



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

**“ESTUDIO POBLACIONAL DEL TIBURÓN BLANCO  
(*Carcharodon carcharias*, Linnaeus, 1758), DEL YACIMIENTO  
PLEISTOCENO DE QUEBRADA TIBURÓN (ATAHUALPA,  
SANTA ELENA, ECUADOR)”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

**AUTOR**

**FREDDY FERNANDO FLORES ALCÍVAR**

**TUTORES**

Blgo. JUAN ABELLA PÉREZ, PhD.

Blga. MARIA GREGORI CASAMAYOR, PhD.

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2019**

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA**

**“ESTUDIO POBLACIONAL DEL TIBURÓN BLANCO  
(*Carcharodon carcharias*, Linnaeus, 1758), DEL YACIMIENTO  
PLEISTOCENO DE QUEBRADA TIBURÓN (ATAHUALPA,  
SANTA ELENA, ECUADOR)”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

**AUTOR**

**FREDDY FERNANDO FLORES ALCÍVAR**

**TUTORES**

Blgo. JUAN ABELLA PÉREZ, PhD.

Blga. MARIA GREGORI CASAMAYOR, PhD.

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2019**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por hechos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



---

**FREDDY FERNANDO FLORES ALCÍVAR**

**CI. 092041594 - 0**

## **DEDICATORIA**

A quienes creyeron en mí desde el inicio de esta aventura, mis amados padres: José Augusto Flores Conforme y María Magdalena Alcívar Castro.

A mis hermanos Juan José Flores Alcívar, Cristian Andrés Flores Alcívar y a mi primo Jorge Ricardo Alcívar Castro, por ser mi motivación durante este proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.

A mis docentes cuya paciencia y empeño se refleja en la calidad de los profesionales de la UPSE.

A la bióloga Danixa Giovanna Del Pezo Domínguez por su comprensión y apoyo incondicional.

Al estudiante Xavier Guncay por su incansable ayuda en las jornadas de prospección.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, Mgt.

Decana (e)

Facultad de Ciencias del Mar



Blga. Tanya González Banchón, Mgt.

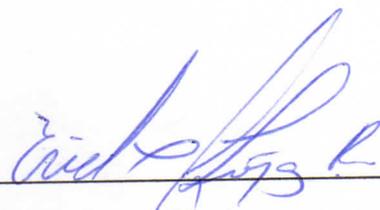
Directora (e)

Carrera de Biología Marina



Blga. María Gregori Casamayor, PhD.

Docente Tutor



Lcdo. Eric X. López R. M.Sc.

Docente de Área



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.

Secretario General (e)

# **Estudio poblacional del Tiburón Blanco (*Carcharodon carcharias*, Linnaeus, 1758), del yacimiento Pleistoceno de Quebrada Tiburón (Atahualpa, Santa Elena, Ecuador).**

Flores Alcívar, Freddy Fernando<sup>1</sup>, Abella Pérez, Juan<sup>1, 2</sup>, Gregori, María<sup>1</sup>.

1 Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Estatal Península de Santa Elena (Ecuador).

2 Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (España).

La Libertad – Ecuador

[fernando.flores.alcivar90@gmail.com](mailto:fernando.flores.alcivar90@gmail.com)

## **Resumen**

*El tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) es un depredador tope de las redes tróficas marinas, aunque su biología no se ha estudiado a fondo, se han registrado sitios de agregación para esta especie en Norteamérica, África y Australia. Sin embargo, en la actualidad no son frecuentes los registros oficiales de poblaciones de tiburón blanco en Sudamérica. Con el objetivo de describir las características de la población (longitud total y grupos de edad) del Tiburón Blanco del yacimiento pleistoceno de Quebrada Tiburón, a partir de dientes fósiles para compararlas con otros datos de estudio, el trabajo de investigación se ha enfocado en realizar prospecciones sistemáticas, rescate y preparación de fósiles, así como su ubicación taxonómica y estimaciones matemáticas de algunas características morfológicas de los ejemplares. El estudio de 157 muestras de dentición aislada permitió describir algunas características poblacionales de esta especie, tales como la composición de la misma, los grupos de edad y la estimación de la longitud total del cuerpo de este taxón con una correlación positiva de  $R^2=1$ . Al determinar la especie y talla de los ejemplares que poblaron las aguas ecuatorianas en el pasado, también se logró discriminar entre 3 grupos de desarrollo ontogénico. La interpretación de los datos sugiere que la población reportada en la parroquia Atahualpa se encontraba en una zona de alimentación compartida de tiburones (sobre todo subadultos y adultos) cuyas características comunes son la temperatura templada de sus aguas tropicales y una comunidad rica en presas.*

**Palabras clave:** Elasmobranquio, dientes fósiles, longitud total estimada, grupos de edad, zona de alimentación compartida.

## **Abstract**

*The white shark (*Carcharodon carcharias*) is a top predator of the marine food chains, although it has not been studied thoroughly, aggregation sites have been recorded for this species in North America, Africa and Australia, however, the official records of white shark populations in South America are not currently frequent. In order to describe some population characteristics, such as the estimated total length and the age groups of these animals in the Pleistocene, from fossil teeth to compare them with other study data, the research work focuses on systematic surveys, rescue and preparation of fossils, as well as their taxonomic location and the mathematical estimates of some morphological characteristics of the specimens. The study of 157 samples of fossil evidence (isolated dentition) allows describing in the peninsula of Santa Elena, Ecuador the composition of the species, the age groups and the total body length of this taxon with a positive correlation of  $R^2=1$ . When determining the species and size of the specimens that inhabited the ecuadorian waters in the past, they also discriminate between 3 ontogenetic development groups. The interpretation of the data indicates that the population from the parish Atahualpa is in a shared shark feeding area whose common characteristics are the temperate temperature of its tropical waters and community rich in preys.*

**Key words:** Elasmobranch, fossil teeth, estimated total length, age groups, shared feeding area.

## Introducción

En la actualidad viven 101 especies de condriictios (7 especies de quimeras, 61 de tiburones y 33 de rayas) en aguas ecuatorianas, que ocupan diferentes hábitats pelágicos, demersales y estuarinos (Martínez-Ortiz & García Domínguez, 2013). Esta distribución está fuertemente condicionada por la influencia predominante de dos corrientes marinas; una cálida (El Niño) y una fría (Humboldt). El tiburón blanco es una de las especies menos recurrentes en los registros oficiales de las instituciones dedicadas a la gestión e investigación marina. A pesar del número de especies de condriictios que existe en el país, la importancia económica del grupo no ha sido relevante, por lo que no se invirtió en investigación sobre su biología y ecología (Coello, 2005).

El tiburón blanco (*C. carcharias*) es un pez cartilaginoso, gnatostomado, de crecimiento y desarrollo lento, que genera poca descendencia. Es considerado un depredador cuaternario (depredador tope) en la red trófica que se distribuye por la franja Tropical y Subtropical del planeta en aguas tropicales y templadas (Compagno, 2001). Su alta tasa metabólica y su sistema de termorregulación típica de los condriictios de la clase Lamniformes (Graham *et al.* 1990) brindan a esta especie la capacidad de natación de alto rendimiento y tolerancia térmica (Bernal *et al.* 2005). Sus dientes y vertebras son las únicas estructuras aisladas, de las que habitualmente se tiene evidencia en el registro fósil desde el Plioceno (Cappetta, 2012), sin embargo, hay un caso especial en los que se han hallado en conexión partes de la estructura craneal y postcraneal de estos individuos (Ehret *et al.*, 2009).

Las localidades donde se han registrado fósiles pertenecientes a esta especie son las siguientes: Europa (Italia: Lawley, 1878, 1881; Landini 1977); Plioceno: Este de África (Zanzibar: White, 1927); Sur África (Cappetta Unpubl. Data); Sureste de África (Angola: Antunes, 1978); Asia (Japón: Uyeno & Matsushima, 1979; Sasagawa *et al.*, 1989); Norte América (US.A., California: Jordan, 1907; Fitch & Reimer, 1967; Norte y Sur de Carolina: Leriche, 1942); Pleistoceno temprano: Norte América (US.A., California: Fitch, 1968); Pleistoceno tardío: Norte América (US.A., California: Fitch, 1970); Pleistoceno: Norte América (US.A., California: Jordan, 1907; Jordan & Hannibal 1923); Centro América (México: González-Barba & Thifs, 2000); Sur América (Perú: Hoffstetter 1968; De Muizon & Devries, 1985; De Muizon 1988).

Ecuador ha sido considerado desde el siglo pasado como un país megadiverso, donde se han realizado estudios sobre la abundancia y distribución de sus especies actuales. Sin embargo, poco se ha indagado sobre el origen de todas estas especies y cómo llegaron a ocupar sus actuales nichos ecológicos (Román-Carrión, 2011). Consecuentemente, los estudios sobre fósiles de tiburones de las costas ecuatorianas son escasos, los primeros registros de piezas dentales fósiles de tiburones fueron publicados por Edmund, (1965) quien en 1958 visitó la zona que corresponde a la actual parroquia Atahualpa y menciona la presencia de moluscos, equinodermos y dientes de tiburón. Asimismo, Carrillo-Briceño *et al.*, (2014) realizó un trabajo en los restos fósiles de 4 yacimientos en Manabí, en los que reportó 30 taxones de condriictios en 4 formaciones geológicas del Neógeno. Posteriormente, Flores *et al.*, (2015) presentó una descripción preliminar del listado faunístico de condriictios a la vez que se presentaron por primera vez los yacimientos Rio Tambo y Quebrada Tiburón, en Atahualpa.

La Península de Santa Elena cuenta con un amplio registro paleontológico, cuyos afloramientos pertenecen a edades que van desde el Cretácico hasta el Pleistoceno (Hoffstetter, 1948, 1952). Muchos de los yacimientos clásicos más importantes están asociados a emanaciones de brea, en los que abundan restos de megafauna del Pleistoceno (Spillman, 1931, 1938, 1941, 1948; Edmund, 1965; Lindsey, 2010, 2013). A pesar de esto, la mayoría de los nuevos niveles fosilíferos encontrados son de origen marino (Carrillo-Briceño, Aguilera & Rodríguez, 2014; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2014; Molina *et al.*, 2015; Ronquillo *et al.*, 2015; Flores *et al.*, 2015; Abella *et al.*, 2016; Tanaka *et al.*, 2017; Cadena, Abella, & Gregori, 2018). En éstos, se pueden apreciar grandes cantidades de restos de invertebrados y vertebrados (moluscos, equinodermos, condriictios, reptiles, aves, e incluso mamíferos marinos).

Considerando que no existe ningún reporte, nota o artículo científico publicado, sobre la existencia de fósiles de esta especie de tiburón en el país, la información obtenida de las prospecciones paleontológicas y la generación de nuevas colecciones de fósiles en la provincia de Santa Elena, incrementará el interés del público e investigadores nacionales y extranjeros, proporcionando así nuevas oportunidades laborales para profesionales y ciudadanos que deseen encargarse de la publicación, exhibición y mantenimiento de las mismas.

Por esta razón, el objetivo de este estudio es describir algunas de las características de la población (longitud total y grupos de edad) del tiburón blanco (*C. carcharias*) en un

yacimiento pleistoceno situado en la parroquia Atahualpa, provincia de Santa Elena, Ecuador, a partir de dientes fósiles para compararlas con otros datos de estudio.

## Materiales y métodos

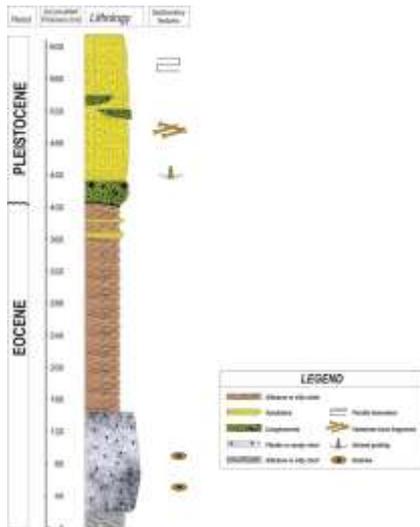
Los dientes fósiles que se han utilizado en este trabajo fueron recolectados en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena, parroquia Atahualpa. En esta localidad, se encuentra el yacimiento Quebrada Tiburón, con coordenadas aproximadas de inicio  $2^{\circ}20'1,67''S$ ;  $80^{\circ}45'19,10''O$  y  $2^{\circ}18'56,79''S$ ;  $80^{\circ}45'04,41''O$  para el punto de finalización de recorrido, abarcando 3.7 Km. (Fig. 1).



**Fig. 1:** Referenciación geográfica del área de estudio.

Los muestreos se realizaron una vez por semana entre julio-septiembre del 2018 bajo el permiso de excavación expedido por el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural número: N° 004-2017.

La prospección de la quebrada se realizó de forma sistemática desde el punto de menor altitud al de mayor altitud, observando el sedimento, las rocas, y las paredes. El sustrato de interés corresponde a arena calcárea predominante en la que se aprecia una asociación de origen marino con abundantes restos de invertebrados y algunos vertebrados donde no existe la presencia de notungulados, el punto más alto del yacimiento alcanza una potencia de 2 metros (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2014) y ha sido representado en una columna estratigráfica (Fig. 2).



**Fig. 2:** Columna estratigráfica del área de estudio.

Los fósiles fueron extraídos de las rocas empleando martillos de nylon y destornilladores. En el sedimento, las muestras se recolectaron utilizando tamices con un ojo de malla de 0.5 cm y una pala pequeña en zonas de piedra y arena fina, además se registró fotográficamente los fósiles detectados *in situ* ubicando una escala cerca de la pieza. De esta manera se rescataron los fósiles que se habían desprendido de la parte superior de la quebrada y a su vez, se recuperaron aquellos que se encontraban *in situ*, reconociendo el sustrato del cual afloran estas piezas dentales (Endere & Prado, 2009).

Tan pronto como se recolectaban las muestras, se separaron en fundas con autocierre, cajas de plástico o frascos plásticos con tapa, dependiendo del tamaño y la fragilidad de cada fósil. Cuando fue necesario, se introdujo papel higiénico dentro de los recipientes para conservar la integridad de las piezas, viabilizando su transporte hasta el INCYT-UPSE.

Posteriormente, se preparó cada fósil de manera individual en el laboratorio, eliminando el sedimento que lo recubría. Una vez limpios se escogió un área plana del fósil que no dificulte la apreciación de alguna estructura importante del mismo, para colocar una capa de esmalte transparente. Una vez seco el esmalte, se le escribió la sigla individual de colección correspondiente: abreviatura de la zona de procedencia: Quebrada Tiburón (QT), un guion y el número de pieza fósil, procediendo a registrar cada pieza en la base de datos de la colección de paleontología.

Las comparaciones morfométricas se llevaron a cabo para ubicar taxonómicamente cada fósil de tiburón blanco, en base a las publicaciones de otros autores (Apolín, 2001;

Shimada, 2005; Nyberg, Ciampaglio, & Wray, 2006; Adnet *et al.*, 2009; Capetta, 2012). Una vez determinada la posición de cada fósil en la mandíbula, se clasificaron en organizadores plásticos con su código de colección correspondiente, con la finalidad de registrarlas finalmente en la base de datos de la colección del Museo Megaterio- UPSE.

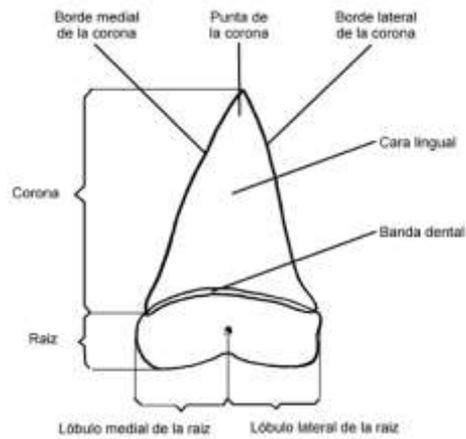
Para determinar la longitud total estimada de los individuos se empleó el método propuesto por Shimada (2002), basado en cálculos de regresión lineal que requerían la medición en mm de la altura que representa la distancia entre el ápice de la corona hasta una línea tangente de los lóbulos basales de la raíz justo por debajo de la banda dental, en la cara labial de los dientes, denominada altura de corona. Para estos fines se utilizó un calibrador digital marca Truper (modelo: CALDI-6MP).

Se ordenaron los datos usando con una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Para conocer el estado de desarrollo ontogénico en función a la altura de corona de cada diente se aplicó el diagrama de cajas de bigotes junto con un histograma de frecuencias utilizando el software Statgraphics Centurión XVI, donde se establecieron los siguientes rangos: (>175-300 cm) Juveniles, (>300-480 cm) Sub adultos - Adultos y (>480 cm) Adultos (Francis, 1996; Pratt, 1996; Malcolm *et al.*, 2001; Martín, 2005; Bruce *et al.*, 2006; Bruce *et al.*, 2012).

Una vez determinada la población estudiada en términos de tamaño corporal y grupos de edad se procedió a comparar bibliográficamente con los datos reportados para poblaciones actuales: California (Burguess *et al.*, 2014), Sur África (Irion *et al.*, 2017), y Australia (Taylor, 2016).

## **Resultados**

Se estudiaron en total 157 muestras fósiles rescatadas que corresponden al tiburón blanco, tratándose según sus características morfológicas y una extensa revisión bibliográfica (Fig. 3), 90 piezas dentales de la mandíbula superior (Palatocadrado) y 26 de la mandíbula inferior (Cartílago de Meckel), sin embargo, 18 dientes superiores y 6 inferiores fueron retirados del análisis añadiéndose a 41 dientes que fueron clasificados como indeterminados, ya que presentaban distintas fracturas, o por estar altamente corroídos y/o erosionados (Fig. 4).

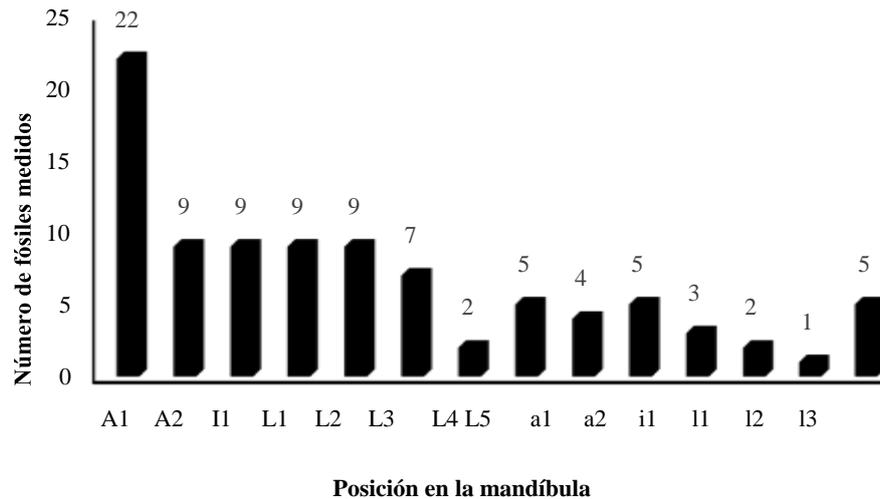


**Fig. 3:** Características morfológicas empleadas para la determinación de los dientes de tiburón blanco, extraído de (Apolín, 2001).

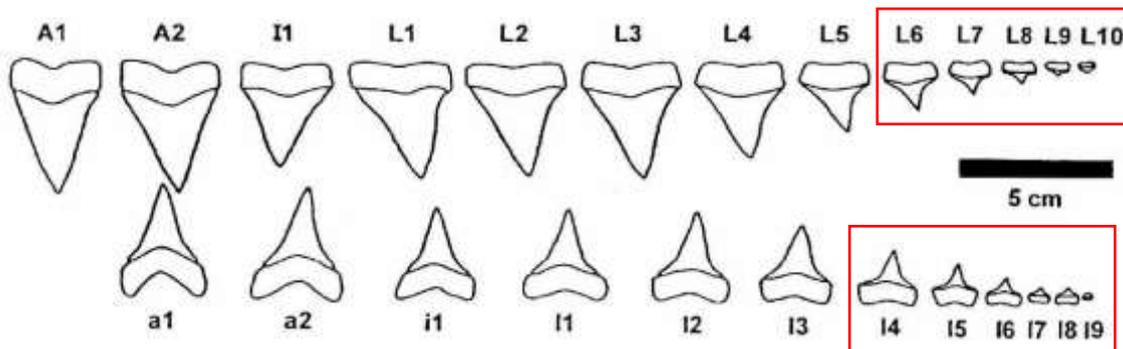


**Fig. 4:** Porcentaje de dientes de tiburón blanco rescatados del yacimiento. Superiores (Sup), Inferiores (Inf), Indeterminados (Ind).

Los dientes fósiles objetos de este estudio fueron determinados taxonómicamente dentro del Orden: Lamniformes (Berg, 1958); Familia Lamnidae (Muller & Henle, 1938); Género *Carcharodon* (Smith, 1938); Especie *C. carcharias* (Linnaeus, 1758). La posición en la mandíbula de cada fósil fue determinada mediante la comparación de sus características morfológicas, diferenciando aquellos que fueron medidos (Fig. 5), de los que estaban incompletos que no se clasificaron (Fig. 6).

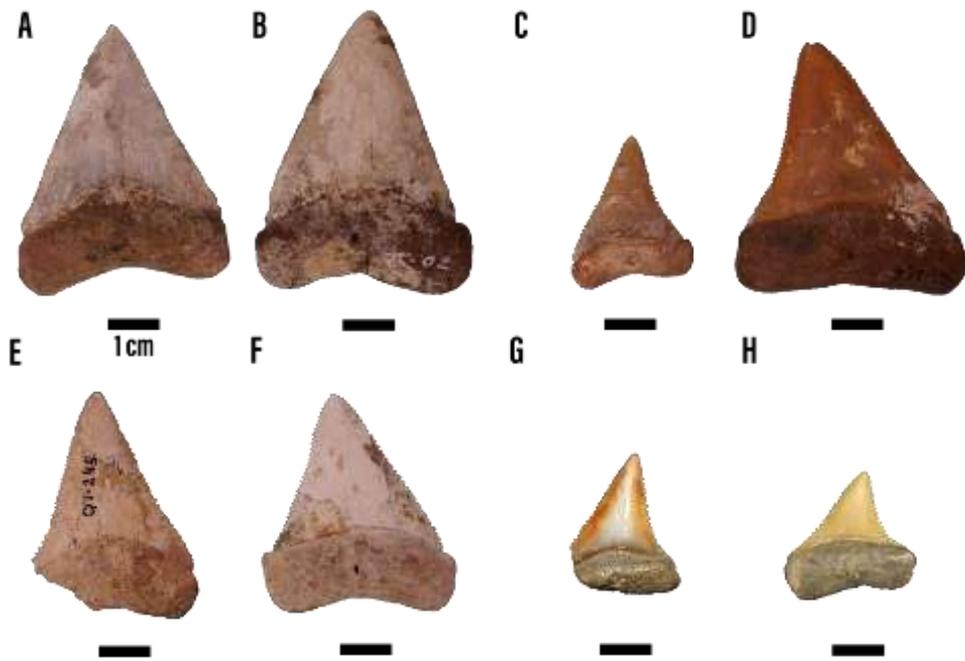


**Fig. 5:** Resumen de la cantidad de fósiles ubicados en la mandíbula del tiburón blanco. Las mayúsculas indican la posición superior y las minúsculas la posición inferior siendo Anterior (A. a), Intermedio (I. i), Lateral (L. l).

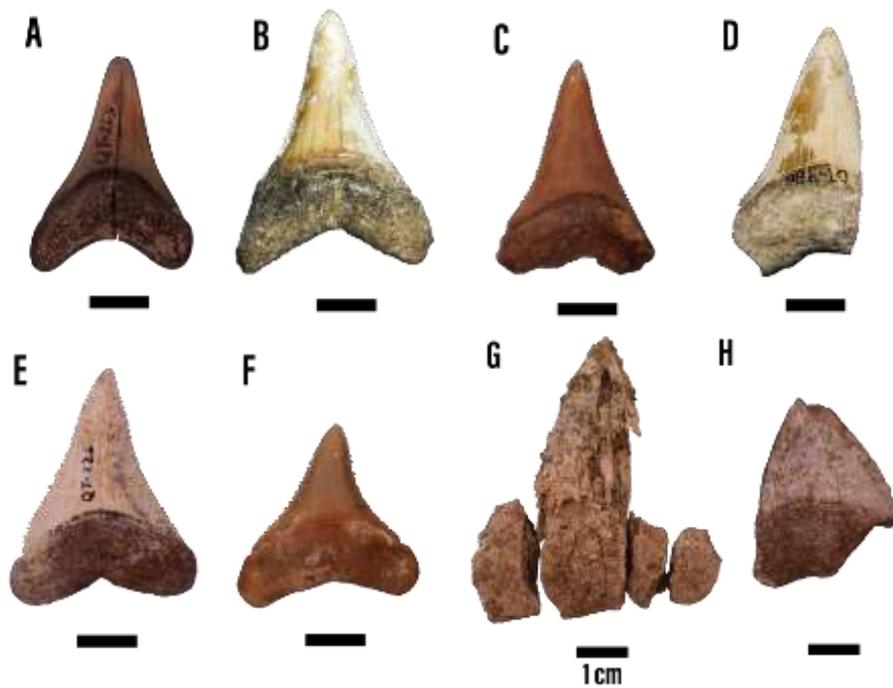


**Fig. 6:** Posición determinada de las piezas dentales en la mandíbula del tiburón blanco. Encuadradas en rojo las posiciones dentales de las que no se han registrado evidencias. Modificado de (Shimada, 2002).

Los dientes del género *Carcharodon* son aplanados labio-lingualmente, la corona tiene forma triangular y amplia hacia la base, estrechándose desde los laterales hacia el ápice. La cara labial es plana y la lingual convexa con un aplanamiento medio. Los bordes cortantes tienen fuertes serraciones regulares separadas por profundas muescas. El collar lingual es estrecho y constante en ambos lados excepto en los laterales. Normalmente hay una muesca que separa la raíz del inicio del borde aserrado en ambos lados (Cappetta 2012). Los dientes de los adultos no poseen cúspides accesorias laterales, aunque éstas pueden aparecer en los individuos jóvenes (Uyeno & Matsushima 1979, Aplegate & Espinosa – Arubarrena 1996, Hubbell 1996). La raíz es plana, sin surcos y con bordes laterales ligeramente convexos (Fig. 7 y 8).

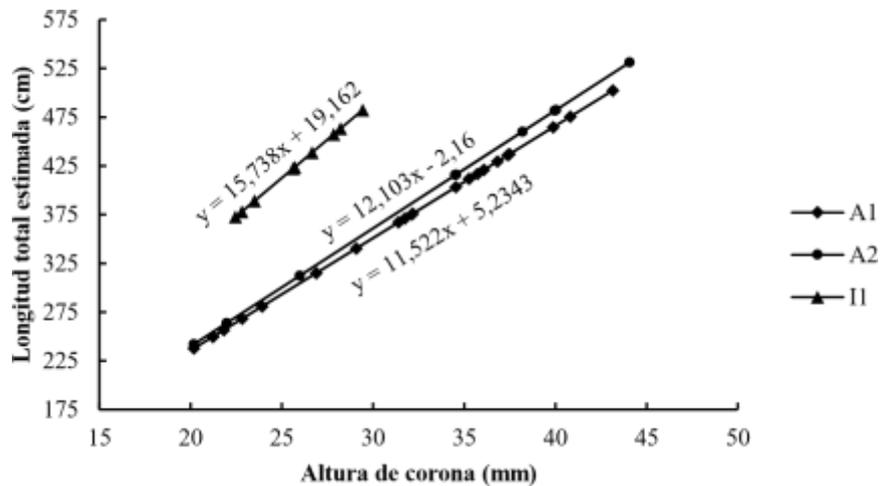


**Fig. 7:** Dientes de la mandíbula superior de *C. carcharias*, vista lingual. La numeración indica la posición a partir de la sínfisis. Anterior 1 (A), Anterior 2 (B), Intermedio (C), Laterales del 1 al 5 (D, E, F, G).

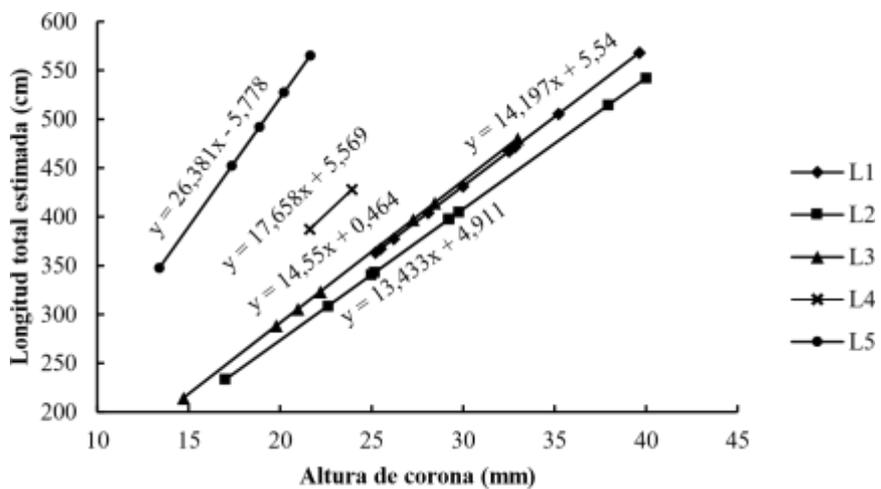


**Fig. 8:** Dientes de la mandíbula inferior de *C. carcharias*, vista lingual. La numeración indica la posición a partir de la sínfisis. Anterior 1 (A), Anterior 2 (B), Intermedio (C), Laterales del 1 al 3 (D, E, F). Diente altamente corroído (G), Diente desgastado por rodamiento (H).

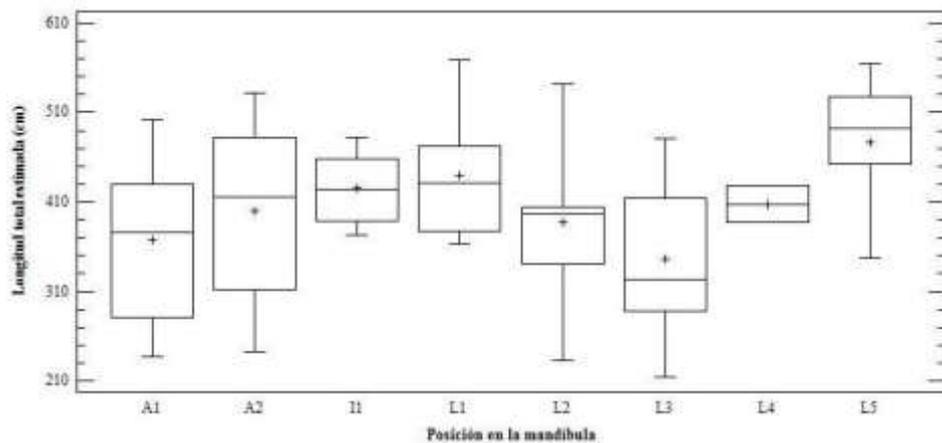
Los conjuntos de datos representados en cada posición dental de la mandíbula superior muestran que L1 es la posición en la cual la longitud total estimada es mayor siendo el valor máximo 568,17 cm mientras que el valor mínimo 214,49 cm está representado por un L3 (Fig. 9, 10, 11). Una correlación positiva con un valor de  $R^2=1$  en todos los casos, corrobora el uso correcto del modelo matemático.



**Fig. 9:** Regresión lineal entre la altura de corona de los dientes del tiburón blanco, con posición en la mandíbula: A1, A2, I1, y su longitud total estimada.

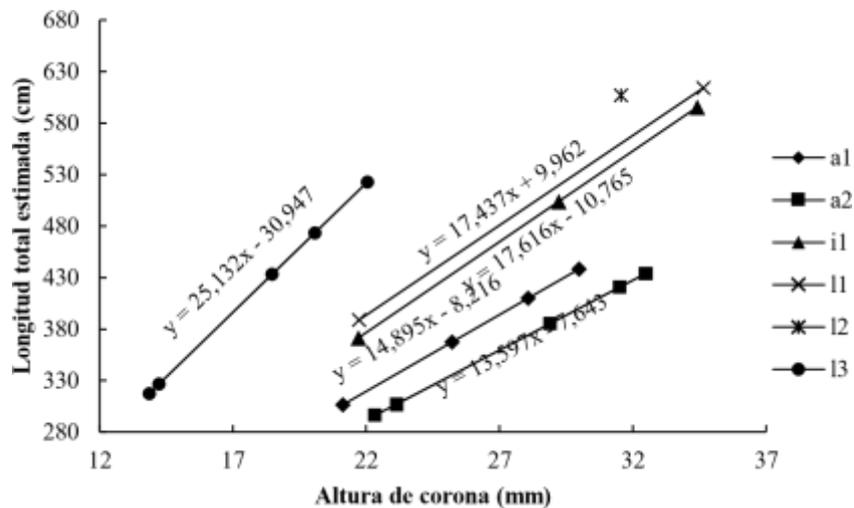


**Fig. 10:** Regresión lineal entre la altura de corona de los dientes del tiburón blanco, con posición en la mandíbula: de L1 a L5 y su longitud total estimada.

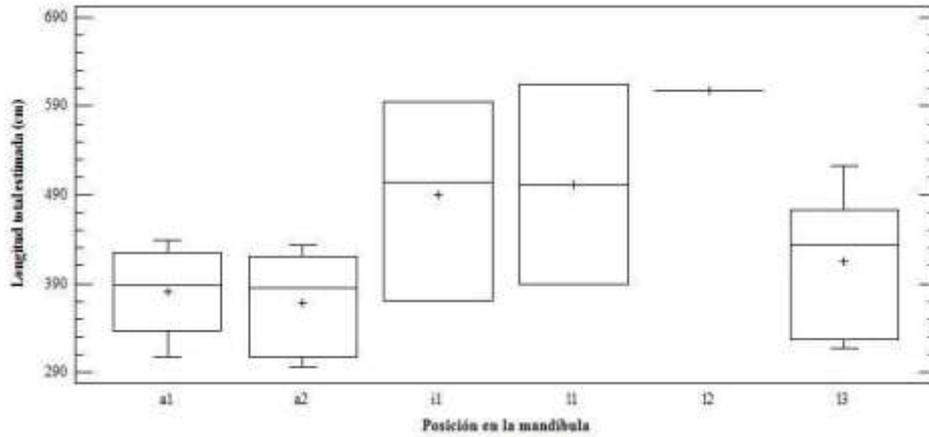


**Fig. 11:** Relación entre la posición en la mandíbula superior y la longitud total estimada de cada grupo de dientes.

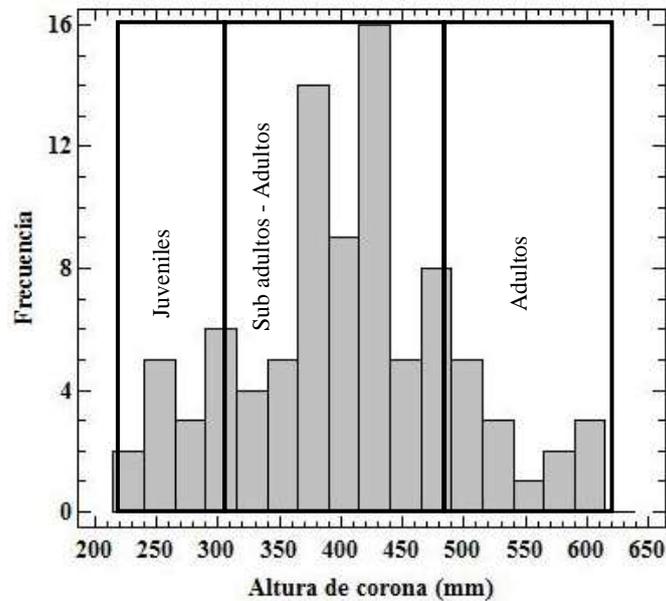
De igual manera, los conjuntos de datos representados en cada posición dental de la mandíbula inferior muestran que I1 es la posición en la cual la longitud total estimada es mayor siendo el valor máximo 614,15 cm mientras que el valor mínimo 296,11 cm está representado por un a2 (Fig. 12, 13). Además, se diferenciaron 3 grupos de edad representados en un histograma de frecuencia (Fig. 14).



**Fig. 12:** Regresión lineal entre la altura de corona de los dientes del tiburón blanco, con posición en la mandíbula: a1, a2, i1, I1, I2, I3 y su longitud total estimada.



**Fig. 13:** Relación entre la posición en la mandíbula inferior y la longitud total estimada de cada grupo de dientes.



**Fig. 14:** Relación de intervalos de clase y grupos de edad (>175-300 cm) Juveniles, (>300-480 cm) Sub adultos - Adultos y (>480 cm) Adultos.

El número de individuos de tiburón blanco y su estado de desarrollo ontogénico en poblaciones actuales que pueden ser comparadas con la población descrita en este trabajo se presentan en la Tabla 1, mientras que los valores máximos, mínimos, medias y desviaciones estándar para las posiciones dentales en la mandíbula superior e inferior, así como el grupo de edad al que pertenecen los ejemplares estudiados se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1: Poblaciones de tiburón blanco reportadas por localidad, número de individuos, escala del estudio y estado de desarrollo ontogénico (EDO).**

<b>Autores</b>	<b>Localidad</b>	<b># de individuos</b>	<b>Escala</b>	<b>EDO</b>
Towner <i>et al.</i> , 2013	Gansbaai, Sur África	908	Local	No reporta
Irion <i>et al.</i> , 2017	Gansbaai, Sur África	333	Local	No reporta
Burguess <i>et al.</i> , 2014	Costa de California, USA	2418	Regional	Todos
Chapple <i>et al.</i> , 2011	Costa de California, USA	219	Local	Sub adultos y adultos
Strong <i>et al.</i> , 1996	Dangerous Reef - Gulf Spencer al Sur de Australia	192	Local	Sub adultos y adultos
NabsyLucas & Domenier, 2012	Isla de Guadalupe - México	120	Local	Sub adultos y adultos
Soza Nishazaki <i>et al.</i> , 2012	Isla de Guadalupe - México	142	Local	Sub adultos y adultos
El autor	Atahualpa-Ecuador	157	Local	Todos

**Tabla 2: Valores máximos (V. máx.) y mínimos (V. mín.) para las posiciones dentales en la mandíbula superior (PDMS), y en la mandíbula inferior (PDMI), media ( $\emptyset$ ), desviación estándar (D.E.) y grupos de edad (G.E.).**

<b>PDMS</b>	<b>V. máx. (cm)</b>	<b>V. mín. (cm)</b>	<b><math>\emptyset</math> (cm)</b>	<b>D. E. (cm)</b>	<b>G. E.</b>
A1	502,52	237,75	358,41	81,37	Todos
A2	531,22	242,20	387,36	103,64	Todos
I1	482,49	372,64	423,75	39,14	Sub-adultos y Adultos
L1	568,17	363,45	434,82	69,71	Sub-adultos y Adultos
L2	542,23	233,27	375,98	96,69	Todos
L3	480,32	214,49	335,97	89,50	Todos
L4	427,95	387,33	407,14	28,72	Sub-adultos y Adultos
L5	565,11	347,73	470,50	83,45	Sub-adultos y Adultos
<b>PDMI</b>	<b>V. máx. (cm)</b>	<b>V. mín. (cm)</b>	<b><math>\emptyset</math> (cm)</b>	<b>D. E. (cm)</b>	<b>G. E.</b>
a1	438,34	306,52	377,16	57,31	Sub-adultos y Adultos
a2	433,99	296,11	364,08	63,85	Todos
i1	595,40	371,50	481,28	93,67	Sub-adultos y Adultos
11	614,15	388,87	488,70	159,30	Sub-adultos y Adultos
12	607,02	-	-	-	Adultos
13	522,96	317,38	406,66	90,46	Sub-adultos y Adultos

## Discusión

Durante las 10 jornadas de prospección sistemática llevadas a cabo por 2 equipos de búsqueda en la zona delimitada de 3.7 km, los resultados reportados mostraron un elevado número de muestras fósiles de esta especie. Esto sumado a las prospecciones anteriores llevadas a cabo por el equipo de investigación del proyecto “Estudio de la Biodiversidad y Cambio Climático del Cenozoico de la Península de Santa Elena” durante los últimos 2 años hacen de esta colección una de las más grandes de tiburón blanco del Pleistoceno de todo el continente americano. Apolín (2001) menciona que en su investigación se estudiaron únicamente las primeras 2 posiciones en la mandíbula superior contando con 58 dientes fósiles para ejecutar los análisis de datos, así mismo Staig (2017), reportó un total de 115 dientes fósiles rescatados de 6 localidades donde la formación Coquimbo es un factor común. Por otro lado, Purdy (1996) considera escasos o raros los registros de tiburón blanco en los yacimientos del Oeste de Norte América, indicando que en los estudios recopilados no se trataron grandes cantidades de sedimento, asumiendo así que el tiburón blanco habitaba en la franja costera del Ecuador, Perú y Chile.

La identificación morfológica de los dientes fósiles permitió ubicarlos como partes de la mandíbula del tiburón blanco, siguiendo las ilustraciones presentadas en otras publicaciones referentes al tema, así mismo se tuvieron en cuenta las posibles deformaciones que presentan actualmente las piezas dentales del tiburón blanco, aunque no fueron evidentes durante el análisis (Adnet *et al.*, 2009; Ehret *et al.*, 2009, 2012; Antunes & Balbino, 2010; Apolín, 2001; Cappetta, 2012; Hubbell, 1996). Las posiciones dentales en la mandíbula y su numeración (A1, A2, I1, L1 - L5 para la mandíbula superior y a1, a2, i1, I1- I3 para la inferior) fueron establecidas para relacionar la altura de corona de los dientes con la longitud total estimada del cuerpo de los ejemplares en el 59% de la muestra según el modelo de Shimada (2002), debido a que el 41 % restante había pasado por procesos de erosión que impiden realizar un análisis confiable de las mismas. La posición A1 es la mejor representada en este estudio con 22 ejemplares mientras que las posiciones L6-L10 y I4-I9 no fueron registradas en el proceso de prospección, es posible que se hallen aun en el sustrato de la quebrada o que correspondan a algún fósil rescatado que ha sido catalogado como indeterminado por falta de caracteres diagnósticos como la forma de la corona.

En la mandíbula superior; el L1 con código: QT-256 presenta una medida de longitud total estimada de 5,68 m, siendo el fósil de la serie dental superior con mayor tamaño mientras que el I1 con código: QT-486 es el fósil de la serie dental inferior con mayor tamaño, cuya longitud total estimada fue de 6,14 m. Otro estudio realizado por Gottfried *et al.* (1996) también basado en determinar la longitud total del cuerpo del tiburón blanco a partir de la longitud de sus dientes fue descartado debido a que únicamente utilizaba los segundos anteriores superiores (A2) además empleaba como medida para el valor de  $x$  en las regresiones la altura total del diente (entiéndase como la suma de altura de corona y altura de raíz) sin considerar que el crecimiento de la raíz y la corona de los dientes no es isométrico (Shimada, 2002).

Los intervalos de talla y grupos de edad fueron establecidos considerando 3 etapas de desarrollo ontogénico: (>175-300 cm) juveniles, (>300-480 cm) sub adultos – adultos, y (>480 cm) adultos (Francis, 1996; Pratt, 1996; Malcolm *et al.*, 2001; Martín, 2005; Bruce *et al.*, 2006; Bruce *et al.*, 2012). El intervalo que engloba a sub adultos – adultos comprende todos los posibles sub adultos de la especie (machos y hembras) además de una porción de adultos macho, aunque existe dimorfismo sexual en la especie, los dientes no son diagnósticos para esta característica, por lo tanto, se ha utilizado este intervalo en vista de que los individuos mayores a 480 cm son comúnmente hembras adultas.

En las últimas décadas se han realizado importantes avances en la descripción de las poblaciones actuales del tiburón blanco, siendo de interés para éste trabajo las publicadas en: Sudáfrica donde se contabilizaron 908 y 333 individuos habiendo identificado adultos y sub adultos de la especie en estudios locales (Irion *et al.*, 2017; Towner *et al.*, 2013); California donde se registraron 2418 individuos y detallando todos sus estadios de desarrollo en un estudio regional (Burguess *et al.*, 2014) y 219 ejemplares a nivel local reportando sub adultos y adultos (Chapple *et al.*, 2011), Dangerous Reef - Gulf Spencer al Sur de Australia, donde se reportaron 192 individuos entre adultos y sub adultos a nivel local, (Strong *et al.*, 1996), en la Isla de Guadalupe - México se reportan entre 120 y 142 individuos entre sub adultos y adultos (NabsyLucas & Domenier, 2012; Soza Nishazaki *et al.*, 2012). Con fines de describir la población de este yacimiento, se trató a cada fósil como a un individuo, comparando así la población presente en el Pleistoceno de la península de Santa Elena con las poblaciones actuales de otros países, debido a que, no existen registros oficiales de alguna población de tiburones blancos en aguas ecuatorianas actualmente. Los resultados indican que la población Santaelenense

pudo ser similar a las reportadas en Dangerous Reef – Gulf Spencer al Sur de Australia y la Isla de Guadalupe – México tanto en número de individuos como en estadios de desarrollo identificados, aunque también se reportan juveniles, esto puede indicar un área de vivero cercana al área donde se encuentra el yacimiento; aunque no se han encontrado evidencias.

La población de tiburón blanco estudiada, parece estar relacionada a un área de alimentación compartida según el estudio realizado por Bruce (2012), en la que individuos de ambos sexos podrían haber coexistido, aunque no se conoce con exactitud cuál sería la dieta de estos animales en el lugar, se presume que los peces teleósteos, y algunos mamíferos marinos (crías de ballenas jorobadas, focas o lobos marinos) que vivieran permanentemente en esta área o que transitaran la región durante sus migraciones, podrían satisfacer sus necesidades alimenticias. Se puede explicar así la ausencia de individuos menores a un año o menores a 175 cm en el registro fósil, pues los neonatos de la especie se desarrollan en áreas de vivero también conocidas como “nurseries”, que normalmente están alejadas de áreas en las que cazan los subadultos y adultos sin discriminar entre sexos. Asimismo, se sustentaría la presencia de juveniles de la especie que se acercaban a esta zona para realizar la caza de sus primeras presas grandes y los individuos que corresponden a los intervalos de sub adulto – adulto y adultos. Además, el registro fósil no presenta evidencias específicas de pinnípedos, por lo tanto, también se descarta la posibilidad de que sea una zona específica de agregación de adultos. Algunos estudios difieren en este sentido al presentar sesgos en el conteo de individuos por sexo por ejemplo en Dangerous reef, debido a la falta de cobertura temporal (Bruce, 1992) sin embargo en las Islas Neptuno, donde el estudio duró 3 años (Robbins & Booth, 2012) se determinó que tanto machos como hembras visitaban el mismo sitio de agregación. Las hembras adultas de la especie prefieren aguas cálidas de 24 a 26 °C y con menor profundidad para facilitar el desarrollo de sus embriones cuando se encuentran en estado de gravidez, sin embargo, los machos y hembras no grávidas prefieren aguas de 15,2 a 21 °C, por lo tanto, se ha considerado la zona como un lugar de plataforma continental con aguas tropicales templadas.

Durante el Pleistoceno, Ecuador contaba al menos una población de tiburón blanco en la península de Santa Elena conformada por 157 individuos estimando: 12 juveniles, 62 sub adultos - adultos y 18 adultos de la especie correspondiendo al 13%, 67% y 20% de la muestra, respectivamente. Actualmente los registros oficiales son poco frecuentes, el

último avistamiento documentado corresponde al 2005 tratándose de un único ejemplar. La ausencia de esta especie también es notoria en el estudio que realizó Salinas (2016) en la región insular. Por lo tanto, nuestros datos amplían la distribución biológica, geológica y geográfica de los registros del tiburón blanco, siendo este un nuevo reporte de una población de esta especie a nivel global.

## **Conclusiones**

El yacimiento Quebrada Tiburón cuenta con un sustrato reconocido como roca madre del afloramiento fosilífero de tiburones en el que predominan las arenas calcáreas. En estudios anteriores se fechó el yacimiento como Pleistoceno superior.

Este yacimiento presenta dientes de tiburón blanco determinados taxonómicamente mediante la comparación de sus características morfológicas consideradas como diagnósticas para esta especie. El trabajo presentado corresponde al primer registro fósil del tiburón blanco del Pleistoceno en el Ecuador, ampliando así el registro biológico, geológico y geográfico de esta especie para la región, aportando con nuevos datos que permitirán describir con mayor precisión su historia evolutiva.

Las estimaciones de longitud total para individuos de tiburón blanco empleando la altura de corona como variable independiente no fue viable en todos los casos pues el desgaste generado por la erosión o el rodamiento de algunas piezas dentales impedía medir algunos fósiles con precisión.

Se establecieron intervalos de talla y grupos de edad siguiendo otros estudios que permitieron discriminar 3 estadios de desarrollo ontogénico (juveniles, subadultos – adultos y adultos) determinando que esta zona representaba un área de alimentación compartida para la especie.

Al comparar la población fósil de este estudio con poblaciones actuales se notó que puede ser relacionada con poblaciones que habitan en aguas tropicales, donde abundan otras especies que son presas comunes del tiburón blanco.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y al proyecto “Estudio de la Biodiversidad y Cambio Climático del Cenozoico de la Península de Santa Elena” por financiar esta investigación. Agradecemos también a la bióloga Danixa Del Pezo, y al estudiante Xavier Guncay por su apoyo en el trabajo de campo.

## Bibliografía

- Abella, J. Molina, J. Flores, F. Ronquillo, I. Oña, S. Vera, D. Gregori, M. Lorenzo, E. Lindsey, E. Ruiz-Sánchez, Francisco J. (2016). Nuevos hallazgos de cetáceos fósiles del período Eoceno-Mioceno de la península de Santa Elena, Ecuador.
- Adnet, S., Balbino, A. C., Antunes, M. T., & Marín-Ferrer, J. M. (2009). New fossil teeth of the White Shark (*Carcharodon carcharias*) from the Early Pliocene of Spain. Implication for its paleoecology in the Mediterranean. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 256(1), 7-16. Consultado el: 19-06-2018.
- Antunes, M. T., (1978). Faunes ichthyologiques du Neogene superieur d'Angola, leur age, remarques sur le Pliocene marin en Afrique australe. - *Cienc. Terra (Univ. Nova Lisboa)*, 4, p. 59-90. Consultado el: 18-06-2018.
- Antunes, M. T., & Balbino, A. C. (2010). The great white shark *Carcharodon carcharias* (Linné, 1758) in the Pliocene of Portugal and its Early distribution in western Atlantic. *Revista Española de Paleontología*, 25(1), 1-6. Consultado el: 02-06-2018.
- Apolín, J. (2001). *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 “mako de aletas cortas” como posible ancestro de *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758) “tiburón blanco” (Chondrichthyes: Lamnidae). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 133. Consultado el: 03-06-2018.
- Applegate, S. P. and Espinosa-Arrubarrena, I. (1996). Chapter 4. The fossil history of *Carcharodon* and its possible ancestor, *Cretolamna*: a study in tooth identification. - In: Klimley, A. P. and Ainley, D. G. (eds.), *Great white sharks. The biology of Carcharodon carcharias*, p. 19-36; San Diego (Academic Press). Consultado el: 02-07-2018.
- Bernal D, Donley JM, Shadwick RE, Syme DA (2005) Mammal-like muscles power swimming in a cold-water shark. *Nature* 437:1349–1352. Consultado el: 10-05-2018.
- Bruce, B. D. (1992). Preliminary observations on the biology of the white shark, *Carcharodon carcharias*, in South Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 1–11. Consultado el: 11-06-2018.
- Bruce, B. D., Stevens, J. D., and Malcolm, H. (2006). Movements and swimming behaviour of white sharks (*Carcharodon carcharias*) in Australian waters. *Mar Biol* 150: 161–172. Consultado el: 13-07-2018.
- Bruce, B. D., & Bradford, R. W. (2012). Habitat use and spatial dynamics of juvenile white sharks, *Carcharodon carcharias*, in eastern Australia. *Global perspectives on the biology and life history of the white shark*, 225-254. Consultado el: 19-06-2018.
- Burgess GH, Bruce BD, Cailliet GM, Goldman KJ, Grubbs RD, Lowe CG, *et al.* (2014) A Re-Evaluation of the Size of the White Shark (*Carcharodon carcharias*) Population off California, USA. *PLoS ONE* 9(6): e98078. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098078>. Consultado el: 16-06-2018.

- Cadena E, Abella J, Gregori M. (2018) The first Paleogene (Oligocene) sea turtle record of South America. PeerJ Preprints 6:e26532v1 <https://doi.org/10.7287/peerj.preprint.s.26532v1>.
- Cappetta, H., (2012). Chondrichthyes: Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii: teeth. In: Schultze, H.-P. (Ed.), Handbook of Paleoichthyology, vol. 3. Elsevier, München, p. 512. Consultado el: 16-05-2018.
- Carrillo-Briceño, J. D., Aguilera, O. A., & Rodríguez, F. (2014). Fossil Chondrichthyes from the central eastern Pacific Ocean and their paleoceanographic significance. *Journal of South American Earth Sciences*, 51, 76-90.
- Chapple TK, Jorgensen SJ, Anderson SD, Kanive PE, Klimley AP, *et al.* (2011) A first estimate of white shark, *Carcharodon carcharias*, abundance off central California. *Biol Lett* 7: 581–583. Consultado el: 22-06-2018.
- Coello, S. (2005). La Administración de los Chondrichthyes en Ecuador. Aportes para el Plan Nacional de Tiburones. UICN, Quito, Ecuador. 42 pp. Consultado el: 30-06-2018.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. X. (2013). The ICS international chronostratigraphic chart. *Episodes*, 36(3), 199-204. Consultado el: 12-07-2018.
- Compagno, L. J. (2001). *Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date (Vol. 1)*. Food & Agriculture Org. Consultado el: 05-07-2018.
- De Muizon, C. and Devries, T. J. (1985). Geology and paleontology of Late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). - *Ceol. Rdsch.*, 74(3), p. 547-563. Consultado el: 10-07-2018.
- De Muizon, C. (1988). Les vertebres fossiles de la formation Pisco (Perou): biostratigraphie, correlations et paleoenvironnement. - *Ceodynamique*, 30(2), p. 21-24. Consultado el 12-07-2018.
- Edmund, A.G. (1965). A late Pleistocene Fauna from the Santa Elena Peninsula, Ecuador. *Life Sciences Contribution*, Royal Ontario Museum, 63, University of Toronto Press, Toronto. Consultado el: 10-07-2018.
- Ehret, D. J., Hubbell, G., & MacFadden, B. J. (2009). Exceptional preservation of the white shark *Carcharodon* (Lamniformes, Lamnidae) from the early Pliocene of Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29(1), 1-13. Consultado el: 10-08-2018.
- Ehret, D. J., Macfadden, B. J., Jones, D. S., Devries, T. J., Foster, D. A., & SALASGISMONTI. (2012). Origin of the white shark *Carcharodon* (Lamniformes: Lamnidae) based on recalibration of the Upper Neogene Pisco Formation of Peru. *Palaeontology*, 55(6), 1139-1153. Consultado el 03-07-2018.
- Endere, M. L., & Prado, J. L. (2009). Criterios de selección, valoración y zonificación de yacimientos arqueológicos y paleontológicos. *Patrimonio, Ciencia y Comunidad. Un abordaje en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil* (ed. por ML Endere y JL Prado, 47-65. INCUAPA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría. Consultado el 10-07-2018.

- Fitch, J. E. And Reimer, K O. (1967). Otoliths and other fish remains from a Long Beach, California, Pliocene deposit. - Bull. South. California Acad. Sci., 66(2), p. 77-91. Consultado el 16-06-2018.
- Fitch, J. E. (1970). Fish remains, mostly otoliths and teeth, from the Palos Verdes Sand (Late Pleistocene) of California. - Contr. Sci., Los Angeles Co. Mus., 199, p. 1-41. Consultado el 04-06-2018.
- Flores, F. Del Pezo, D. Ronquillo, I. Molina, J. Ramos, M. Vera, D. Ruiz-Sánchez, Francisco J. Abella, J. (2015). Restos fósiles de tiburones del Pleistoceno de Quebrada Tiburón y Río Tambo (Santa Elena, Ecuador). XXXIX Jornadas Nacionales de Biología. Loja.
- Francis, M. P. (1996). Observations on a pregnant white shark with a review of reproductive biology. In *Great white sharks: The biology of Carcharodon carcharias*, edited by A. P. Klimley and D. G. Ainley, pp.157–172. San Diego, CA: Academic Press. Consultado el: 13-07-2018.
- Gottfried, M. D., Compagno, L. J. V. and Bowman, S. C. (1996) Size and skeletal anatomy of the giant “megatooth” shark *Carcharodon megalodon*. In *Great White Sharks: the Biology of Carcharodon carcharias* (Klimle, A. P. and Ainley, D. G., eds.), 55-66, Academic Press, San Diego. Consultado el: 15-07-2018.
- Graham JB, Dewar H, Lai NC, Lowell WR, Arce SM (1990) Aspects of shark swimming performance determined using a large water tunnel. *J Exp Biol* 151:175–192. Consultado el 19-07-2018.
- Hoffstetter, R. (1948). Nota preliminar sobre los edentata xenarthra del pleistoceno ecuatoriano. Casa de la cultura ecuatoriana. Consultado el 05-07-2018.
- Hoffstetter, R. (1952). Les Mammifères Pléistocènes de la République de l'Équateur. Mémoires de la Société Géologique de France, new series, 66:1---391. Consultado el 10-07-2018.
- Hoffstetter, R. (1968). Un gisement de vertebres tertiaires a Sacaco (Sud-Perou), temoin neogene d'une migration de faunes australes au long de la cote occidentale sudamericaine. - C. R. Acad. Sci. Paris, 267, p. 1273-1276. Consultado el 30-07-2018.
- Hubbell, G. (1996). Chapter 6. Using tooth structure to determine the evolutionary history of the White Shark. - In: Klimley, A P. and Ainley, D. G. (eds.), *Great white sharks. The biology of Carcharodon carcharias*, p. 9-18; San Diego (Academic Press). Consultado el: 20-07-2018.
- Irion, D. T., Noble, L. R., Kock, A. A., Gennari, E., Dicken, M. L., Hewitt, A. M., Cliff, G. (2017). Pessimistic assessment of white shark population status in South Africa: Comment on Andreotti *et al.* (2016). *Marine Ecology Progress Series*, 577, 251-255. DOI: 10.3354/meps12283. Consultado el: 22-07-2018.
- Jordan, D. S. (1907). The fossil fishes of California; with supplementary notes on other species of extinct fishes. - Bull. Dept. Geol. Univ. California, 5(7), p. 95-145. Consultado el: 16-07-2018.

- Jordan, D. S. And Hannibal, H. (1923). Fossil sharks and rays of the Pacific slope of North America. - Bull. South. California Acad. Sci., 22, p. 27-63. Consultado el: 10-08-2018.
- Landini, W. (1977). Revisione degli «*Ittiodontoliti pliocenici*» della collezione Lawley. - Palaeontogr. Ital., 70, p. 92-134. Consultado el: 12-07-2018.
- Lawley, R (1878). Confronto di una mascella di *Carcharodon lamia* RON D., coi denti di *Carcharodon* fossili trovati nelli collini Toscane. - Atti Soc. toscana Sci. natur., Mem., 3, p. 330-336. Consultado el: 10-07-2018.
- Lawley, R (1881). Studi compamtivi sui pesci fossili coi viventi dei generi *Carcharodon*, *Oxyrhina* e *Galeocerdo*. – 151 p.; Pisa (Tipografia T. Nisti e C.). Consultado el: 23-07-2018.
- Leriche, M. (1942). Contribution a l'etude des faunes ichthyologiques marines des terrains tertiaires de la Plaine Côtiere Atlantique et du centre des Etats-Unis. Les synchronismes des formations tertiaires des deux cotes de l'Atlantique. - Mem. Soc. géol. France, n. ser. 20 (no. 45), p. 5-110. Consultado el: 11-07-2018.
- Lindsey, E. (2010). Taphonomy and paleoecology of a late Pleistocene megafaunal tar seep locality from Santa Elena, Ecuador. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. Museo de la Plata. La Plata, Argentina. 1a ed. Consultado el: 10-07-2018.
- Lindsey, E. (2013). Taphonomy and paleoecology of asphaltic Pleistocene vertebrate deposits of the western Neotropics (Doctoral dissertation, UC Berkeley). Consultado el: 06-07-2018.
- Malcolm, H., Bruce, B. D., and Stevens, J. D. (2001). A review of the biology and status of white sharks in Australian waters. In Report to Environment Australia, Marine Species Protection Program. Hobart, Australia: CSIRO Marine Research. Consultado el: 09-07-2018.
- Martinez-Ortiz, J & García Dominguez, M. (2013). Guia de Campo Condriictios del Ecuador. Quimeras, Tiburones y Rayas. Martinez-Ortiz, J (ed). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) / Viceministerio de Acuacultura y Pesca (VMAP) / Subsecretaria de Recursos Pesqueros (SRP) p 14. Consultado el: 08-07-2018.
- Molina, J. Ronquillo, I. Flores, F. Vera, D. Ruiz-Sánchez, Francisco J. Abella, J. (2015). Descripción de las primeras faunas fósiles del Oligoceno de Ecuador (Montañita, Santa Elena, Ecuador).
- Muller & Henle (1838). Ueber die Gattungen der Plagiostomen. - Arch. Naturgesch., 4, p. 83-85. Consultado el: 07-07-2018.
- Nasby-Lucas N, Domeier ML (2012). Use of photo-identification to describe a white shark aggregation at Guadalupe Island, Mexico. In: Domeier M, editor. Global perspectives on the biology and life history of the great white shark. Boca Raton: CRC Press. pp. 381–392. Consultado el: 03-07-2018.

- Nyberg, K. G., Ciampaglio, C. N., & Wray, G. A. (2006). Tracing the ancestry of the great white shark, *Carcharodon carcharias*, using morphometric analyses of fossil teeth. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26(4), 806-814. Consultado el: 02-07-2018.
- Pratt, H. L., Jr. (1996). Reproduction in the male white shark. In *Great white sharks: The biology of Carcharodon carcharias*. Edited by A. P. Klimley and D. G. Ainley, pp. 131–138. San Diego, CA: Academic Press. Consultado el: 02-07-2018.
- Purdy, R. W. (1996). Paleocology of fossil white sharks. *Great white sharks: the biology of Carcharodon carcharias*, 67-78. Consultado el: 10-07-2018.
- Robbins, R. L., & Booth, D. J. (2012). Seasonal sexual and size segregation of white sharks, *Carcharodon carcharias*, at the Neptune Islands, South Australia. *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark?*. (Ed. ML Domeier.) pp, 287-299. Consultado el: 14-07-2018.
- Román-Carrión, J. (2011). *La Paleontología en el Ecuador; Historia y perspectivas*. Consultado el 21-05-2018.
- Ronquillo, I. Molina, J. Flores, F. Vera, D. Ruiz-Sánchez, Francisco J. Abella, J. (2015). Atahualpa Isla, un nuevo yacimiento de megafauna pleistocena de la Península de Santa Elena (Ecuador).
- Ruiz Sanchez, Francisco (2014) Nuevos datos sobre las faunas fósiles de vertebrados de la zona de Quebrada Seca (Santa Elena, Ecuador).
- Salinas-de-León, P., Acuña-Marrero, D., Rastoin, E., Friedlander, A. M., Donovan, M. K., & Sala, E. (2016). Largest global shark biomass found in the northern Galápagos Islands of Darwin and Wolf. *PeerJ*, 4, e1911. Consultado el: 10-07-2018.
- Sasagawa, I., Yasui, S. And Goto, M. (1989). Fossil teeth of the great white shark, *Carcharodon carcharias*, found from the Uonuma Group in Takiya, Nagaoka City, central Japan. - *Bull. Nagaoka Munic. Sci. Mus.*, 24, p. 1-6. Consultado el: 11-07-2018.
- Shimada, K. (2002). The relationship between the tooth size and total body length in the white shark. *Journal of Fossil Research*, 35(2), 28-33. Consultado el: 10-07-2018.
- Shimada, K. (2005). Phylogeny of lamniform sharks (Chondrichthyes: Elasmobranchii) and the contribution of dental characters to lamniform systematics. *Paleontological Research*, 9(1), 55-72. Consultado el: 10-07-2018.
- Spillmann, F. (1931). *Die Säugetiere Ecuadors im Wandel der Zeit*. 107 págs. Universidad Central, Ecuador.
- Spillmann, F. (1938). Die fossilen Pferde Ekuadors der Gattung *Neohippus*. *Palaeobiológica*, 6: 372---393.
- Spillmann, F. (1941). Über einen neuen hydrochoeren Riesennager aus dem Pleistozän von Ekuador. *Transactions of the Paleontological Society of Japan*, 121, 196-201.

- Spillmann, F. (1948). Beitrge zur Kenntnis eines neuen gravigraden Riesensteppentieres (*Eremotherium carolinense* gen. et. spec. nov.), seines Lebensraumes und seiner Lebensweise. *Palaeobiologica*, 8(3).
- Staig, F., Hernandez, S., Lopez, P., Villafana, J. A., Varas, C., Soto, L. P., & CARRILLO, J. (2017). Late Neogene elasmobranch fauna from the Coquimbo Formation, Chile. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(2), 261-272.
- Strong WR, Bruce BD, Nelson DR, Murphy RC (1996) Population dynamics of white sharks in Spencer Gulf, South Australia. In: Klimley AP, Ainley DG, editors. Great white sharks: the biology of *Carcharodon carcharias*. San Diego: Academic Press. pp. 401–414. Consultado el: 02-06-2018.
- Tanaka, Y., Abella, J., Aguirre-Fernández, G., Gregori, M., & Fordyce, R. E. (2017). A new tropical Oligocene dolphin from Montañita/Olón, Santa Elena, Ecuador. *PloS one*, 12(12), e0188380.
- Taylor, S. M., Braccini, J. M., McAuley, R. B., & Fletcher, R. (2016). Review of potential fisheries and marine management impacts on the south-western Australian white shark population. Department of Fisheries, Government of Western Australia. Consultado el 02-06-2018.
- Uyeno & Matsushima (1979). Comparative study of teeth from Naganuma Formation of Middle Pleistocene and recent specimens of the great White shark, *Carcharodon carcharias* from Japan. - *Bull. Kanagawa Prefect. Mus.*, 11, p. 1130. Consultado el: 10-07-2018.
- White, E. (1927). Fossil sharks teeth from the Zanzibar Protectorate. *Rep. Paleontology. Zanzibar Protect., Publ. Anth. Gov. Zanzibar*, p.120-123. Consultado el 02-06-2018. Consultado el: 10-07-2018.

## ANEXOS

### Objetivos

#### Objetivo general

Describir las características de la población (longitud total y grupos de edad) del Tiburón Blanco, (*Carcharodon carcharias*, Linnaeus, 1758), del yacimiento pleistoceno de Quebrada Tiburón (Atahualpa, Santa Elena, Ecuador) a partir de dientes fósiles para compararlas con otros datos de estudio.

#### Objetivos específicos

- Identificar morfológicamente los restos fósiles de Tiburón Blanco rescatados del yacimiento para ubicarlos taxonómicamente.
- Estimar la longitud total del cuerpo de los ejemplares mediante correlación lineal del tamaño de los dientes fósiles.
- Clasificar los datos de longitud total estableciendo intervalos de talla y grupos de edad.
- Comparar la población del Tiburón Blanco con datos de estudios recientes.

#### Hipótesis

¿Existen evidencias (dientes fósiles) en el yacimiento pleistoceno de Quebrada Tiburón que permiten certificar la presencia de una población de Tiburón Blanco en estadios: juveniles, sub adultos y adultos?

## Base de Datos

**Tabla1:** Lista detallada de los fósiles empleados para el análisis estadístico. Altura de corona (AC), Posición en la mandíbula (PM), Longitud total estimada (LTE).

Fósiles empleados en el análisis estadístico							
Dientes superiores				Dientes inferiores			
Sigla	AC (mm)	PM	LTE (cm)	Sigla	AC (mm)	PM	LTE (cm)
QT-05	32,14	A1	375,55	QT-196	25,22	a1	367,44
QT-578	40,82	A1	475,56	QT-186	21,13	a1	306,52
QT-576	35,73	A1	416,92	QT-225	28,07	a1	409,89
QT-07	43,16	A1	502,52	QT-262	29,98	a1	438,34
QT-10	29,09	A1	340,41	QT-191	23,15	a2	307,13
QT-497	20,18	A1	237,75	QT-177	31,51	a2	420,80
QT-12	37,39	A1	436,04	QT-197	32,48	a2	433,99
QT-257	36,09	A1	421,06	QT-178	22,34	a2	296,11
QT-29	35,28	A1	411,73	QT-260	28,89	a2	385,17
QT-14	34,55	A1	403,32	QT-180	29,22	i1	503,97
QT-491	31,75	A1	371,06	QT-190	21,70	i1	371,50
QT-38	22,83	A1	268,28	QT-231	34,41	i1	595,40
QT-41	21,25	A1	250,08	QT-193	21,73	l1	388,87
QT-237	21,83	A1	256,76	QT-486	34,65	l1	614,15
QT-263	31,41	A1	367,14	QT-226	31,55	l2	607,02
QT-08	36,83	A1	429,59	QT-194	20,07	l3	473,45
QT-44	26,89	A1	315,06	QT-251	14,23	l3	326,68
QT-199	37,49	A1	437,19	QT-203	22,04	l3	522,96
QT-70	21,22	A1	249,73	QT-227	18,47	l3	433,24
QT-243	32,18	A1	376,01	QT-118	13,86	l3	317,38
QT-488	23,93	A1	280,96				
QT-261	39,88	A1	464,73				
QT-01	40,05	A2	482,57				
QT-02	44,07	A2	531,22				
QT-37	26,00	A2	312,52				
QT-269	20,19	A2	242,20				
QT-485	34,57	A2	416,24				
QT-490	34,52	A2	415,64				
QT-259	39,98	A2	481,72				
QT-49	21,98	A2	263,86				
QT-55	38,20	A2	460,17				
QT-13	27,86	I1	457,62				
QT-33	25,71	I1	423,79				
QT-42	26,66	I1	438,74				
QT-205	23,51	I1	389,16				

QT-36	22,46	I1	372,64
QT-24	25,62	I1	422,37
QT-493	29,44	I1	482,49
QT-51	28,22	I1	463,29
QT-80	22,81	I1	378,15
QT-200	32,50	L1	466,94
QT-03	35,22	L1	505,56
QT-09	32,84	L1	471,77
QT-25	29,98	L1	431,17
QT-256	39,63	L1	568,17
QT-266	25,21	L1	363,45
QT-233	26,20	L1	377,50
QT-20	28,08	L1	404,19
QT-15	25,48	L1	367,28
QT-19	29,24	L2	397,69
QT-32	24,99	L2	340,60
QT-492	29,22	L2	397,42
QT-56	40,00	L2	542,23
QT-242	22,61	L2	308,63
QT-499	17,00	L2	233,27
QT-39	25,16	L2	342,89
QT-245	37,94	L2	514,56
QT-230	29,78	L2	404,95
QT-204	28,44	L3	414,27
QT-06	32,98	L3	480,32
QT-244	27,26	L3	397,10
QT-268	20,97	L3	305,58
QT-232	19,79	L3	288,41
QT-496	14,71	L3	214,49
QT-45	22,20	L3	323,47
QT-187	21,62	L4	387,33
QT-31	23,92	L4	427,95
QT-206	17,36	L5	452,20
QT-207	20,21	L5	527,38
QT-239	18,87	L5	492,03
QT-135	13,40	L5	347,73
QT-228	21,64	L5	565,11

**Tabla2:** Lista detallada de los fósiles descartados para el análisis estadístico. Altura de corona (AC), Posición en la mandíbula (PM), Longitud total estimada (LTE).

<b>Fósiles descartados del análisis estadístico e indeterminados</b>							
<b>Dientes superiores</b>				<b>Dientes inferiores</b>			
<b>Sigla</b>	<b>AC (mm)</b>	<b>PM</b>	<b>LTE (cm)</b>	<b>Sigla</b>	<b>AC (mm)</b>	<b>PM</b>	<b>LTE (cm)</b>
QT-229	36,00	A1	420,03	QT-495	23,29	a2	309,03
QT-46	30,07	A1	351,70	QT-254	21,67	a2	287,00
QT-267	25,90	A1	303,65	QT-258	38,13	l2	733,38
QT-38	25,93	A1	304,00	QT-252	30,15	l2	580,13
QT-23	27,74	A1	324,85	QT-64	25,72	l2	495,06
QT-04	56,11	A2	676,94	QT-68	20,27	l3	478,48
QT- 577	39,07	A2	470,70				
QT-198	45,09	A2	543,56	<b>Dientes superiores con posición indet.</b>			
QT-28	32,99	A2	397,12	QT-17	QT-18	QT-22	QT-26
QT-59	31,13	A2	374,61	QT-30	QT-47	QT-48	QT-50
QT-16	31,09	A2	374,12	QT-52	QT-53	QT-57	QT-60
QT-202	30,98	I1	506,73	QT-61	QT-62	QT-63	QT-65
QT-40	21,12	I1	351,55	QT-142	QT-234	QT-235	QT-240
QT-487	27,98	I1	459,51	QT-241	QT-264	QT-265	QT-271
QT-270	25,96	L1	374,09	QT-272	QT-326	QT-489	QT-498
QT-201	31,33	L1	450,33	QT-500	QT-501	QT-502	
QT-21	37,45	L2	507,98				
QT-11	34,05	L3	495,89	<b>Dientes inferiores con posición indet.</b>			
				QT-73	QT-75	QT-192	QT-248
				QT-249	QT-250	QT-253	QT-494