

Protocolo para la medición y el seguimiento del crecimiento de tortugas marinas en un proceso de *head-starting* en Santa Marta, Colombia

Luisa María Hoyos-Gómez¹

¹Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas.
luisa.1711520838@ucaldas.edu.co.

Abstract: Protocol for measuring and monitoring the development of sea turtles in a headstarting process in Santa Marta, Colombia. Currently, all species of sea turtles are at some degree of threat, and this is largely due to human activities. Regarding research on the breeding of sea turtles in closed systems in the Santa Marta region, the information available is limited because the information collected by the program is not standardized, despite knowing that the population dynamics of these animals is determined by the high mortality in its early stages, the breeding and study of these species is important for the implementation of successful conservation plans. However, currently there is no protocol for measuring and monitoring the development of sea turtles in closed systems of the marine turtle and mammal conservation program (ProCTMM) in Santa Marta - Colombia, where a protocol was implemented in order to standardize the taking of morphological measurements and the way of carrying out the registration so that the studies carried out within the program are replicable and verifiable, in addition to making it possible to carry out larger studies that contribute to the knowledge of the species and to the strategies oriented towards their conservation.

Keywords: growth, Headstarting, morphometry, sea turtles.

El término protocolo científico se refiere a un procedimiento formado por una secuencia de actividades que deben ser descritas al mayor detalle, precisión y claridad posible con el fin de que cualquier persona pueda replicar el protocolo con resultados semejantes, o evaluar la validez y confiabilidad de dicho procedimiento (Arias *et al.*, 2016). Debido a que los programas de *headstarting* o levante, pretenden la retención de neonatos durante sus primeros ciclos de vida con el fin de que al ser liberados en su medio natural aumenten sus probabilidades de supervivencia, siendo especialmente importantes en especies cuyas

poblaciones han disminuido significativamente y el porcentaje de crías que llegan a la adultez es bajo (Hepell *et al.*, 1996; Monterrosa & Salazar, 2005).

En la actualidad, existen siete especies descritas de tortugas marinas en el mundo y todas se encuentran en algún grado de amenaza (Márquez & del Carmen Farías, 2000), de las cuales cuatro anidan en playas del caribe colombiano: *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea* y *Eretmochelys imbricata* (Álvarez-León, 2001; Minambiente, 2002; Ceballos-Fonseca, 2004), las cuales tienen importantes funciones ecológicas como el consumo de organismos abundantes en aguas someras o pelágicas superficiales, contribuyendo al control del crecimiento poblacional de especies de medusas, esponjas y pequeños crustáceos pelágicos; esto las convierte en depredadoras exitosas y fundamentales en las redes tróficas marinas. Adicionalmente, estos reptiles pueden ser utilizados como perchas de descanso por aves migratorias (Eckert *et al.*, 1999; Buitrago, 2003).

Las tortugas marinas son especies que habitan localidades diferentes durante su ciclo de vida. Al eclosionar en playas, se dirigen a mar abierto donde inician su fase de crecimiento flotando pasivamente en las corrientes marinas, para posteriormente migrar a aguas someras a las llamadas zonas de alimentación. Durante estos procesos los individuos recorren diferentes corredores migratorios que los llevan a recorrer grandes distancias, en el caso de las hembras una de estas rutas migratorias incluye volver al sector donde se ubica la playa donde nacieron para desovar a diferencia de los machos quienes nunca vuelven a tierra (Seminoff *et al.*, 2008).

Aunque todas las tortugas marinas son carnívoras en las primeras etapas, posteriormente cambian sus dietas a unas más especialistas. En el caso de *C. mydas*, su dieta está principalmente compuesta de macroalgas y fanerógamas (Barros *et al.*, 2007), mientras que *E. imbricata* tiene una que se basa en demosponjas, algunos invertebrados coralimorfos como *Zoanthus sociatus* y *Ricordea florida*, crustáceos de la subclase Cirripedia y algunas algas (Van Dam & Diez, 1997). *D. coriacea*, por su parte se alimenta principalmente de animales de consistencia gelatinosa como medusas y calamares (Heaslip *et al.*, 2012). *C. caretta* es considerada como la más generalista de las tortugas marinas ya que se alimenta de

moluscos, equinodermos, tunicados, anélidos y peces, entre otros, pero el componente principal de su dieta son los crustáceos (Badillo, 2007)

Algunas de las razones por las cuales las tortugas marinas se encuentran en diferentes grados de amenaza dependiendo de la especie, según la lista del Apéndice I de CITES (Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) y la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza); son las bajas tasas de supervivencia durante la etapa juvenil. Sumado, a factores como la comercialización de la carne y el caparazón, la matanza de las hembras, la captura incidental en diversas pesquerías, la pérdida de las playas de anidación por erosión, entre otras ocasionando que las poblaciones de estos animales hayan tenido un declive significativo en los últimos años (Quiñones *et al.*, 2007; Morales-Betancourt *et al.*, 2015).

Teniendo en cuenta las amenazas que enfrentan las tortugas marinas alrededor del mundo, se han implementado diferentes estrategias para su conservación. Una de estas es la cría *ex situ*, la cual consiste en la tenencia de los neonatos por periodos de tiempo variables (*head-starting* o levante), con el fin de reducir las tasas de depredación en las primeras etapas de vida, antes de liberarlos en hábitats naturales (Caillouet Jr *et al.*, 1997). Esta técnica ha permitido obtener información valiosa sobre la historia natural de las tortugas, en especial, en aspectos como el comportamiento, el crecimiento, el desarrollo (Godínez-Domínguez *et al.*, 1993), la dieta (Medina, 2007) y las patologías (Cañon & Orozco, 2017), entre otros.

El Programa de Conservación de Tortugas y Mamíferos Marinos ProCTMM, dentro de marco del Proyecto de Conservación de Tortugas Petrobra-UTADEO-Mundo Marino - CORPAMAG, realiza fases de levante desde el año 2004 en las instalaciones del Acuario Mundo Marino, en la ciudad de Santa Marta, Colombia. Aunque el arribo de hembras anidantes podría ser el mejor indicativo de éxito de dicha estrategia de conservación, esperar entre 20 y 30 años para que una hembra alcance la edad reproductiva, mantenga las placas de identificación que llevan en las aletas y además logre ser interceptada durante el monitoreo de anidación es muy difícil. A pesar de que el seguimiento de juveniles y adultos en mar abierto es complicado por sus largas migraciones (Okuyama *et al.*, 2010), el uso de telemetría satelital y el reporte de avistamientos de juveniles con marcas plásticas de identificación han

podido comprobar que los juveniles introducidos después de fases de levante de varios meses, logran sobrevivir, alimentarse y desplazarse (Bernal, 2012, Pabón-Aldana *et al.*, 2012, Aguilar, 2020).

Las especies de tortugas marinas que han hecho parte de fases de levante en el ProCTMM son la tortuga cabezona o caguama (*C. caretta*), la tortuga carey (*E. imbricata*) y la tortuga verde (*C. mydas*). En aras de establecer las medidas morfométricas y su estandarización en la toma de datos dentro del componente de levante, para el desarrollo de futuras investigaciones sobre el crecimiento de neonatos en sistemas cerrados, la replicación y/o comparación con estudios de este tipo en otras localidades se estableció como objetivo de este trabajo estructurar un protocolo para la medición y el seguimiento del crecimiento de neonatos de tortugas marinas (*C. caretta*, *C. mydas* y *E. imbricata*) en el componente de levante del ProCTMM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La fase de levante de tortugas marinas que lleva a cabo el ProCTMM se realiza dentro de las instalaciones del Acuario Mundo Marino (11°13'01"N y 74°14'14"W), Fundación Museo del Mar, situado en la Bahía de Gaira, playa El Rodadero, Santa Marta (Colombia).

Materiales y equipos. Existen diferentes herramientas que se pueden utilizar para realizar la toma de datos de morfometría (Cuadro 1). El uso de calibrador o cinta métrica dependerá del tamaño de los individuos y para el peso se utiliza una balanza digital semianalítica de precisión 0,01 g y capacidad máxima de 4000 g. Se recomienda el uso de estos equipos ya que las medidas se pueden tomar de forma sencilla y rápida para evitar un alto nivel de estrés en los individuos, adicionalmente esto facilita la estandarización en la toma de datos por diferentes investigadores.

Morfometría. Las variables morfológicas más utilizadas para el estudio del crecimiento y desarrollo en tortugas son: Largo Recto de caparazón (LRC), Ancho Recto de caparazón (ARC), Largo curvo de caparazón (LCC), Ancho Curvo de Caparazón (ACC), Largo de Plastrón (LP), Ancho del plastrón (AP), Profundidad del Cuerpo (PC) y Peso

(Bjorndal & Bolten, 1988; Price *et al.*, 2004). El investigador es quien decide qué medidas utiliza, sin embargo, las más utilizadas son LRC, ARC, LP, AP Y Peso.

Las medidas a tomar pueden variar dependiendo de la edad del animal, la disponibilidad de herramientas (Cuadro1) y el estudio a realizar, sin embargo, las más comunes en sistemas de levente son LRC, ARC y Peso. A menudo, los investigadores no toman todas las medidas descritas anteriormente por falta de herramientas o para evitar un alto nivel de estrés al individuo. Por tal motivo, es utilizada la fórmula (ver Fórmula 1) mediante la cual se puede pasar de LRC a LCC, y de ARC a ACC y viceversa en ambos casos, pero para esto es necesario determinar el índice de conversión (IC), el cual será el resultado de la longitud de caparazón de un n representativo (Fórmula 2) en los que se mide el LCC o LRC y ACC o ARC en centímetros, dependiendo del caso. A continuación, se halla la relación LCC/ACC o LRC/ARC para obtener el IC de cada caparazón, dichos IC se promedian posteriormente con el fin de reducir el porcentaje de error, ya que dentro de un mismo lote o nido a menudo se aprecian individuos más grandes o pequeños al promedio (Pizarro-Neyra, 2015)

Tasa de Crecimiento Corporal (TCC). Si el objetivo del estudio es evaluar la tasa de crecimiento corporal, es necesario individualizar los organismos y tener claridad del tiempo transcurrido entre captura y recaptura, la fórmula para TCC es $(LRC_f - LRC_i)/T$, donde LRC_f es Largo Recto de Caparazón final, LRC_i Largo Recto de Caparazón inicial y T: tiempo entre cada medición. Esta fórmula también se puede aplicar para ARC, ACC, LCC y Peso.

Individualización. Las marcas temporales son usadas sobre todo en neonatos donde una marca permanente puede afectar la salud del individuo, en estudios de periodos cortos. Se realizan sobre el caparazón de la tortuga y se pierde por muda de las escamas o desgaste de la pintura (Prieto, 2011). Dentro de las pinturas recomendadas están los esmaltes de uñas (Fig. 6E) o pinturas que no contengan plomo y otros ingredientes que pueden ser tóxicos; Estas marcas deben ser repasadas con regularidad, aproximadamente cada cinco días aunque esto puede variar dependiendo del desgaste de la marca, y pueden seguir un sistema como el sistema CAGEL o simplemente una marca a gusto del investigador.

Sistema CAGEL. Es un sistema de marcaje utilizado principalmente en neonatos y juveniles, basado en la creación de muescas en las escamas marginales, limando su borde siguiendo un patrón de “marcas únicas”; se realiza numerando las escamas marginales desde las anteriores hacia las posteriores de cada lado del caparazón, a un lado se usan los números del uno en adelante y del otro las decenas, una modificación a este método consiste en hacer perforaciones mediante un taladro usando el mismo sistema de nomenclatura. En el ProCTMM se sigue un método de codificación diferente en el que no son marcados los escudos marginales y por el contrario son marcados los escudos costales y vertebrales (Garzón, 2018), dichas marcas son realizadas con esmaltes que no contengan plomo u otros ingredientes tóxicos, para causar el menor estrés posible a los individuos. Existen varios métodos de codificación entre ellos el método 1247 y el método 12345.

Método 1247: se divide el espaldar de la tortuga en cuatro cuadrantes, ordenados según los cuatro cuartos de un reloj, que se corresponderán a los dígitos uno, dos, tres y cuatro, en los cuadrantes superiores se numeran imaginariamente los escudos según se alejan del escudo nucal como uno, dos, cuatro y siete, en los escudos marginales posteriores se hace la misma operación según se alejan del escudo supracaudal, para formar el primer dígito identificativo se toma el cuadrante del dígito uno, y se suman los números correspondientes a los escudos que poseen una muesca (Fig. 4A) (Semarnat, 2011).

Método 12345: se divide el caparazón de las tortugas en cuatro cuadrantes, numerándolos a partir del superior derecho y en sentido inverso a las agujas de del reloj. El sistema es parecido al anterior, numerándose las placas del uno al cinco, pero con la salvedad de que el primer cuadrante representa millares, el segundo centenas, el tercero decenas y el cuarto unidades (Fig. 4B) (Semarnat, 2011).

Metodología usada por el ProCTMM. Para la individualización se numeran los escudos costales del lado derecho de arriba hacia abajo, continuando con los escudos vertebrales, y los escudos costales del lado izquierdo, se sigue con la numeración marcando dos escamas. Así, si están marcados el primer y la segundo escudo costal derecho el individuo será el número 17 en *C. caretta* (Fig. 5A) y 15 en *E. imbricata* y *C. mydas* (Fig.5B). No se deben marcar las escamas marginales, especialmente aquellas más cercanas a las aletas, ya

que esto puede incentivar el ataque entre individuos del mismo tanque y la lesión de las aletas.

Los individuos son mantenidos bajo cuidado humano por aproximadamente de 8 a 12 meses, tiempo en el cual son alimentados dos veces al día hasta saciedad, y su crecimiento es monitoreado por medio de las morfometrías mensuales hasta que alcanzan una talla superior a los 20 cm de LRC, cuando ya pueden ser introducidos en su medio natural.

Revisión de Bibliografía y búsqueda de métodos. Monterrosa & Salazar (2005), y Joya & Molina (2006) en sus investigaciones tomaron el LT, LRC, ARC y el Peso, por su parte Sarmiento *et al.* (2008), midieron LRC, ARC, LP, AP, PC y Peso. Estos estudios se enfocaron en la implementación de dietas experimentales, mientras que Godínez-Domínguez *et al.* (1993), se enfocaron en las TCC y para esto tomaron las medidas de LRC, ARC, ACC, LCC y Peso, al contrario de Piovano *et al.* (2011) que en su estudio sobre distintas tasas de crecimiento de tortugas bobas en el mediterráneo y en el Atlántico tomaron el LCC.

Medidas y tiempo de toma de datos en el componente de levante del ProCTTM. Las medidas usualmente tomadas son LRC, ARC y Peso, aunque en ocasiones también son tomadas el LCC Y ACC, en especial cuando los individuos tienen un gran tamaño (superior a 30 cm de LRC). En menor proporción también son tomados el LP y AP, dichas medidas son tomadas con calibrador, cinta métrica y una balanza en especial en estudios comparativos de dietas experimentales.

RESULTADOS

Protocolo para la medición y seguimiento del crecimiento de tortugas marinas en un proceso de *headstarting* en Santa Marta, Colombia.

Toma de medidas morfométricas. Para neonatos, las mediciones se deben realizar apoyando el individuo sobre una superficie plana y utilizando un calibrador, generalmente a partir de los 18 cm de LRC (aproximadamente seis meses de edad) se dificulta la toma de datos con calibrador por el tamaño de los individuos, por lo que a partir de este momento deben tomarse los datos con un ictiómetro o una cinta métrica, apoyando esta sobre una

superficie plana de forma tal que no se mueva, se mantenga derecha y se ubique el individuo justo al lado para poder realizar la medición, en caso tal de que la tortuga no permita realizar la medida de esta manera, se debe tomar posicionando la cinta métrica sobre el caparazón y posteriormente esta medida será convertida (Fig. 1), a LRC O ARC según sea el caso.

Para conocer el peso de los individuos se usa una balanza digital posicionando primero un recipiente de plástico y tarando la balanza para que no se vea afectado el peso marcado por este equipo. La utilización del recipiente plástico es de gran ayuda ya que los individuos con frecuencia intentan desplazarse y pueden sufrir accidentes.

Para estudios sobre dietas experimentales se recomienda que dichas medidas sean tomadas cada 15 días como se hace en la actualidad y que a las medidas morfométricas sean añadidas las medidas de LP y AP (Monterrosa & Salazar, 2005; Joya & Molina, 2006; Pazmiño, 2017; Sarmiento *et al.*, 2018).

Recomendaciones durante la toma de medidas morfométricas. Durante todas las mediciones, los individuos deben ser humedecidos con regularidad, aproximadamente cada 15 minutos o antes si se observa el caparazón reseco. Este procedimiento se realizará rociando agua con una manguera de forma tal que caiga como llovizna y no como un chorro fuerte sobre los individuos. El uso de agua dulce producirá un choque de pH, favoreciendo la eliminación de bacterias u agentes infecciosos. Se debe evitar el contacto con el suelo y la permanencia de las tortugas en posición dorsal por más de 15 minutos o si se nota un enrojecimiento en la articulación de las aletas al caparazón. Todo este proceso debe realizarse a la mayor brevedad con el fin de que los individuos no pasen demasiado tiempo fuera del agua. Las personas encargadas de realizar las mediciones morfométricas deberán tener las manos limpias, preferiblemente utilizando guantes y cambiándolos entre las mediciones de cada tanque, con el fin de prevenir la contaminación cruzada.

Registros de medidas morfométricas. Con el fin de estandarizar la toma de datos, dentro de la fase de levante del ProCTMM, se desarrolló el formato (Cuadro 2) en el cual se deberán llevar los registros de morfometría. Este formato tiene unos apartados que deben ser llenados obligatoriamente los cuales son: día y persona encargada de la realización de la

morfometría, fecha de nacimiento de los individuos (día en que emergen los últimos neonatos del nido), ARC, LRC y Peso.

La primera toma de datos deberá ser realizada el día de la eclosión de los neonatos o al día siguiente con el fin de tener el registro más preciso del tamaño al momento de nacer. El tiempo que actualmente transcurre entre cada medición es de un mes, aunque en los estudios de comparación de dietas esta medida suele ser tomada cada 15 días, en los primeros meses de vida esta medida debe ser tomada con mayor regularidad ya que la curva de TCC disminuye significativamente a medida que el individuo incrementa su tamaño (Godínez *et al.*, 1993). Teniendo en cuenta esto y si el objetivo del estudio es analizar las TCC se recomienda que las mediciones morfológicas se realicen cada 15 días o menos durante los primeros seis meses de vida de las tortugas (Carretero, 1991; Godínez *et al.*, 1993).

DISCUSIÓN

El levante como estrategia de conservación tiene un gran potencial en estudios sobre desarrollo ya que brinda datos en etapas tempranas de la vida de los individuos. Las tasas de crecimiento permiten estimar el tiempo que les toma a los juveniles alcanzar la talla y/o edad mínima de madurez sexual (Uribe *et al.*; 2020). Los estudios de crecimiento han desempeñado un papel importante en el conocimiento que se tiene sobre la historia de vida de las tortugas en las que su tamaño puede ser determinado con precisión midiendo su caparazón. No obstante, los hábitos pelágicos de los juveniles limitan los estudios de crecimiento de estas especies en sus primeros años de vida (Chaloupka, 2003; Avens & snover, 2013).

Teniendo en cuenta que el desarrollo de los planes de manejo y conservación de estas especies depende del conocimiento de sus tasas de crecimiento ya que, al ser especies con madurez tardía, las acciones de conservación dirigidas a las hembras reproductoras y hacia los nidos deben durar décadas para producir resultados tangibles (Bjorndal *et al.*, 1999), los estudios de crecimiento cobran un valor fundamental para la conservación de estos organismos y sumados a la estrategia de levante, brindan la oportunidad de realizar estudios que no podrían hacerse con individuos en vida libre (Chacón *et al.*, 2000).

Tradicionalmente, dentro del ProCTMM se han desarrollado diversos estudios sobre el crecimiento de tortuga carey y caguama. Dichos estudios han tenido un enfoque hacia la comparación de diferentes dietas experimentales (Joya & Molina, 2006; Sarmiento *et al.*, 2018; Patiño, 2019) y solo se han establecido dos protocolos para levante (Prieto, 2011; Olave, 2016). Sin embargo, dichos protocolos han estado enfocados hacia los sistemas de mantenimiento de los individuos, algunos componentes de la dieta y patologías presentes dentro de los sistemas de levante, pero no se han enfocado en estandarizar un proceso para la toma y seguimiento de los datos obtenidos en el programa.

Por este motivo y tras una búsqueda bibliográfica, se encontró la inexistencia de un protocolo estandarizado para la toma de datos en levante en el Programa, lo que en muchas ocasiones dificulta hacer comparaciones entre estudios ya que, aunque puede que estos tengan la misma finalidad, las medidas morfométricas utilizadas son diferentes. Por esta razón, se desarrolló un formato (Cuadro 2) mediante el cual se pretende estandarizar la toma de datos dentro del componente de levante. Dicha estandarización favorecerá la realización de estudios sobre el crecimiento de neonatos en un sistema de levante y permitirá la replicación y comparación con otros estudios de esta índole, generando conocimiento sobre el crecimiento de neonatos y juveniles, estudios difícilmente realizables en vida libre por la naturaleza migratoria de estas especies (Godínez *et al.*, 1993; Seminoff *et al.*, 2018).

Este protocolo facilitará la comprensión y el procesamiento de los datos obtenidos mediante las morfometrías y permitirá su comparación con diferentes levantes dentro del mismo Programa o dentro de otros programas con una finalidad similar. Asimismo, permitirá la replicación de estos procedimientos con el fin de generar nuevo conocimiento sobre el crecimiento de las tortugas marinas en sus primeros años de vida y cómo los procesos de levante cumplen o no con su finalidad de introducir al medio neonatos con mayores probabilidades de supervivencia (Woody, 1991; Bell *et al.*, 2005).

RECOMENDACIONES

Al realizar una revisión de los datos históricos del ProCTMM en el componente de levante, se identificó la imposibilidad de realizar análisis estadísticos de gran envergadura, por la falta de estandarización en la toma de los datos y la no individualización de las tortugas.

Con el fin de poder realizar estudios sobre el crecimiento de los neonatos dentro de un programa de levante, se recomienda la individualización de por lo menos el 30% de la población a estudiar, dichos neonatos deberán ser elegidos al azar (mismo número de individuos por nido) desde la primera toma de datos.

La primera morfometría deberá ser realizada en la primera semana después de la eclosión, o idealmente el mismo día de la eclosión y el crecimiento de estos individuos será registrado mensualmente o quincenalmente, dependiendo del objetivo de los investigadores, esto permitirá calcular las TCC, además de generar y responder preguntas más complejas sobre el crecimiento de estos animales, y trabajos más robustos que generaran conocimiento sobre estas especies y cómo ayudar a su conservación

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por apoyarme en todos los momentos de mi vida y hacer que mi sueño de trabajar con tortugas marinas se hiciera realidad. A mis abuelos por su amor y sus enseñanzas y a mi toda mi familia por su apoyo incondicional.

A Viviana Andrea Ramírez Castaño, Jorge Mario Herrera Lopera y Guiomar Aminta Jauregui por su constante apoyo y seguimiento del trabajo. A Karen Pabón Aldana por todos sus conocimientos, paciencia y capacitaciones para el manejo adecuado de los individuos. A todo el equipo del ProCTMM por el constante acompañamiento y la financiación.

RESUMEN

Actualmente, todas las especies de tortugas marinas se encuentran en algún grado de amenaza, y esto se debe en gran parte a las actividades humanas (*e.g.* contaminación del agua y las playas, la urbanización de las zonas de litoral, la pesca, entre otras). En cuanto a la investigación sobre la crianza de tortugas marinas en sistemas cerrados en la región de Santa Marta, la información disponible es limitada debido a que no toda la información recolectada por el Programa no se ha obtenido de forma estandarizada. Sin embargo, y a pesar de conocer que las dinámicas poblacionales de estos animales está determinada por la alta mortalidad en etapas tempranas, actualmente no existe un protocolo para medir y monitorear el desarrollo

neonatos y juveniles de tortugas marinas en sistemas cerrados del Programa de Conservación de Tortugas y Mamíferos Marinos (ProCTMM) en Santa Marta (Colombia), donde se implementó un protocolo con el fin de estandarizar la toma de medidas morfológicas, con el objetivo que los estudios realizados dentro del programa sean replicables y verificables, además de posibilitar la realización de investigaciones más amplias que contribuyan al conocimiento de las especies y a las estrategias orientadas a su conservación.

Palabras clave: crecimiento, levante, morfometría, tortugas marinas.

REFERENCIAS

- Aguilar Becerra, M. V. (2020). Etología y telemetría satelital: herramientas complementarias en los procesos de conservación de tortugas marinas.
- Álvarez-León, R. (2001). Las tortugas marinas de Colombia: estado actual de su conocimiento. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 25(95), 269-287.
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Novales, M. G. M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.
- Avens, L., & Snover, M. L. (2013). Age and age estimation in sea turtles. *The biology of sea turtles*, 3, 97-134.
- Badillo Amador, F. (2007). Epizoítos y parásitos de la tortuga boba (*Caretta caretta*) en el Mediterráneo Occidental.
- Barros, J. A., Copertino, M. S., Monteiro, D. S., & Estima, S. C. (2007). Análise da dieta de juvenis de tartaruga verde (*Chelonia mydas*) no extremo sul do Brasil. *Anais Do VIII Congresso de Ecologia Do Brasil*. SEB.
- Bell, C. D., Parsons, J., Austin, T. J., Broderick, A. C., Ebanks-Petrie, G., & Godley, B. J. (2005). Some of them came home: the Cayman Turtle Farm headstarting project for the green turtle *Chelonia mydas*. *Oryx*, 39(2), 137-148.

- Bernal Gutiérrez, J. E. (2012). Seguimiento satelital de las rutas migratorias y/o residenciales de dos juveniles de tortuga carey *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766).
- Bjorndal, K. A., & Bolten, A. B. (1988). Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. *Copeia*, 555-564.
- Bjorndal, K. A., Wetherall, J. A., Bolten, A. B., & Mortimer, J. A. (1999). Twenty-six years of green turtle nesting at Tortuguero, Costa Rica: an encouraging trend. *Conservation Biology*, 13(1), 126-134.
- Buitrago, J. (2003). El rol de las tortugas marinas en los ecosistemas. Venezuela: Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales.
- Caillouet Jr, C. W., Fontaine, C. T., Williams, T. D., & Manzella-Tirpak, S. A. (1997). Early growth in weight of Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*) in captivity. *Gulf and Caribbean Research*, 9(4), 239-246.
- Cañon, S., & Orozco, C. I. (2017). Anormalidades encontradas en nidadas trasladadas de tortugas marina Gogo (*Caretta caretta*) y Carey (*Eretmochelys imbricata*) de las playas de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, departamento del Magdalena, en la temporada de desove del 2001. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Chacón, D., Valerín, N., Cajiao, M., Gamboa., H. y Marín, G. (2000). Manual para Mejores Prácticas de Conservación de las Tortugas Marinas en Centroamérica. Red Regional para la Conservación de las Tortugas Marinas de Centroamérica en Nicaragua, Panamá y Costa Rica. 155 pp.
- Chaloupka, M. (2003). Stochastic simulation modeling of loggerhead sea turtle population dynamics given exposure to competing mortality risks in the western south Pacific region. In: Bolten, A., Witherington, B. (Eds.), *Loggerhead Sea*
- Carretero-Montes, R.E. (1991). Crecimiento y mortalidad durante un año de cautiverio de crías de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) en el Centro

Tortuguero Playón e Mismaloya, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, México. 72 p .

Ceballos-Fonseca, C. (2004). Distribución de playas de anidación y áreas de alimentación de tortugas marinas y sus amenazas en el Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 33(1), 79-99.

Eckert, K. L., Bjorndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (1999). Research and management techniques for the conservation of sea turtles.

Garzón Rodríguez, L. F. (2018). Foto identificación y morfometría geométrica de escudos del plastrón para el reconocimiento de neonatos-juveniles de la tortuga marina *Caretta caretta*

Godínez-Domínguez, E., Carretero-Montes, R. E., de A Silva-Bátiz, F., Ruíz, S., & Aguilar, B. (1993). Crecimiento de neonatos de *Chelonia agassizii* (Testudines: Cheloniidae) en cautiverio. *Revista de Biología Tropical*, 253–260.

Heaslip, S. G., Iverson, S. J., Bowen, W. D., & James, M. C. (2012). Jellyfish support high energy intake of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*): video evidence from animal-borne cameras. *PloS one*, 7(3), e33259.

Heppell, S. S., Crowder, L. B., & Crouse, D. T. (1996). Models to evaluate headstarting as a management tool for long-lived turtles. *Ecological applications*, 6(2), 556-565.

Joya, A. y Molina, M. (2006). Levante de Neonatos de Tortuga Carey, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) Mediante la Implementación de dos Tipos de Dietas en el Acuario Mundo Marino, Santa Marta. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta.

Márquez, R. & del Carmen Farías, M. (2000). Las tortugas marinas y nuestro tiempo (Issue 597.92 M3.). Fondo de cultura económicaD. FDF.

Medina Suárez, M. E. (2007). Capacidad de volteo en crías de tortuga común (*Caretta*

caretta) en cautiverio. Anales universitarios de etología.

Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. (2002). Programa Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas y Continentales de Colombia. Imprenta Nacional, Bogotá, 63 p.

Monterrosa, M. y Salazar, M. 2005. Levante de Neonatos *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) y su Proceso de Adaptación al Medio Natural. Santa Marta. Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta.

Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Páez, V. P., & Bock, B. C. (2015). Libro rojo de reptiles de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Okuyama, J., Shimizu, T., Abe, O., Yoseda, K., & Arai, N. (2010). Wild versus head-started hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata*: post-release behavior and feeding adaptations. *Endangered Species Research*, 10, 181–190.

Pabón-Aldana, K., Noriega-Hoyos, C. L., & Jaúregui, G. A. (2012). First satellite track of a head-started juvenile Hawksbill in the Colombian Caribbean. *Marine Turtle Newsletter*, 133(4), 4-7.

Patiño, M.A. (2019). Implementación de dietas experimentales para el levante de neonatos de *Eretmochelys imbricata* y *Caretta caretta* (Testudines: Cheloniidae) en Santa Marta, Colombia. Tesis de pregrado. Universidad de Caldas. Facultad de ciencias naturales y exactas.

Pazmiño, J. M. (2017). Efecto de la alimentación en el crecimiento de juveniles en las especies *Chelonoidis donfaustoi* y *Chelonoidis darwini*.

Pizarro-Neyra, J. (2015). Tortugas Marinas en el Sur del Perú. Proyecto Nuestro Medio Ambiente Marino. Tacna 50 p.

- Piovano, S., Clusa, M., Carreras, C., Giacomini, C., Pascual, M., & Cardona, L. (2011). Different growth rates between loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) of Mediterranean and Atlantic origin in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 158(11), 2577-2587.
- Price, E. R., Wallace, B. P., Reina, R. D., Spotila, J. R., Paladino, F. V., Piedra, R., & Vélez, E. (2004). Size, growth, and reproductive output of adult female leatherback turtles *Dermochelys coriacea*. *Endangered Species Research*, 1, 41-48
- Prieto. (2011). Protocolo para el proceso de levante de juveniles de tortuga. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Santa Marta.
- Quiñones, L. Patiño-Martínez, J. U. A. N., & Marco, A. (2007). Factores que influyen en la puesta, la incubación y el éxito de eclosión de la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*, en la Playona, Chocó, Colombia. *Rev. Esp. Herp*, 21, 5-17.
- Sarmiento-Devia, R. A., Jaúregui-Romero, G. A., & Sanjuan-Muñoz, A. (2018). Uso de alimentos comerciales en el levante de tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*, Cheloniidae). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 47(2), 135–156.
- Semarnat, 2011. Plan de Manejo para Tortugas Dulceacuícolas del Género *Trachemys* Manejo Intensivo. Secretaría de Medio Ambiente.
- Seminoff, J. A., Reséndiz-Hidalgo, A., Jiménez de Reséndiz, B., Nichols, W. J., & Todd-Jones, T. (2008). Tortugas marinas. Bahía de Los Ángeles: Recursos Naturales y Comunidad. Pronatura Noroeste AC, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, San Diego Natural History Museum. México DF, 457-494
- Uribe, M. C., Payán, L. F., Amoroch, D. F., & Páez, V. P. (2020). Tasas de crecimiento somático de tortuga carey, *Eretmochelys imbricata*, en el Parque Nacional Natural Gorgona, Colombia, entre 2004 y 2018. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 49(SuplEsp), 13-30.

Van Dam, R. P., & Diez, C. E. (1997). Diving behavior of immature hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in a Caribbean reef habitat. *Coral Reefs*, 16(2), 133-138.

Woody, J. B. (1991). Guest editorial: it's time to stop headstarting Kemp's ridley. *Marine Turtle Newsletter*, 55, 7.

CUADRO 1

Medidas para morfometría.

TABLE 1

Measurements for morphometry.

Medida	Herramientas para la medición	Toma de medidas	Ventajas de la medición	Inconvenientes en la medición
Largo Recto de Caparazón (LRC)	Calibrador o regla	Desde el escudo nucal hasta el extremo de los escudos supracaudales.	Es fácil realizar esta medida en neonatos donde el caparazón, es aplanado, el calibrador facilita y acelera el proceso	En adultos el caparazón es curvo, y el calibrador o regla no tienen el tamaño suficiente para realizar esta medida
Ancho Recto de Caparazón (ARC)	Calibrador o regla	No existe un punto exacto, la medida se toma en el punto visible más ancho del caparazón	Es fácil realizar esta medida en neonatos donde el caparazón, es aplanado, el calibrador facilita y acelera el proceso	En adulto el caparazón es curvo, y el calibrador o regla no tienen el tamaño suficiente para realizar esta medida
Largo Curvo de Caparazón (LCC)	Cinta Métrica	Desde el escudo nucal hasta el extremo de los escudos supracaudales.	La cinta métrica se ajusta a la superficie curva del caparazón	Se requiere inmovilizar al individuo, y este proceso puede ser lento y causar altos niveles de estrés.
Ancho Curvo de Caparazón (ACC)	Cinta Métrica	No existe un punto exacto, la medida se toma en el punto visible más ancho del caparazón	La cinta métrica se ajusta a la superficie curva del caparazón	Se requiere inmovilizar al individuo, y este proceso puede ser lento y causar altos niveles de estrés.
Largo del Plastrón (LP)	Calibrador, regla o cinta métrica	Desde el extremo anterior del escudo intergular y el extremo posterior del	El plastrón tiende a ser recto durante toda la vida por lo que se facilita su medida con	Esta medida rara vez es utilizada en estudios sobre el crecimiento de tortugas y la toma de

Medida	Herramientas para la medición	Toma de medidas	Ventajas de la medición	Inconvenientes en la medición
		escudo interanal.	diferentes herramientas	muchas medidas requiere un tiempo prolongado lo cual aumenta el nivel de estrés de los individuos
Ancho del Plastrón (AP)	Calibrador, regla o cinta métrica	Distancia entre extremos de los segundos escudos inframarginales anteriores	El plastrón tiende a ser recto durante toda la vida porque lo que se facilita su medida con diferentes herramientas	Esta medida rara vez es utilizada en estudios sobre el crecimiento de tortugas y la toma de muchas medidas requiere un tiempo prolongado lo cual aumenta el nivel de estrés de los individuos
Profundidad del Cuerpo (PC)	Calibrador, regla o cinta métrica	Altura máxima en posición decúbiteo abdominal, a nivel de la quilla del segundo escudo vertebral	A menudo se usa esta medida, como un indicativo de condición corporal de los individuos.	Se necesita un implemento recto o garantizar la rectitud de la cinta métrica, para que no existan sesgos en la medición
Peso	Balanza, gramera, pesa o bascula		Esta medida se puede utilizar tanto en estudios de crecimiento como para determinar la condición corporal de un individuo. En neonatos es fácil tomar esta medida por su tamaño reducido	En adultos por su gran tamaño y peso significativo se dificulta la toma de esta medida, pudiendo generar altos niveles de estrés al individuo.

CUADRO 2

Formato para morfometría

TABLE 2

Format for morphometry

Lote:		Morfometría No.		Prom. LRC	
Procedencia:		Fecha Morfometría:		Prom. ARC	
Fecha Nacimiento:		Edad (días):		Prom. Peso	
Morfometría realizada por:				No. Ind.	
No.	LRC (cm)	ARC (cm)	PESO (g)	Super/Infranumeraria	Observaciones

SCL= IC TOTAL(CCL)

Donde SCL:LRC y CCL:LCC

Modificado de Pizarro-Neyra (2015)

Fórmula.1. Conversión de medidas.

Fórmula.1. Measurement conversion

$$\left(\frac{z * sd_{poblacional}}{\text{margen de error}} \right)^2$$

Donde z: 1,960 cuando se maneja un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 0.05

Fórmula. 2. Fórmula matemática para calcular n representativos

Fórmula.2. Mathematical formula to calculate n representatives

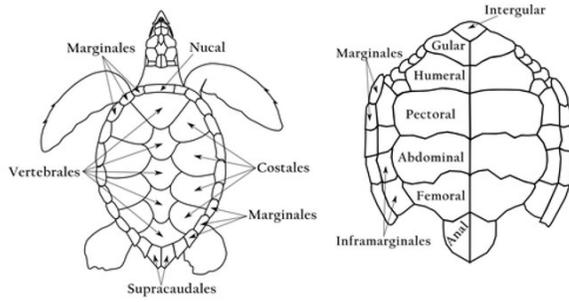
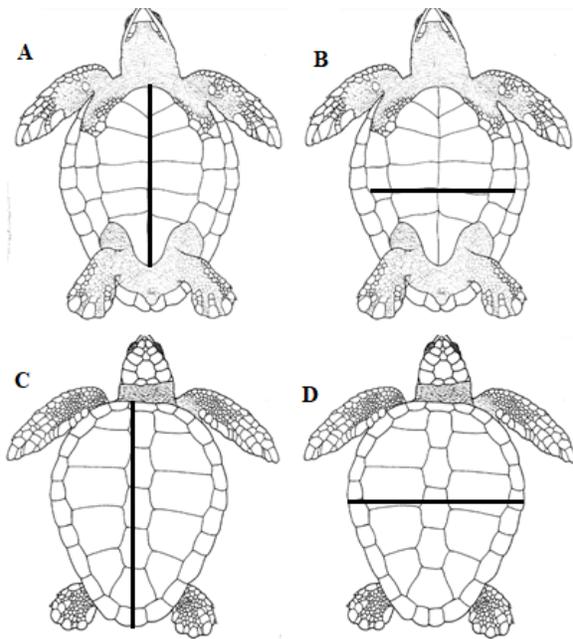


Fig.1. Escudos del caparazón y el plastrón

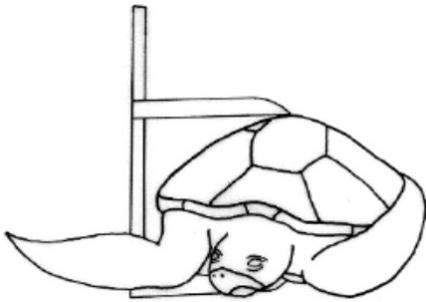
Fig.1. Carapace and plastron scutes.



Modificado de Pritchard *et al.* (2000)

Fig.2. (A) Largo del plastrón. (B) Ancho del plastrón. (C) Largo de caparazón. (D) Ancho de caparazón.

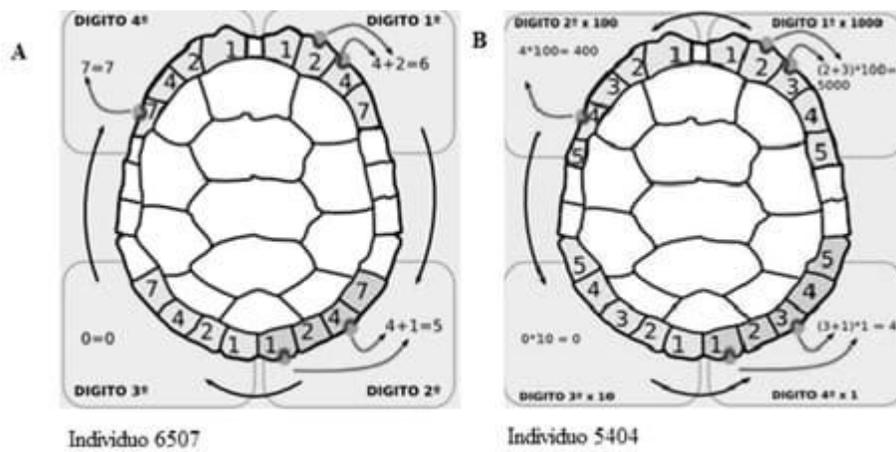
Fig.2. (A) Width of the plastron. (B) Length of the plastron. (C) Carapace length. (D) Carapace width.



Modificado de Chacón *et al.* (2000)

Fig.3. Profundidad del cuerpo

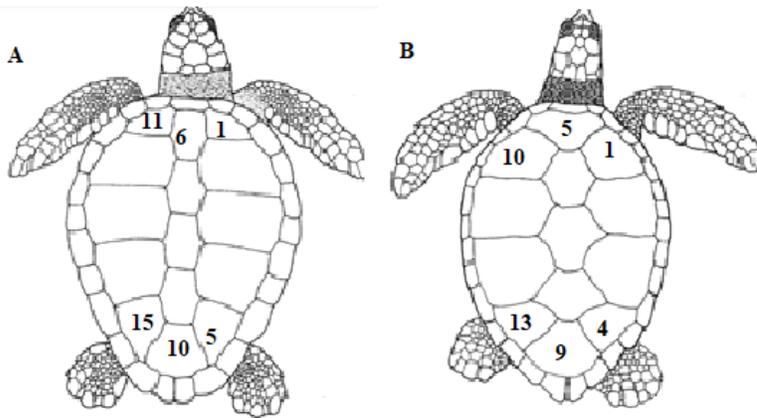
Fig.3. Body depth



Modificado de Prieto (2011)

Fig.4. (A) Método 1247. (B) Método 12345

Fig.4. (A) Method 1247. (B) Method 12345



Modificado de Pritchard *et al.*, (2000)

Fig.5. (A) Conteo de escudos *C. caretta*. (B) conteo de escudos *E. imbricata*

Fig.5. (A) Shield count *C. caretta*. (B) *E. imbricata* shield count

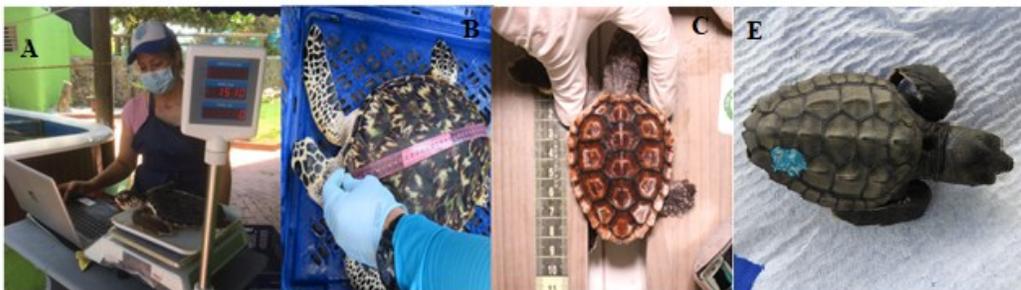


Fig.6. Registro de medidas morfométricas e individualización. (A) Peso. (B) LCC. (C) LRC. (D) Marcaje con esmalte

Fig.6. (A) Weight Taking. (B) LCC socket. (C) LRC shot. (D) Enamel marking.