

## Propuesta morfotipológica vertebral de tiburones Carcharhiniformes y su potencial ictioarqueológico en el área Maya

Nayeli G. Jiménez Cano

Laboratorio de Zooarqueología, Facultad de Ciencias Antropológicas. Universidad Autónoma de Yucatán. Km 1 Carretera Mérida-Tizimín, Cholul, Yucatán, México. CP 97305 eMail: <[nayeli.jimenez@correo.uady.mx](mailto:nayeli.jimenez@correo.uady.mx)>

### Resumen

Los sitios costeros prehispánicos del área maya destacan por su abundancia en vértebras de tiburones, cuya identificación anatómica y taxonómica presenta dificultades. Se presenta una propuesta de categorización morfotipológica vertebral para identificar vértebras del orden Carcharhiniformes. Se describen, de manera comparativa y pormenorizada, la morfología de las vértebras de los géneros *Carcharhinus* (*C. leucas*, *C. limbatus* y *C. plumbeus*), *Galeocerdo* (*G. cuvier*), *Rhizoprionodon* (*R. terraenovae*) y *Sphyrna* (*S. lewini*). Este aporte metodológico tiene potencial de aplicabilidad ictioarqueológica del área maya, así como aquellas zonas en donde ocurran estas especies, ya que permite obtener un reconocimiento de la posición de la columna vertebral y ayuda en la precisión de la identificación taxonómica.

**Palabras clave:** tiburones, vértebras, morfotipología, ictioarqueología.

### Abstract

Pre-Hispanic coastal sites in the Maya area are notable by their abundance on shark vertebrae, whose anatomical and taxonomic identification raises difficulties. A proposal for vertebral morphotypological categorization is provided to identify vertebrae of the order Carcharhiniformes. The morphology of the vertebrae of the genus *Carcharhinus* (*C. leucas*, *C. limbatus* and *C. plumbeus*), *Galeocerdo* (*G. cuvier*), *Rhizoprionodon* (*R. terraenovae*) and *Sphyrna* (*S. lewini*) are described in a comparative and detailed manner. This methodological contribution has potential for ichthyoarchaeological applicability in the Mayan area, as well as in those areas where these species occur, as it allows us to obtain recognition of the position of the vertebral column and assists in the accuracy of taxonomic identification.

**Keywords:** Sharks, vertebra, morphotypology, ichthyarchaeology.

## Introducción

La explotación de los tiburones por sociedades prehispánicas en el continente americano está ampliamente representada en el registro arqueozoológico, desde su presencia en asentamientos costeros del Pacífico (Dye, 1983; Ono e Intoh, 2011; Wright et al, 2016) como en el Atlántico (Bueno, 2005; Kozuch y Fitzgerald, 1989; Kozuch, 1993; Jiménez y Sierra, 2018; Jiménez, 2017).

Particularmente en el área maya, destaca la presencia de los restos de estos animales en contextos rituales de sitios interiores que denotan la importancia dada a las piezas dentales de los tiburones, ya que formaban parte de las ofrendas en espacios rituales de la élite (De Borhegyi, 1961; Newman, 2016). El carácter feroz de los tiburones era reconocido por la élite gobernante, cuyas representaciones iconográficas se asociaban a estos animales como símbolos de poder y como criaturas implicadas en la creación del universo (Schele y Miller, 1986; Reilly, 1991; Ková , 2013; Stross, 1994; Arnold, 2005).

Además del carácter cosmogónico de los tiburones para los antiguos mayas, su registro ictioarqueológico apunta a que los tiburones del orden Carcharhiniformes eran un recurso de subsistencia ampliamente consumido en tiempos prehispánicos (Jiménez, 2017; 2019), contrastando con el carácter de vulnerabilidad que mantienen en la actualidad (Ferretti et al, 2010). En el registro ictioarqueológico, podemos observar una dominancia de sus centros vertebrales en sitios costeros asociados a espacios domésticos y basureros. Es tal la relevancia de estos recursos en el área Maya que, durante el período Clásico, en sitios socialmente relevantes como Xcambó e Isla Cerritos, los restos de tiburones componen más de la mitad de los conjuntos ictioarqueológicos (Jiménez y Sierra, 2018; Jiménez, 2021).

A pesar de su abundancia, la identificación específica de las vértebras de tiburones no es tarea fácil debido a la variabilidad morfológica que existe dentro de la columna vertebral y la elevada diversidad de familias y especies. Esto conlleva a una pérdida de información ya que el conocimiento de taxonomías específicas no sólo es útil para conocer preferencias de captura y alimentación, sino además permite realizar inferencias paleoecológicas (Morales et al, 2016). En este sentido, el objetivo de este trabajo es sentar una primera herramienta metodológica que sirva de apoyo a la identificación a nivel familia, género y posiblemente a nivel especie de las vértebras de Carcharhiniformes a través de una propuesta morfotipológica que pudiera ser aplicada a restos ictioarqueológicos.

## Materiales y métodos

Para realizar la caracterización morfotipológica se consultó material de referencia de las vértebras de seis especies de Carcharhiniformes que incluyeron las siguientes especies de la familia Carcharhinidae: “tiburón toro” o “xmoá” (*Carcharhinus leucas*), “tiburón puntas negras” (*Carcharhinus limbatus*), “tiburón aletón” (*Carcharhinus plumbeus*), “tintorera” (*Galeocerdo cuvier*) y “cazón” o

“tutzún” (*Rhizoprionodon terraenovae*), así como la “cornuda común” (*Sphyrna lewini*) de la familia Sphyrnidae. Estos especímenes conformaron una muestra de 32 ejemplares procedentes de las costas del Golfo de México alojados en la colección de referencia zooarqueológica del Museo de Historia Natural de Florida en la Universidad de Florida (FLMNH-UF) que fueron inspeccionados durante estancias de investigación entre 2014 y 2015. Todos los ejemplares consultados presentaban las vértebras ordenadas en conexión anatómica y marcadas con su número correspondiente en cada caso.

Para evaluar la morfotipología vertebral se tomó en cuenta la variabilidad interespecífica comparando visualmente las columnas vertebrales de varios ejemplares con rangos de tallas y sexos diversos (Tabla 1). En primera instancia se realizó un reconocimiento visual de los elementos definidos en las vértebras, siguiendo los criterios de Ridewood y MacBride (1921), Compagno (1988) y Kozuch y Fitzgerald (1989). A partir de este reconocimiento se definieron los caracteres que presentaban cada uno de los elementos para con ello generar morfotipos. De esta manera se catalogó la variabilidad morfológica de las vértebras a lo largo de la columna vertebral, desde el centro-occipital hasta la última vértebra caudal, para cada una de las seis especies.

Debido a que la morfología de las vértebras es muy variada, este trabajo propone una categorización morfotípica que pudiera permitir la distinción morfológica no sólo de las regiones dentro de la columna vertebral sino también identificar, en la medida de lo posible, distintas familias, así como algunos géneros y especies de Carcharhiniformes. A pesar de que las especies analizadas no abarcan la totalidad de las que se pueden encontrar actualmente en el Golfo de México, este estudio se presenta como un primer acercamiento al análisis morfológico de sus elementos vertebrales.

ESPECIE	n	Machos	Hembras	Rango de Tallas (LT) (mm)
<i>Carcharhinus leucas</i>	7	3	4	1665-2725
<i>Carcharhinus limbatus</i>	5	5		1738-1870
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	7	7		1874-2250
<i>Galeocerdo cuvier</i>	2	1	1	1840-42305
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	4	1	3	993-1037
<i>Sphyrna lewini</i>	2	-	-	1440-1810

**Tabla1.-** Listado de especímenes de referencia de Carcharhiniformes utilizados en la caracterización morfotipológica de sus vértebras. LT: longitud total, tallas en mm.

## Resultados

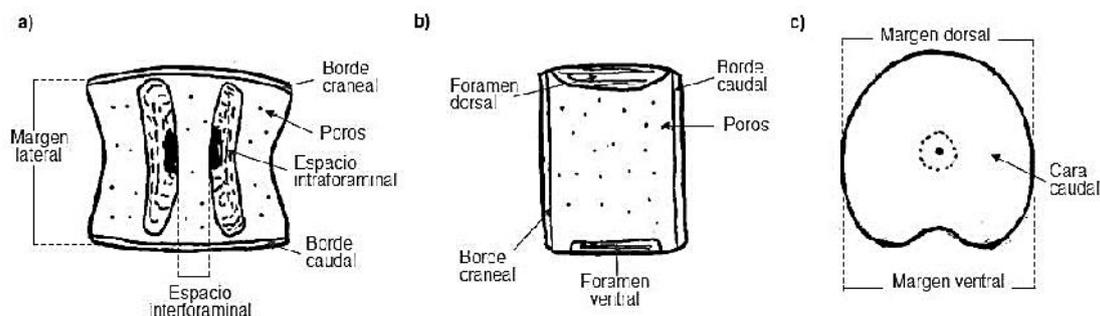
### **Morfología de la columna vertebral**

La columna vertebral de los tiburones está compuesta por un número de vértebras que varía con la especie, existiendo incluso variaciones intraespecíficas

(Compagno, 1988). Los centros vertebrales son ancicélicos, con los arcos neurales anclados a los forámenes dorsales y los arcos hemales a los forámenes ventrales (Ridewood y MacBride 1921; Compagno, 1988). Sólo el centro vertebral está lo suficientemente calcificado como para preservarse, perdiéndose generalmente los arcos neurales y hemales y dejando, por tanto, los forámenes vacíos.

A pesar de que la columna vertebral de los elasmobranquios puede regionalizarse de varias formas según los diferentes autores (Compagno, 1988; Kozuch y Fitzgerald, 1989), en este trabajo se siguen, con modificaciones, los criterios de Kozuch y Fitzgerald (1989) quienes dividen a la columna vertebral en tres regiones: vértebras de la región anterior que poseen espacios interforaminales dorsales más amplios que los ventrales, vértebras de la región troncal con espacios interforaminales más estrechos y las vértebras de la región caudal donde los espacios interforaminales dorsales y ventrales son equivalentes (Kozuch y Fitzgerald, 1989: 148).

Los elementos presentes en una vértebra idealizada (Figura 1) a partir de los cuales se definirán los morfotipos, de acuerdo con sus características, son a) el cuerpo o centro vertebral: limitado por las caras craneal y caudal y por los márgenes dorsal y ventral y márgenes laterales, b) forámenes: espacios de anclaje de los arcos neurales en la superficie dorsal y de los arcos hemales en la superficie ventral. Al espacio ocupado por cada foramen se le denomina espacio intraforaminal, mientras que el espacio que existe entre un foramen y otro es el espacio interforaminal, c) caras: superficies de la vértebra que articula con la precedente, cara craneal o con la posterior, cara caudal. Ambas delimitadas por los bordes craneal y caudal, y d) poros: repartidos por el cuerpo en general.



**Figura 1.-** Vértebra de tiburón con los elementos definidos para la morfotipología. a) Norma ventral, b) norma lateral, norma craneocaudal. Basado en Kozuch y Fitzgerald (1989) con modificaciones de la autora.

### Caracterización de morfotipos

Para poder operar con un sistema de referencia lo más eficiente posible se ha catalogado la variabilidad morfológica de las vértebras dentro de un sistema de

morfotipos los cuales fueron definidos sobre los distintos elementos presentes en una vértebra inspirados en los diseñados y descritos por Kozuch y Fitzgerald (1989), Lepiksaar (1981-1983; 1994), Roselló (1988, 1989) y Jiménez (2017). A continuación, se ofrecen las descripciones de la variabilidad en los caracteres que componen los elementos definidos en una vértebra y sobre los cuales se van a definir los morfotipos de la columna vertebral de cada una de las especies.

*Centro vertebral:* la morfología varía de acuerdo con el lugar que ocupa en la columna vertebral. En las especies analizadas se pudieron identificar morfotipologías que van desde: a) triangular en el caso de los centro-occipitales, ya que no se observan forámenes, b) trapezoidal, vértebras 1 y 2, debido a que los forámenes están aún abiertos, y cuando los forámenes están cerrados c) cilindro recto, d) cilindro convexo, e) cilindro cóncavo, f) cilindro en forma de reloj de arena y g) cilindro irregular.

*Forámenes:* pueden ser abiertos o cerrados, si son abiertos los forámenes dorsales y ventrales se fusionan entre sí originando un espacio continuo entre la zona dorsal y ventral de la vértebra, este sería el caso de la vértebra 1. Únicamente cuando están cerrados es cuando podemos hablar de forámenes dorsales y ventrales. En cuanto a su morfología, los forámenes pueden tener las morfologías siguientes: a) rectangular, b) cuadrada, c) ovalada, d) triangular, e) en forma de D, f) en forma de C, g) arriñonado, h) en forma de U y i) en forma de X.

*Espacios intraforaminales:* los espacios que se encuentran en el foramen mismo que varía en tamaño pudiendo ser a) *largo* cuando alcanzan los bordes craneal y caudal o b) *corto* cuando nunca alcanzan tales bordes.

*Espacios interforaminales:* la superficie entre los forámenes tanto dorsales como ventrales presenta variaciones. En cuanto a su tamaño estos pueden ser a) reducidos cuando se encuentran prácticamente en contacto, caso de los forámenes dorsales de región troncal de la columna vertebral, b) amplio cuando los forámenes están claramente separados entre sí, particularmente los espacios ventrales de la vértebra, o de tipo c) medio cuando están a un nivel intermedio que los precedentes. En cuanto a su disposición los espacios interforaminales puede ser a) salientes cuando en visión anterior o posterior el espacio interforaminal se proyecta dorsal y/o ventralmente, o b) deprimido cuando en visión anterior o posterior el espacio se encuentra cóncavo dorsal y/o ventralmente.

*Caras:* las caras craneales como caudales de los centros vertebrales presentan diversas morfotipologías en cuanto a su superficie ya sea a) circular, b) ovalada, c) elipsoidea, d) cruciforme o e) irregular.

*Bordes:* las morfologías de los espacios que delimitan las caras de los centros vertebrales pueden ser del tipo a) grueso, b) fino o d) redondeado.

*Poros:* en cuanto al tamaño estos pueden ser a) pequeños cuando son poco perceptibles o b) grandes cuando son evidentes y en algunos casos hacen menos

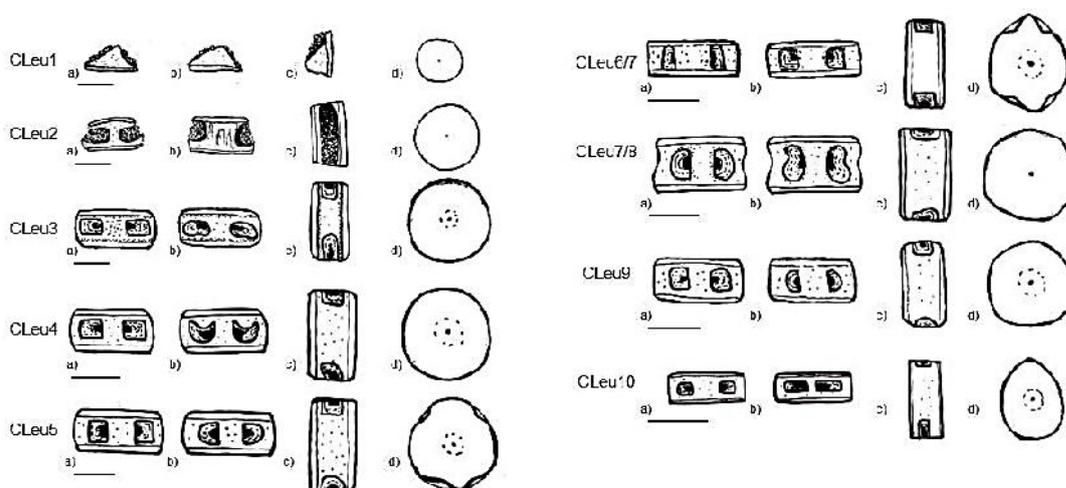
densa a la vértebra. En cuanto a su distribución estos pueden estar a) concentrados ya sea en el espacio interforaminal o en el borde, o bien presentan una distribución b) aleatoria cuando no tienen ningún patrón específico.

### Morfotología vertebral comparada

A continuación, se describen el conjunto de vértebras que componen las secciones de la columna vertebral de cada una de las seis especies seleccionadas. Los morfotipos que componen cada sección de la columna vertebral son descritos a detalle y se acompañan por dibujos de la vista dorsal, ventral, lateral y posterior de las vértebras indicándose el número de vértebra que se encuentra representada.

#### *Carcharhinus leucas* (Müller & Henle, 1839) “tiburón toro”

Esta especie cuenta con un número de vértebras entre 208 y 219 (Compagno, 1988: 429) en las que fueron identificados diez morfotipos (Figura 2).



**Figura 2.-** Morfotipos vertebrales definidos para *Carcharhinus leucas*, a) vista dorsal, b) vista ventral, vista lateral y c) vista posterior. Escala: 1 cm.

**CLeu1:** Centro occipital de forma triangular, sin forámenes definidos, cara caudal de morfotipo circular. Presencia de poros pequeños distribuidos aleatoriamente, bordes finos.

**CLeu2:** Vértebras 1 y 2, ambas de forma trapezoidal con presencia de forámenes abiertos. En condiciones naturales este espacio se encuentra ocupado por cartílago muy poco calcificado dando el aspecto de un material esponjoso. Caras vertebrales de morfología circular, con presencia de poros pequeños concentrados en los espacios interforaminales y bordes gruesos.

**Cleu3:** Vértebras 3 a 8, se trata de centros vertebrales cortos de tipo cilindro convexo. Forámenes dorsales cuadrados y ventrales rectangulares con bordes redondeados, espacios intraforaminales cortos; espacio interforaminal de tamaño medio. Caras vertebrales circulares y bordes gruesos. Poros pequeños concentrados en los espacios interforaminales y en los bordes craneocaudales, bordes gruesos.

**Cleu4:** Vértebras 9 a 14, morfológicamente similares a las descritas en el apartado anterior con la particularidad de que los forámenes ventrales presentan morfotipo en forma de U. Los poros son pequeños y dispersos de forma aleatoria, bordes gruesos.

**Cleu5:** Vértebras 15 a 40, ligeramente más largas que las anteriores, pero igualmente de morfotipo cilindro convexo. Forámenes dorsales rectangulares y espacio interforaminal dorsal medio y saliente, forámenes ventrales en forma de D y espacio interforaminal corto y saliente. Las caras son cruciformes con bordes craneocaudales gruesos. Los poros son pequeños dispersos en toda la superficie vertebral.

**Cleu6:** Vértebras 41 a 52, más cortas que las anteriores de tipo cilindro recto con caras acusadamente cruciformes debido a que los espacios interforaminales son amplios y salientes; los bordes son gruesos. Los forámenes dorsales rectangulares y los forámenes ventrales cuadrados, espacios intraforaminales largos. Poros pequeños dispersos aleatoriamente.

**Cleu7:** Vértebras 53 a 66 cilindros cóncavos con un evidente aumento en la longitud vertebral, caras casi circulares y bordes gruesos. Los forámenes dorsales en forma de D con espacio intraforaminal corto, y los forámenes ventrales de forma arriñonada con espacio intraforaminal largo. Espacio interforaminal dorsal de tipo medio y ligeramente saliente. Espacio interforaminal ventral amplio y ligeramente saliente. Poros concentrados en los márgenes de los forámenes.

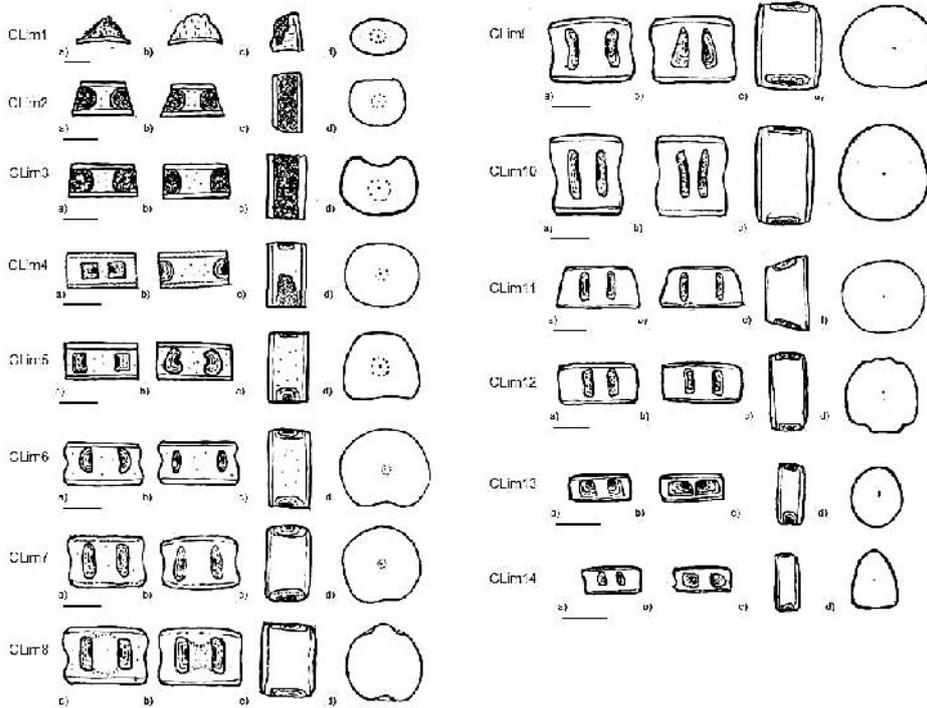
**Cleu8:** Vértebras 67 a 68, morfotipo de transición que en determinados individuos se comporta a efectos de morfotipos Cleu7 o bien como el morfotipo de la sección siguiente, Cleu9

**Cleu9:** Vértebras 68/69 a 108 corresponden a cilindros convexos con una evidente reducción en la longitud vertebral, con caras redondeadas y bordes finos. Forámenes dorsales cuadrados con espacio intraforaminal corto y forámenes ventrales en forma de D con espacios intraforaminales cortos, espacios interforaminales amplios. Los poros son pequeños y están dispersos aleatoriamente.

**Cleu10:** Vértebras 109 a 208/219, cilindros rectos con una reducción progresiva en longitud vertebral, caras ovaladas y bordes finos. Forámenes dorsales cuadrados con ángulos redondeados con espacio intraforaminal corto y espacio interforaminal amplio. Forámenes ventrales rectangulares con espacio intraforaminal corto y espacio interforaminal reducido.

### ***Carcharhinus limbatus* (Müller & Henle, 1839) “tiburón puntas negras”**

Esta especie cuenta con un total de 194 a 203 vértebras (Compagno, 1988: 429) y fueron identificados 14 morfotipos (Figura 3).



**Figura 3.-** Morfotipos vertebrales definidos para *Carcharhinus limbatus*. a) vista dorsal, b) vista ventral, vista lateral y c) vista posterior. Escala: 1 cm.

**CLim1:** Centro occipital de forma triangular, cara caudal elipsoidea; borde caudal grueso y pequeños poros dispuestos aleatoriamente.

**CLim2:** Vértebra 1, centro vertebral de tipo trapezoidal, con acúmulos de cartílago en los forámenes abiertos tanto dorsales como ventrales. Caras craneal y caudal de forma irregular con el margen dorsal recto. Bordes gruesos. Los forámenes abiertos se encuentran separados por un espacio interforaminal reducido tanto en la zona dorsal como ventral con concentración de poros pequeños.

**CLim3:** Vértebra 2, centro vertebral de tipo cilindro recto, cara craneal y caudal irregular con bordes gruesos. Los forámenes son abiertos y ocupados por acúmulos de cartílago, espacio interforaminal dorsal deprimido y de tamaño medio, pequeños poros concentrados en este espacio.

**CLim4:** Vértebras 3 a 5 con centro vertebral de tipo cilindro recto, ligeramente más largos que las dos anteriores. Caras circulares y con bordes gruesos. Forámenes dorsales cortos y cuadrados y de espacio interforaminal dorsal reducido. Los forámenes ventrales son rectangulares con los bordes redondeados y se extienden hasta las caras laterales, ocasionando que el espacio interforaminal ventral sea amplio. Pequeños poros concentrados se encuentran en los espacios interforaminales.

**CLim5:** Vértebras 6 a 9, cilindro recto con un ligero aumento de la longitud vertebral. Las caras tanto craneal como caudal son irregulares con bordes gruesos. Los forámenes dorsales son cortos y rectangulares delimitados por es un

espacio interforaminal amplio con presencia de poros pequeños; los forámenes ventrales son largos y de forma arriñonada, con un espacio interforaminal ventral amplio y deprimido con presencia de pequeños poros.

**CLim6:** Vértebras 10 a 28, cilindro cóncavo y con un incremento en la longitud vertebral. Las caras son circulares con los bordes gruesos. Forámenes dorsales en forma de D, espacios intraforaminales largos que contactan con el borde craneal pero no con el caudal; el espacio interforaminal dorsal es medio. Forámenes ventrales ovalados, espacio intraforaminal corto y el espacio interforaminal ventral es amplio y ligeramente deprimido. Poros pequeños distribuidos aleatoriamente.

**CLim7:** Vértebras 29 a 43, centro vertebra de tipo cilindro cóncavo claramente más largas que las anteriores. Caras son circulares con bordes gruesos. Forámenes dorsales rectangulares, espacio intraforaminal largo con un espacio interforaminal amplio. Forámenes ventrales triangulares, espacio intraforaminal largo y espacio interforaminal amplio y ligeramente deprimido. Poros ausentes.

**CLim8:** Vértebras 44 a 50, cilindro cóncavo y más largas que la serie anterior. Las caras son de morfología irregular con bordes gruesos. Los forámenes dorsales y ventrales rectangulares, espacio intraforaminales cortos y espacios interforaminales medios, salientes en el caso de los dorsales y deprimidos en el caso de los ventrales. Poros ausentes.

**CLim9:** Vértebras 51 a 59, cilindro cóncavo con un aumento en la longitud vertebral. Las caras son circulares con bordes gruesos. Forámenes dorsales en forma de C, espacio intraforaminal largo y espacio interforaminal amplio. Los forámenes ventrales son cortos, espacio intraforaminal largo y espacio interforaminal reducido y ligeramente cóncavo. Ausencia de poros.

**CLim10:** Vértebras 60 a 64, cilindro cóncavo con aumento en la longitud vertebral. Caras circulares con bordes gruesos. Forámenes dorsales rectangulares, espacio intraforaminal corto y espacio intraforaminal reducido; forámenes dorsales en forma de X, espacio interforaminal dorsal reducido. Ausencia de poros.

**CLim11:** Vértebra 65 de tipo trapezoidal, cara circular y bordes finos con una marcada reducción en la longitud vertebral. Los forámenes, tanto dorsales como ventrales, rectangulares; espacios intraforaminales angostos y espacios interforaminales amplios. Ausencia de poros.

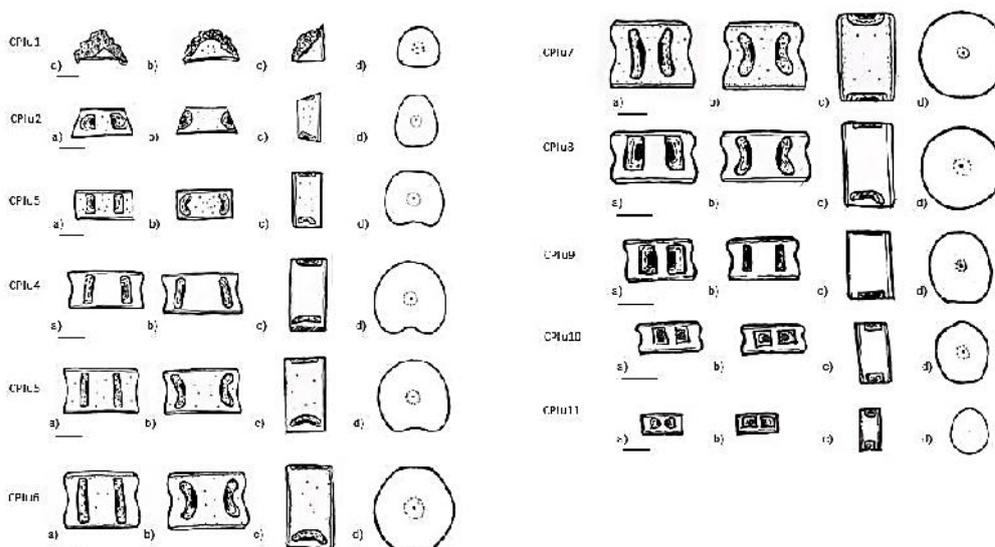
**CLim12:** Vértebras 66 a 98 de tipo cilindro convexo, caras cruciformes y bordes finos, con reducción en la longitud vertebral. Forámenes dorsales y ventrales como en el intervalo anterior, espacios intraforaminales largos, espacios interforaminales medianos y salientes. Ausencia de poros.

**CLim13:** Vértebras 99 a 122, de tipo cilindro recto, caras ovaladas de bordes finos y reducción en la longitud vertebral. Los forámenes dorsales son cuadrados delimitando un espacio interforaminal medio, espacios intraforaminales largos. Los forámenes ventrales son rectangulares, amplios delimitando un espacio interforaminal reducido y espacios intraforaminales largos. Ausencia de poros.

**CLim14:** Vértebras 123 a 203, de tipo cilindro cóncavo, son las únicas vértebras de caras triangulares, bordes finos y con una reducción progresiva de la longitud vertebral. Forámenes dorsales rectangulares y forámenes ventrales en forma de D; espacios interforaminales en ambos casos reducidos. Ausencia de poros.

### ***Carcharhinus plumbeus* (Nardo, 1827) “tiburón aletón”**

Esta especie tiene un total de 172 a183 vértebras (Compagno, 1988: 430) sobre las que se reconocieron 11 morfotipos (Figura 4).



**Figura 4.-** Morfotipos vertebrales definidos para *Carcharhinus plumbeus*. a) vista dorsal, b) vista ventral, vista lateral y c) vista posterior. Escala: 1 cm.

**CPlu1:** Centro occipital de forma triangular y cara caudal circular, el borde caudal es fino.

**CPlu2:** Vértebra 1, centro vertebral de tipo trapezoidal con caras semi ovaladas y bordes finos. Tanto los forámenes dorsales como los ventrales se encuentran cerrados y tienen forma de D; el espacio interforaminal dorsal es mediano mientras que el ventral es amplio. Presencia de algunos poros dispersos aleatoriamente.

**CPlu3:** Vértebras 2 a 8, centro vertebral tipo cilindro recto con caras irregulares y bordes gruesos. Forámenes dorsales rectangulares y forámenes ventrales en forma de C, espacio interforaminales son amplios y en el caso del espacio ventral está deprimido. Presencia de poros dispuestos aleatoriamente.

**CPlu4:** Vértebras 9 a 25, de tipo cilindro cóncavo, caras irregulares y bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares con un espacio intraforaminal largo e interforaminal amplio. Los forámenes ventrales son rectangulares, espacio intraforaminal largo y espacio interforaminal amplio y deprimido. Ausencia de poros.

**CPlu5:** Vértebras 26-42, centro vertebral tipo cilindro cóncavo con caras irregulares con el margen ventral cóncavo; bordes finos. Forámenes dorsales largos y rectangulares dispuestos ligeramente oblicuos y los forámenes ventrales son igualmente largos y en forma de C. Los espacios interforaminales son amplios

y el ventral de morfotipo cóncavo. Presencia de algunos poros dispuestos aleatoriamente por toda la superficie vertebral.

**CPlu6:** Vértebras 43 a 52, cilindro cóncavo, con mayor longitud vertebral y caras ovaladas con bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares, espacio intraforaminal largo e interforaminal amplio. Forámenes ventrales cortos en forma de C, espacio intraforaminal largo y espacio interforaminal amplio. Presencia de poros pequeños concentrados en los bordes y repartidos aleatoriamente por el resto de la superficie vertebral.

**CPlu7:** Vértebras 53 a 61/62, centro vertebral de tipo cilindro cóncavo con aumento en la longitud vertebral con caras circulares y bordes finos. Los forámenes dorsales son largos y rectangulares pero divergentes en sus extremos delimitando un espacio interforaminal dorsal mediano, espacio intraforaminal largo. Los forámenes ventrales, igualmente divergentes, tienen forma de C con espacios intraforaminales cortos; el espacio interforaminal ventral es amplio. Poros pequeños concentrados en los bordes y algunos dispuestos aleatoriamente por el resto en la superficie vertebral.

**CPlu8:** Vértebras 62/63 a 79, cilindros cóncavos y de menor longitud que el morfotipo anterior. Caras circulares de bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares con espacios intraforaminales largos y espacios interforaminales medianos. Los forámenes en forma de C con espacios intraforaminales largos, espacios interforaminales amplios. Ausencia de poros.

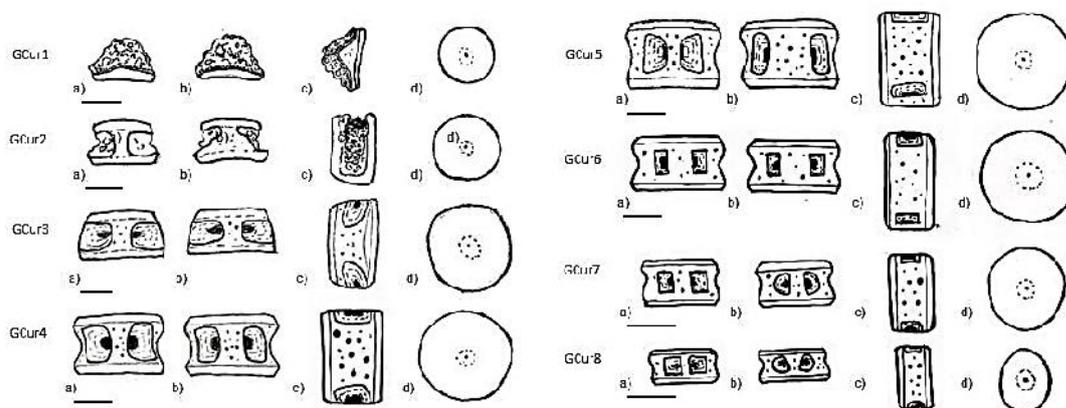
**CPlu9:** Vértebras 80 a 99, cilindros cóncavos y todavía más cortas que las anteriores. Caras ovaladas y de bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares, espacios intraforaminales largos y espacio interforaminal reducido. Forámenes ventrales rectangulares, espacios intraforaminales largos y espacio intraforaminal reducido. Ausencia de poros.

**CPlu10:** Vértebras 100 a 128, de tipo cilindro cóncavo con reducción en la longitud vertebral, caras semi ovaladas con bordes finos. Tanto los forámenes dorsales como los ventrales son cuadrados con espacios intraforaminales cortos y espacios interforaminales también reducidos. Ausencia de poros.

**CPlu11:** Vértebras 129 a 172/183 de tipo cilindro recto con una reducción en la longitud vertebral progresiva. Caras ovaladas y de bordes finos. Forámenes dorsales en forma de D y ventrales cuadrados; en ambos casos los espacios intraforaminales son cortos y los interforaminales son reducidos. Ausencia de poros.

### ***Galeocерdo cuvier* (Péron y Lesueur, 1822) “tintorera”**

Comparadas con las vértebras del género *Carcharhinus*, las vértebras de la “tintorera” presentan una gran cantidad de poros que hacen que sean menos densas, ocasionando una mayor fragmentación y por lo tanto una menor representatividad en las muestras arqueológicas. Esta especie cuenta con un total de 216 a 234 vértebras (Compagno, 1988: 430) sobre las que se reconocieron ocho morfotipos (Figura 5).



**Figura 5.-** Morfotipos vertebrales definidos para *Galeocerdo cuvier*. a) vista dorsal, b) vista ventral, vista lateral y c) vista posterior. Escala: 1 cm.

**GCur1:** Centro-occipital de forma triangular, cara caudal circular y borde grueso.

**GCur2:** Vértebras 1 a 2 de tipo trapezoidal, caras circulares y bordes gruesos. Los forámenes, tanto dorsales como ventrales, están abiertos; y los espacios interforaminales reducidos con presencia de algunos poros pequeños.

**GCur3:** Vértebras 3 a 11/12, centros vertebrales de tipo trapezoidal, con aumento en la longitud vertebral, caras circulares y bordes gruesos. Forámenes dorsales y ventrales, cerrados y en forma de D; los espacios intraforaminales son largos y los interforaminales reducidos. Presencia de poros que se distribuyen aleatoriamente.

**GCur4:** Vértebras 12/13 a 30 de tipo cilindro cóncavo, con aumento en la longitud vertebral, caras circulares con bordes gruesos y redondeados. Los forámenes dorsales son rectangulares, espacios intraforaminales largos y espacios interforaminales medios. Los forámenes ventrales son rectangulares; espacios intraforaminales cortos y espacios interforaminales amplios. Poros de gran tamaño distribuidos aleatoriamente.

**GCur5:** Vértebras 31 a 56, centros vertebrales de tipo cilindro cóncavo, con aumento en la longitud vertebral, caras circulares, bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales en forma de D, espacios intraforaminales cortos y espacios interforaminales reducidos. Forámenes ventrales rectangulares con espacios intraforaminales cortos e interforaminales amplios. Presencia de grandes poros dispuestos aleatoriamente.

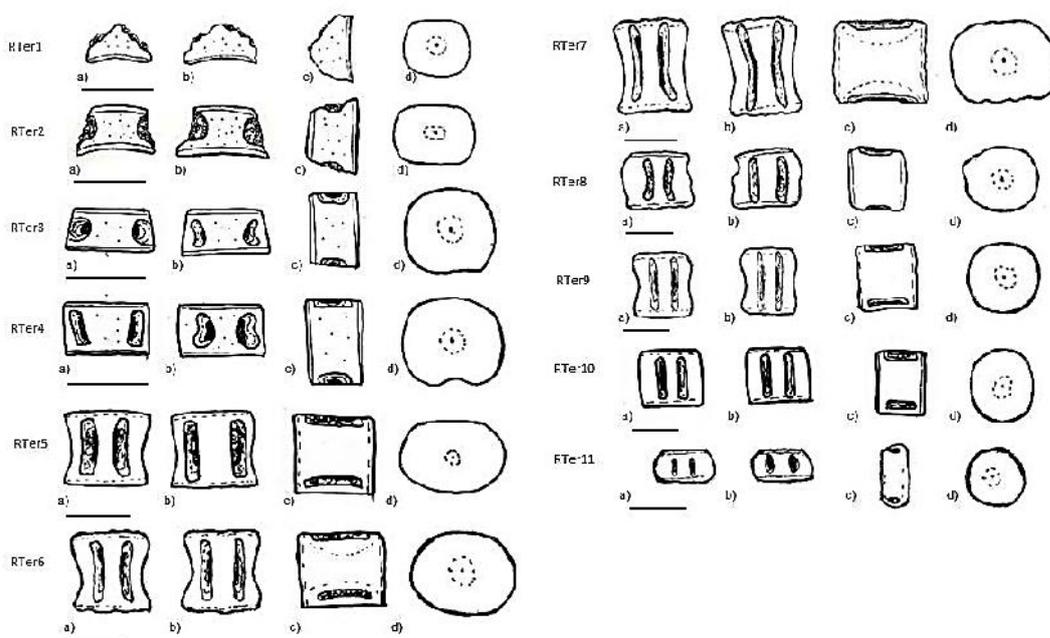
**GCur6:** Vértebras 57 a 93 de tipo cilindro cóncavo, con una marcada disminución en la longitud vertebral, caras circulares con bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales y ventrales rectangulares; espacios intraforaminales cortos e interforaminales amplios. Presencia de grandes poros distribuidos aleatoriamente.

**GCur7:** Vértebras 94 a 103 de tipo cilindro cóncavo con reducción en la longitud vertebral, caras circulares, bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales cuadrados con espacios intraforaminales cortos e interforaminales reducidos. Forámenes ventrales en forma de D dispuestos oblicuamente, espacios intraforaminales cortos e interforaminales reducidos. Presencia de algunos poros grandes distribuidos aleatoriamente.

**GCur8:** Vértebras 104 a 234 de morfotipo cilindro cóncavo con una reducción progresiva de la longitud vertebral, caras ovaladas y bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares, espacios intraforaminales largos e interforaminal reducido. Forámenes ventrales en forma de D, espacios intraforaminales largos e interforaminal reducido. Poros pequeños concentrados en los bordes.

***Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836) “cazón” “tutzún”**

Las vértebras de esta especie, particularmente las troncales, son densas y de morfotipo reloj de arena, permitiendo identificarlas fácilmente en las muestras arqueológicas. Tiene un total de 126 a 134 vértebras (Compagno, 1988: 431), sobre las cuales se reconocieron 11 morfotipos (Figura 6).



**Figura 6.-** Morfotipos vertebrales definidos para *Rhizoprionodon terraenovae*. a) vista dorsal, b) vista ventral, vista lateral y c) vista posterior. Escala: 1 cm.

**RTer1:** Centro occipital de tipo triangular, cara caudal circular y borde fino.

**RTer2:** Vértebra 1 de tipo trapezoidal, caras elipsoideas y bordes gruesos. Forámenes abiertos con espacios interforaminales amplios. Presencia de poros pequeños distribuidos aleatoriamente.

**RTer3:** Vértebra 2, centro vertebral de tipo cilindro convexo con aumento en la longitud vertebral, caras elipsoideas y borde grueso. Forámenes dorsales en forma de D, espacios intraforaminales cortos, forámenes dorsales en forma de C con espacios intraforaminales cortos. Espacios interforaminales dorsales y ventrales

amplios, siendo el espacio interforaminal ventral deprimido. Presencia de poros pequeños distribuidos aleatoriamente.

**RTer4:** Vértebras 3 a 11 de tipo cilindro recto con aumento en la longitud vertebral, caras irregulares y bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares, espacios intraforaminales largos e interforaminales amplios. Forámenes ventrales arriñonados con espacios intraforaminales cortos e interforaminales amplios y deprimidos. Poros pequeños distribuidos aleatoriamente.

**RTer5:** Vértebras 12 a 20, centros vertebrales de tipo cilindro cóncavo y acusadamente más largas, caras elipsoideas y bordes finos. Forámenes dorsales y ventrales rectangulares con espacios intraforaminales largos e interforaminal medio. Ausencia de poros.

**RTer6:** Vértebras 21 a 27 de tipo cilindro cóncavo con aumento en la longitud vertebral, caras elipsoideas y bordes finos e irregulares. Forámenes dorsales rectangulares y ligeramente divergentes con espacios intraforaminales largos; forámenes ventrales rectangulares con espacios intraforaminales largos; en ambos casos los espacios interforaminales son de tipo medio. Ausencia de poros.

**RTer7:** Vértebras 28 a 35, centros vertebrales de tipo reloj de arena, son las más largas de la columna vertebral, con caras elipsoideas y bordes finos acusadamente ondulados en el caso de individuos cercanos al 1,5 m de Longitud total y bordes rectos en el caso de individuos de menor talla. Forámenes dorsales en forma de C con espacios intraforaminales largos y espacios interforaminales de tipo medio. Forámenes ventrales en forma de X con espacios intraforaminales largos y espacios interforaminales de tipo medio. Presencia mínima de poros pequeños concentrados cerca de los bordes.

**RTer8:** Vértebra 36, de tipología única en la columna vertebral ya que se trata de un centro vertebral de tipo cilindro irregular acusadamente más corta que el morfotipo anterior con caras irregulares y bordes finos. Forámenes dorsales rectangulares y ligeramente divergentes en su extremo caudal, con espacios intraforaminales largos y interforaminales de tipo de medio. Forámenes ventrales rectangulares con espacios intraforaminales largo e interforaminales amplios. Ausencia de poros.

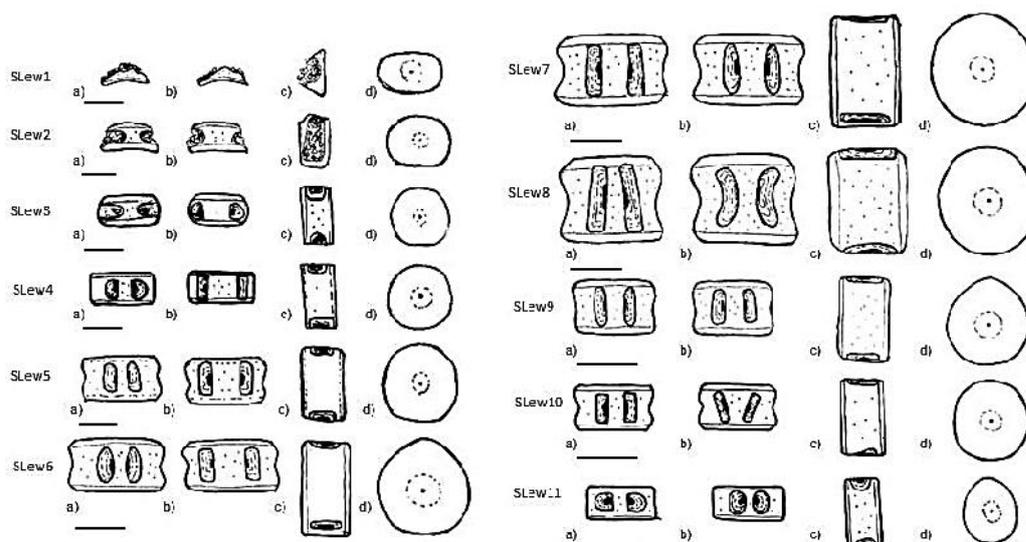
**RTer9:** Vértebras 37 a 45 de tipo cilindro cóncavo con mayor longitud vertebral, caras circulares con los bordes finos y redondeados. Forámenes dorsales y ventrales rectangulares con espacios intraforaminales largos y interforaminales de tipo medio. Ausencia de poros.

**RTer10:** Vértebra 46 a 57 de tipo cilindro recto con una reducción en la longitud vertebral, caras circulares y los bordes finos. Forámenes dorsales y ventrales rectangulares con espacios intraforaminales largos y interforaminales de tipo medio. Ausencia de poros.

**RTer11:** Vértebras 57 a 134 de tipo cilindro convexo, con caras circulares y bordes finos, que reducen su longitud vertebral y tamaño progresivamente hasta al final de la columna vertebral. Forámenes dorsales y ventrales rectangulares, con espacios intraforaminales largos e interforaminales de tipo medio. Ausencia de poros.

***Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) “cornuda”**

Las vértebras de los esfírnidos en general son más densas y de bordes gruesos. Estas características hacen fácilmente reconocible su identificación en las muestras arqueológicas. El número total de vértebras de esta especie es de 174 a 202 (Compagno, 1988: 431) sobre las que se reconocen 11 morfotipos (Figura 7).



**Figura 7.-** Morfotipos vertebrales definidos para *Sphyrna lewini*. a) vista dorsal, b) vista ventral, vista lateral y c) vista posterior. Escala: 1 cm.

**SLew1:** Centro-occipital de tipo triangular, cara caudal elipsoide con borde grueso.

**SLew2:** Vértebras 2 a 3 de tipo trapezoidal, caras circulares y bordes gruesos. Forámenes abiertos en forma de D delimitando, con espacios interforaminales de tipo medio en el caso de los dorsales y amplios en el caso de los ventrales. Presencia de algunos poros pequeños concentrados en los espacios interforaminales.

**SLew3:** Vértebras 4 a 5 de tipo cilindro convexo, caras circulares de bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales y ventrales en forma de D delimitando un espacio interforaminal mediano en el caso de los dorsales y amplio en el caso de los ventrales. Presencia de algunos poros que se concentran los espacios interforaminales.

**SLew4:** Vértebras 6 a 12 de tipo cilindro recto y más largas que SLew3, caras circulares y bordes finos. Los forámenes dorsales son cortos y en forma de D y delimitan un espacio interforaminal mediano. Los forámenes ventrales son largos y rectangulares con un espacio interforaminal amplio. Presencia de algunos pequeños poros en los espacios interforaminales.

**SLew5:** Vértebras 13 a 28, centros vertebrales de tipo cilindro cóncavo, con aumento en la longitud vertebral y caras circulares con bordes gruesos y redondeados. Los forámenes dorsales son rectangulares y ventrales rectangulares, con espacios intraforaminales dorsales y ventrales largos

alcanzando el borde craneal pero no el caudal; el espacio interforaminal dorsal reducido y ventral amplio. Presencia de poros dispuestos aleatoriamente en la superficie vertebral.

**SLew6:** Vértebras 29 a 52 de tipo cilindro cóncavo, con aumento en la longitud vertebral. Caras irregulares, bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales ovalados, espacios interforaminales reducidos y salientes. Forámenes ventrales rectangulares y espacios interforaminales amplios. Espacios intraforaminales dorsales y ventrales largos, casi tocando los bordes. Poros dispuestos de manera aleatoria.

**SLew7:** Vértebras 53 a 57, cilindro cóncavo con mayor longitud vertebral, caras circulares, bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales rectangulares y ventrales ovalados. Espacios intraforaminales ventrales y dorsales largos e interforaminales de tipo medio. Poros pequeños dispuestos aleatoriamente.

**SLew8:** Vértebras 58 a 62, son los centros vertebrales de mayor longitud en la columna de tipo cilindro cóncavo, caras ovaladas con bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales rectangulares ligeramente oblicuos y ventrales en forma de C. Espacios intraforaminales dorsales y ventrales largos e interforaminales medianos. Poros dispuestos aleatoriamente en la superficie vertebral.

**SLew9:** Vértebras 63 a 72, con una reducción en la longitud vertebral y de tipo cilindro cóncavo, caras irregulares con bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales rectangulares, espacios intraforaminales largos e interforaminales medianos y salientes. Forámenes ventrales rectangulares y oblicuos, espacios intraforaminales cortos e interforaminales medianos. Poros pequeños dispersos aleatoriamente.

**SLew10:** Vértebras 73 a 91, de tipo cilindro cóncavo con una reducción en la longitud vertebral, caras redondas con bordes gruesos y redondeados. Forámenes dorsales rectangulares y ventrales rectangulares oblicuos. Espacios intraforaminales dorsales y ventrales largos y espacios interforaminales medianos. Poros pequeños dispuestos de manera aleatoria.

**SLew11:** Vértebras 92 a 202, con una progresiva reducción en la longitud y de tipo cilindro recto, caras ovaladas y bordes finos. Forámenes dorsales tienen forma de D, espacios intraforaminales cortos, interforaminales medianos. Forámenes ventrales redondos, espacios intraforaminales largos e interforaminales reducidos. Poros pequeños dispuestos aleatoriamente.

## Conclusiones

La variación morfológica de las vértebras en las seis especies estudiadas pudo clasificarse tipológicamente partiendo de la evaluación de caracteres presentes en los centros vertebrales. Esta caracterización morfotipológica permitió agrupar las características generales de las vértebras en las diversas regiones de la columna vertebral de cada una de las especies estudiadas. De esta manera, el reconocimiento de los morfotipos presenta no sólo posibilidades de aplicación para la identificación taxonómica sino también en el reconocimiento de regiones anatómicas, perfilando así posibilidades de cuantificación del número de individuos en los conjuntos ictioarqueológicos. Esta herramienta metodológica encuentra posibilidades de aplicación en el área Maya debido a la abundancia de

este orden de tiburones en diversos asentamientos (Jiménez, 2017), e incluso más allá de estos límites culturales ya que las especies que componen este estudio son de hábitos cosmopolitas.

A pesar de la utilidad que pudiera encontrar esta contribución se reconoce la necesidad de incluir un mayor número de ejemplares de referencia, con una mayor diversidad de tallas y de especies, que permitiese evaluar la variabilidad de los morfotipos. Dicha tarea no resulta sencilla ya que existe una carencia de estos organismos en las colecciones de referencia, y, cuando están presentes en las colecciones, las vértebras, por lo general, no están ordenadas anatómicamente. Por ello, es primordial estandarizar protocolos de preparación esquelética teniendo en cuenta el potencial metodológico del material de referencia de las vértebras de tiburones.

Este trabajo representa un primer intento de clasificación morfotipológica de vértebras de Carcharhiniformes como una herramienta de identificación ictioarqueológica. Su afinamiento es una tarea cada vez más necesaria para profundizar en el conocimiento de la explotación pesquera por las sociedades del pasado y poder contribuir a la historia natural de animales altamente vulnerables como los tiburones.

### **Agradecimientos**

Este trabajo fue resultado de dos estancias de investigación en el Museo de Historia Natural de Florida (FLMNH) financiadas por la Universidad Autónoma de Madrid, España (Ayuda para estancias breves en España y el extranjero para el Personal Docente e Investigador) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México (Beca para Estudios de Posgrado en el Extranjero). Mis agradecimientos a la Dra. Kitty Emery por el acceso al Laboratorio de Zooarqueología del Programa de Arqueología Ambiental de FLMNH y al Irv Quitmyer por su amable asistencia durante mi estancia, gracias también a la Dra. Eufrasia Roselló y Dr. Arturo Morales, por revisar una versión previa de este manuscrito contenida en mi tesis doctoral.

### **Referencias bibliográficas**

- Arnold JP (2005): The Shark-Monster in Olmec Iconography. *Mesoamerican Voices* 2: 1-38.
- Bueno MM (2005): *Tubaroes e raias na Pré-História do Litoral de Sao Paulo*. Tese de Doutorado. Universidade de Sao Paulo. Museu de Arqueologia e Etnologia, Sao Paulo.
- Compagno LJV (1988): *Sharks of the order Carcharhiniformes*. Princeton University Press, New Jersey.

- de Borhegyi SF (1961): Shark teeth, stingray spines, and shark fishing in ancient Mexico and Central America. *Southwestern Journal of Anthropology* 17: 273–96.
- Dye T (1983): Fish and fishing in Niutoputapu 1. *Oceania* 53 (3): 242-271.
- Ferretti F, Worm B, Britten GL, Heithaus MR, Lotze HK (2010): Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters* 13: 1055-10718
- Jiménez NG (2017): *Ictioarqueología del Mundo Maya: evaluando la pesca prehispánica de las Tierras Bajas del Norte (250-1450 d.C.)*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Jiménez NG (2019): Pre-Hispanic Maya fisheries and coastal adaptations in the Northern Lowlands from the Classic (500-900 AD) to Postclassic (900-1400 AD) periods. *International Journal of Osteoarchaeology* 29 (3): 469-476.
- Jiménez NG (2021): Animal Provisioning at Chichen Itza and Isla Cerritos: a Zooarchaeological review on faunal utilisation. *Ancient Mesoamerica* (aceptado para publicación).
- Jiménez NG, Sierra T (2018): Pesquerías de un asentamiento costero del Clásico Maya: análisis ictioarqueológicos. en Xcambó (Yucatán, México). *Antípoda* 31: 25-44.
- Kozuch L (1993): *Sharks and Shark Products in South Florida*. Institute for Archaeology and Palaeoenvironmental Studies, Gainesville.
- Kozuch L, Fitzgerald C (1989): A Guide to Identifying Shark Centra for Southeastern Archaeological Sites. *Southeastern Archaeology* 8: 146-1572
- Ková , M (2013): Ah Xok, transformaciones de un Dios acuático: del tiburón olmeca a la sirena lacandona. Contributions in *New World Archaeology* 5: 151-164.
- Lepiksaar J (1981-1983): *Osteología, Pisces*. (Sin publicar).
- Lepiksaar J (1994): *Introduction to Osteology of Fishes to Paleo-and Archaeozoologists*. Göteborg.
- Morales A, Llorente L, Jiménez NG, López B, Roselló E (2016): La Ictioarqueología. La identificación de los restos de peces de yacimientos arqueológicos. Lloveras L, Rissech C, Nadal J, Fullola JM (eds.). *What bones tell us. El que ens expliquen els ossos*, 77-86, Monografies 12, Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques, Universitat Autònoma de Barcelona, Pineda del Mar.

- Newman SE (2016): Sharks in the jungle: real and imagined sea monsters of the Maya. *Antiquity* 90 (54): 1522-15363.
- Ono R, Intoh M (2011): Island of Pelagic Fishermen: Temporal Changes in Prehistoric Fishing on Fais, Micronesia. *The Journal of Island and Coastal Archaeology* 6: 255-2862
- Reilly FKI (1991): Olmec Iconographic Influences on the Symbols of Maya Rulership: An Examination of Possible Sources. En: Fields, M. V.(ed.): *Sixth Palenque Round Table*, 1986: 151-166. University of Oklahoma Press, Norman.
- Ridewood WG, MacBride EW (1921): VIII. On the calcification of the vertebral centra in sharks and rays. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 210: 311-407.
- Roselló E (1988): *Contribución al Atlas Osteológico de los Teleósteos Ibéricos I. Dentario y Articular*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco.
- Roselló E (1989): *Arqueoictiofaunas ibéricas. Aproximación metodológica y bio-cultural*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Schele L, Miller ME (1986): The blood of kings. Dynasty and ritual in Maya art. Kimbell Art Museum, Fort Worth.
- Stross B (1994): The Iconography of Power in Late Formative Mesoamerica. *RES* 24: 10-35.
- Wright D, Langley MC, May SK, Johnston IG, Allen L (2016): Painted shark vertebrae beads from the Djawumbu–Madjarrnja complex, western Arnhem Land. *Australian Archaeology* 82, N° 1: 43-54.

