where should we go next? *Zoo Biol.* 2005, 24, 499–518

Vasconcellos, D.S.A.; Ades, C. Possible limits and advances of environmental enrichment for wild animals. *Rev. Etol.* 2012, 11, 37–45.

Woody, J., 2001. Guest Editorial: It's Time to Stop Headstarting Kemp's Ridley. *Marine Turtle Newsletter* 55:7-8.