

139
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONCENTRACION DE As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se Y Zn EN CEREBRO, BRANQUIAS, MUSCULO, PANCREAS, RINON E HIGADO DE DOS ESPECIES DE TIBURONES DEL GOLFO DE MEXICO
(*Rhizoprionodon terraenovae* Y *Carcharhinus limbatus*)
CON IMPORTANCIA COMERCIAL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
GABRIEL NUÑEZ NOGUEIRA



DIRECTOR: M. EN C. RENE ROSILES MARTINEZ

FACULTAD DE CIENCIAS
MEXICO, D.F.
SECCION ESCOLAR

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1996



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: Concentración de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se y Zn en cerebro, branquias, músculo, páncreas, riñón y hígado de dos especies de tiburones del Golfo de México (Rhizoprionodon terraenovae y Carcharhinus limbatus) con importancia comercial.
realizado por

Núñez Roqueira Gabriel

con número de cuenta 8732748-4 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis		
Propietario	M. en C. René Rosiles Martínez	
Propietario	M. en C. Juan Francisco Barba Torres	
Propietario	Biol. José Leonardo Castillo Géniz	
Suplente	Biol. Rosa María Ortega Lojero	
Suplente	Biol. Vicente Anisado Solentino	

Comité Asesoramiento de Biología

COORDINADOR GENERAL
DE ESCUELA

SECRETARÍA

Dedicatoria

A mis padres:

Enrique Núñez Jiménez y Gladys N. De Núñez.

Quienes me han enseñado con gran brío y cariño que con esfuerzo se alcanzan las metas y los éxitos; quienes con su apoyo me han guiado sabiamente y me han dado lo más importante y grandioso en esta vida, su amor.

A mis hermanos:

Gladys, Olga y Enrique por su cariño y apoyo.

A mis Abuelos:

Enrique Núñez y Olga Jiménez.

Quienes con esfuerzo y amor me han mostrado los valores familiares y los deseos de superación.

Cipriá D. de Nogueira ejemplo claro de gran corazón, coraje y amor.

A la memoria de mi abuelo Ramón Nogueira

A quien expreso mi más grande admiración y respeto por las sabias palabras que siempre me dirigió, por las maravillosas enseñanzas que me dio y que representan mucho en mi vida.

A mis tíos y primos:

Por contar siempre con ellos en los buenos y malos momentos.

A mis amigos y compañeros:

Claudia, Ivette, Laura, Consuelo, Areli, Ma. Carmen, Sara, Luz María, Víctor, Yolanda, Edgar, Felipe, Juan, Pancho, Javier, Alicia, Ma. de Jesús, Ramón, Verónica, Mario y todos los demás a quienes nunca terminaría de mencionar y quienes siempre me brindaron su confianza, cariño y amistad.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, por el apoyo para la realización del presente estudio.

Al Programa Tiburón del Instituto Nacional de la Pesca por las facilidades brindadas durante el presente trabajo.

Al Acuario de Veracruz, especialmente al Biol. Raúl María por el invaluable apoyo proporcionado y su gran interés por los tiburones.

Al M. en C. Réne Rosiles Martínez por la dirección de este trabajo en el Lab. de Toxicología de la FMVZ.

Así mismo, a los investigadores que formaron parte del jurado examinador y sus valiosas observaciones y comentarios en la revisión del trabajo: M. en C. Juan Fco. Barba Torres, Biol. José L. Castillo Géniz, Biol. Rosa Martha Ortega Lojero y Biol. Vicente Anísldo Tolentino.

A mis compañeros y amigos Ing. Pesq. Fernando Marquez y MVZ. Janitzio Bautista por sus valiosas observaciones y apoyo en la edición de este trabajo.

A todos los pescadores, vendedores y distribuidores de tiburones participantes, quienes sin su apoyo no hubiese sido posible la realización de la presente investigación.

El más grande reconocimiento y agradecimiento a mis compañeros del INP y del Lab. de Toxicología, especialmente a Salvador Hernández y Ricardo Axayacatl Juárez por el gran entusiasmo y apoyo brindado durante la investigación.

A todos aquellos que de alguna forma contribuyeron a la realización de este estudio, Gracias.

Finalmente agradezco profundamente a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la FUNDACIÓN UNAM, por las facilidades y gran apoyo proporcionado para la realización del presente estudio.

RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de un estudio sobre metales, realizado en seis tejidos de dos especies de tiburones provenientes al Golfo de México, llevado a cabo durante el periodo de agosto de 1994 a abril de 1995.

Se determinaron las concentraciones de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se y Zn presentes en branquias, hígado, páncreas, cerebro, riñón y músculo pertenecientes a *Carcharhinus limbatus* y *Rhizoprionodon terraenovae*. La colecta de las muestras se realizó en las playas de Chachalacas y Pto. De Veracruz, así como en diversos locales del Centro de distribución de Pescados y Mariscos "La Nueva Viga", en México D.F.

En esta investigación se hace una descripción de las concentraciones de metales en los diferentes tejidos, así como la determinación de las relaciones entre los diferentes elementos con el sexo, longitud total y edad de los organismos, para cada especie. Determinándose que dependiendo del tejido, el metal se acumula en menor o mayor grado, a causa muy probablemente de las necesidades metabólicas de cada tejido y de las características fisicoquímicas de cada elemento. No parece haber dependencia de los niveles de metales en función del sexo en ambas especies, en la mayoría de los casos, pero sí se detecto relaciones en función de la longitud y edad de los animales, las cuales también parecen depender del tejido y metal en cuestión.

También se hizo un estudio comparativo de metales entre las especies y la procedencia o zona de captura en el Golfo de México, así como la determinación del factor de riesgo para consumo como alimento de la carne de tiburón para As, Cd, Hg y Pb., detectándose algunas diferencias entre los niveles de metales según la especie y tejido y entre las localidades de captura de los escuños, las cuales se deban posiblemente a los diferentes hábitats y hábitos alimenticios en los que se desarrollan y alimentan ambas especies y por las actividades industriales de las zonas muestreadas. En base a los niveles detectados de As, Cd, Hg y Pb en

músculo de *C. limbatus* y *R. terraenovae*, se determina que no existe un riesgo inmediato en el consumo de su carne, pero si se recomienda realizar más estudios al respecto.

ABSTRACT

This paper presents the results of a study on metals conducted on six tissues of two shark species from the Gulf of Mexico, during the period from August 1994 to April 1995.

Concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se and Zn in gills, liver, pancreas, brain, kidney and muscle of *Carcharhinus limbatus* and *Rhizoprionodon terraenovae* were determined. The samples were taken on the beaches of Chachalaeas and Veracruz harbor as well as several selling places in the Distribution Center of Fishes and Shellfishes "La Nueva Viga", in Mexico City.

The research study is summarized in a description of the metal concentrations in different tissues as well as their relationships with sex, total length and age of each specimen, for every species. It was found that metal accumulation fluctuated depending on the tissue, probably due to the different metabolic needs of each tissue and the physicochemical characteristics of each element. It seems there is not dependence of the levels of metals as a function of sex in both species but there were found relationships as a function of the length and age of the specimens, which also appear to depend on the tissue and metal under consideration.

A comparative study of metals was also made among the species and the fishing areas on the Gulf of Mexico. The risk factor for human consumption of the shark flesh as a foodstuff for As, Cd, Hg and Pb were determined. There were found some differences in metal level according to species, tissues and area of fishing of the sharks, which probably are due to the differences in habitats and feeding habits of both species as well as to industrial activities in the sampled zones. Based on levels of As, Cd, Hg and Pb detected on muscle tissues of *C. limbatus* and *R. terraenovae*, it was determined that there is not an immediate risk in its flesh consumption but it is recommended to do more research on the subject.

INDICE

	Pag.
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen.	vi
Abstract	viii
I.-Introducción.....	1
1.1.-Objetivos	
1.1.1.-Objetivo General.....	2
1.1.2.-Objetivos Particulares.....	2
II.-Antecedentes.	
2.1.-Importancia del estudio de los metales.	3
2.1.1.-As (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	4
2.1.2.-Cd (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	6
2.1.3.-Cr (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	8
2.1.4.-Cu (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	10
2.1.5.-Fe (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	11
2.1.6.-Hg (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	12
2.1.7.-Mn (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	14
2.1.8.-Pb (Características generales, importancia y efectos en organismo vivos).....	15
2.1.9.-Se (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	17
2.1.10.-Zn (Características generales, importancia y efectos en organismos vivos).....	18
2.2.-Importancia del tiburón en México.	
2.2.1.-Aspectos generales y pesquerías.....	20
2.2.2.-Cazón de Ley (<i>C. limbatus</i>).	
-Características, hábitos e importancia.....	22
2.2.3.-Cazón Caña Hueca (<i>R. terraenovae</i>).	
Características, hábitos e importancia.....	24

	Pag.
III.-Desarrollo Experimental.	
3.1.-Area de Estudio.....	26
3.2.-Material y Método.....	29
3.2.1.-Trabajo de Campo.....	29
3.2.2.-Trabajo de Laboratorio.....	30
3.2.3.-Trabajo de Gabinete.....	31
3.2.3.1.-Límites de Detección para cada metal.....	34
IV.-Resultados y Discusión.	
4.1.- <i>Rhizoprionodon terraenovae</i> .	
4.1.1.-Niveles encontrados por tejido.....	36
4.1.2.-Relación entre los niveles de metales y el sexo, longitud y edad.....	51
4.1.3.-Relación entre los niveles de metales según su procedencia.....	55
4.2.- <i>Carcharhinus limbatus</i> .	
4.2.1.-Niveles encontrados por tejido.....	58
4.2.2.-Relación entre los niveles de metales y el sexo, longitud y edad.....	67
4.2.3.-Relación entre los niveles de metales según su procedencia.....	70
4.3.-Análisis comparativo de metales según la especie.....	71
4.4.-Determinación del factor de riesgo para As, Cd, Hg y Pb.....	76
Conclusiones.....	79
Sugerencias.....	81
Bibliografía.....	83
ANEXO	
Índice de Cuadros.....	90
Índice de Figuras.....	91

1.- INTRODUCCIÓN.

Los tiburones son animales que forman parte importante del ecosistema marino; desde su aparición en el planeta tierra durante el período Devónico, hace más de 400 millones de años, se han encargado de realizar la -limpieza- de los océanos, eliminando a los diversos animales enfermos, viejos y muertos. Ésto y otras características como son su adaptación a las diferentes temperaturas, grados de salinidad y niveles de profundidad los han convertido en los peces cartilaginosos dominantes de la actualidad²⁴. Los tiburones han manifestado pocos cambios evolutivos lo que nos hace pensar en animales perfectamente acoplados al ambiente marino, sin embargo las actividades humanas y la sobrepoblación de nuestra especie han originado graves problemas de contaminación, no sólo del aire, sino también de los suelos y cuerpos de aguas naturales, incluyendo ríos y mares, afectando dicha adaptabilidad. Los efectos de la contaminación han ocasionado la muerte de muchos animales y plantas^{7,19,23,69}, a pesar de esto el hombre ha puesto poco interés en el estudio de contaminantes y agentes tóxicos que puedan estar afectando a las diferentes especies de tiburones, que por ocupar un lugar tope en la cadena alimenticia, sin duda, se encuentran expuestos a ellos^{90,91,100,101}.

El estudio de esta clase de organismos no es nada fácil, a causa de los hábitos de los mismos, pero si reflexionamos sobre el hecho de que forman parte también de nuestra alimentación, no solo en México, sino en diversas partes del mundo^{3,4,10,12,20,21}, y del hecho de que de ellos se extraen medicamentos elaborados a partir de sus aceites y cartilago²⁴, nos podemos dar cuenta de lo necesario que es estudiar diferentes aspectos básicos de su biología, los efectos que como resultado de la contaminación en los océanos puedan estar presentando, así como determinar el riesgo para su aprovechamiento y las dificultades para su conservación.

Desde 1975 hasta 1995 se han podido detectar estudios sobre metales en diferentes especies de tiburones fuera del territorio nacional, enfocados en su mayoría a la descripción de las concentraciones presentes en diferentes tejidos^{1, 18, 34, 44, 57, 90, 91, 92, 93, 94, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103,104, 107, 108}. Algunos estudios han abordado otros aspectos que involucran la bioacumulación, metabolización y neutralización de metales tóxicos^{13,17,33,36,43,46,52,53,88}. Sin embargo no contamos con información referente a los niveles de metales en especies de tiburones capturadas en aguas mexicanas y que nos permitan darnos cuenta del grado de contaminación de nuestros productos pesqueros y de nuestros mares.

Debido a esto, en el presente trabajo se pretende ampliar el conocimiento de metales esenciales y pesados en dos especies de tiburones que forman parte importante de las pesquerías a nivel nacional, en el Golfo de México y que han sido poco estudiadas al respecto, planteándose los objetivos siguientes:

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Comprobar si los niveles de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se y Zn en órganos de tiburones (*Carcharhinus limbatus* y *Rhizoprionodon terraenovae*) son diferentes entre especie, edad, sexo, talla, localidad y a los señalados en las Normas Oficiales para su consumo por el humano.

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.

- Conocer el contenido de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se y Zn en músculo, cerebro, branquias, hígado, páncreas y riñón* de dos especies de tiburones del Golfo de México.
- Comparar las diferencias de las concentraciones de los metales, según la especie, sexo, talla y edad, así como entre la zona de pesca y lo consultado en la literatura.
- Evaluar si los niveles de As, Cd, Hg y Pb en tejido muscular pueden considerarse como riesgosos para el consumo humano.
- Determinar si *C.limbatus* y *R.terraenovae* pueden ser especies consideradas como bioindicadoras de la contaminación por metales.

* Tejidos seleccionados por su importante participación en la regulación y equilibrio de metales dentro del organismo (homeostasis), o bien, por ser órganos blanco para dichos elementos y haber mostrado alguna alteración anatómica o fisiológica en algún animal.

II. ANTECEDENTES.

2.1.- IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS METÁLICOS.

Los metales ó elementos metálicos pesados se encuentran ampliamente distribuidos en toda la superficie terrestre, así como en los océanos; dicha presencia es a determinadas concentraciones, estos niveles. sin embargo, se han visto incrementados por la contaminación de los mares y ríos, a causa de los derrames de desechos industriales, debido a lo cual se ha despertado el interés de los investigadores por conocer los efectos que estas acciones están causando en el medio ambiente, principalmente en los seres vivos.

La evolución, como menciona E.J.Underwood (1977)¹⁸, ha seleccionado ciertos elementos para el adecuado funcionamiento de los organismos vivos, dentro de éstos, ciertos metales como el cromo, hierro, cobre, manganeso, selenio y zinc, juegan un papel importante en el metabolismo y síntesis de constituyentes corporales. Estos elementos denominados como esenciales, son requeridos en pequeñas cantidades y cualquier cambio o alteración en dichos niveles, fuera de los normalmente requeridos, ocasionarán una serie de eventos que pueden afectar el buen funcionamiento del organismo y terminar causando una anomalía que conlleve a la muerte. Las alteraciones producidas por metales pueden deberse, no sólo a su deficiencia ó marcado incremento, sino también a una redistribución del elemento en el ambiente ó bien a un cambio en su forma química, lo cual nos permite observar que la importancia toxicológica de cada uno de ellos dependerá de los diferentes factores físicos, fisiológicos y ambientales¹², ejemplo de estos factores son: temperatura, pH, potencial redox, cantidad de oxígeno disuelto, salinidad, luz, materia orgánica, así como, edad, sexo, especie, tamaño, actividad, estadio de vida y hábitat.

Otros metales, como el arsénico, mercurio, plomo y cadmio, son tóxicos al encontrarse en determinadas formas químicas²⁶ y a concentraciones específicas, lo que los convierte en agentes nocivos de manera directa.

Se ha observado que los metales participan en los procesos biológicos y podemos deducir claramente que la salud humana es susceptible a este tipo de contaminación, son ya conocidas algunas intoxicaciones masivas causadas por exposición a concentraciones elevadas de metales, como lo fue la enfermedad de Minamata en Japón, derivada de la ingesta de pescado contaminado con mercurio, o bien, el brote de la enfermedad conocida como Itai-Itai, causada por la presencia de cadmio en el medio, como resultado de la actividad industrial. Es a razón de éstos y otros sucesos que nuestra preocupación se ve incrementada, ya que nuestras acciones hacia el medio ambiente, de seguir así, llegarán a un punto irreversible, que terminara afectando el equilibrio natural y por lo tanto a nosotros mismos^{7,19,38}.

Es necesario entonces que conozcamos que está ocurriendo en la flora y fauna y como están siendo afectadas. Por ello trataremos a continuación sobre algunos metales que han sido reportados en tiburones y que han sido considerados para el presente estudio.

2.1.1 ARSÉNICO (As).

El arsénico es un elemento conocido por el hombre desde la antigüedad, fue identificado por los griegos en su forma sulfurada (sulfuro de arsénico) y utilizado durante la Edad Media como veneno, en forma de anhídrido arsenioso, época en la cual la administración de estas sustancias era considerada como una de las "Bellas Artes" médicas⁶, lo cual permitía su aplicación en forma regular y cotidiana.

Al arsénico lo podemos encontrar libre en la naturaleza ó bien combinado con diversos minerales; se le encuentra frecuentemente en aguas naturales a las que llega por erosión de las rocas, generalmente en bajas

concentraciones; también es común encontrarlo en tejidos vegetales y animales siendo la forma pentavalente la más común (arsenolita, rejalgar, cobaltita y arseniuros).

La principal fuente productora de arsénico parece ser la actividad humana; su utilización es muy variada, ya que es empleado en la fabricación de insecticidas, herbicidas, antiparasitarios, preservadores de maderas, así como en la fabricación de semiconductores y de medicamentos.

Esta amplia utilización exige una mayor explotación de sus minerales y es durante los procesos de fundición de ese tipo de compuestos que son descargadas grandes cantidades de arsénico al medio ambiente, por lo que no debe extrañar que los vegetales y animales lo incorporen y de esta manera llegue al hombre.

Este aporte al medio ha inspirado a investigadores a realizar estudios para determinar los niveles que el arsénico ha alcanzado en los seres vivos; tal es el caso de los mariscos, donde estudios norteamericanos revelaron la presencia del metal en concentraciones de entre 15 mg/kg. y 46 mg/kg., lo cual resulta ser muy elevado si consideramos que la OMS (Organización Mundial de la Salud) estableció en 1967 un límite de 0.05 mg/kg./día en alimentos para consumo humano⁶⁹.

Las principales vías de entrada por las que el arsénico puede penetrar al organismo, además de la digestiva, es la respiratoria y cutánea, siendo en las dos primeras, donde llega a asimilarse más del 50% del arsénico al que se es expuesto. Esto hace que los animales que se encuentren en esa situación, sufran los efectos de dicha exposición; dentro de los que se encuentran el daño gastrointestinal, vaso dilatación, shock, daño renal glómerulo-tubular, alteraciones nerviosas, lesiones de las mucosas, así como parálisis respiratoria y muerte. En el hombre se ha observado que se encuentra principalmente en los leucocitos y se acumula

fundamentalmente en el hígado, riñón, pulmón, pelo, dientes, uñas y piel. El período de semi-eliminación biológica es por lo menos de diez días, la cual se efectúa principalmente a través de la orina.

Cuando se está expuesto al arsénico por periodos prolongados, sus efectos pueden tornarse crónicos, caracterizados por sus acciones de tipo mutagénico, carcinogénico y teratogénico^{23,32}.

En lo que se refiere a estudios hechos en tiburones, se reporta que ha sido encontrado en músculo e hígado, por encima de los niveles establecidos de 1 mg/kg., que en peces es considerado como límite de letalidad inferior. De manera general se ha observado que en peces el arsénico es excretado por las branquias y a través de la orina, mientras que es acumulado principalmente en el hígado^{75,80}.

2.1.2 CADMIO (Cd).

En el año de 1817 dos investigadores alemanes, Strohmeier y Hermann, de manera independiente y casi simultánea, examinaron muestras de carbonato de zinc (óxido de color café y un sulfuro amarillo); al calentar este sulfuro, obtuvieron un metal nuevo en estado impuro, al que denominaron cadmio y que a partir de entonces es ampliamente utilizado. Este elemento se le encuentra presente en la naturaleza, asociado a muchos minerales; proviene principalmente del desgaste y erosión de las rocas y se encuentra asociado geoquímicamente al zinc.

La aportación al medio a partir de procesos naturales es insignificante comparada con la de origen antropogénico; ya que es liberado durante los procesos de cocción ó desulfuración de todos los productos del zinc. Una vez obtenido el elemento, se le emplea en la fabricación de pinturas, baterías, como estabilizador de plásticos (PVC), en aleaciones, soldaduras, joyería é incluso en reactores nucleares.

Esta variada utilización del cadmio hace que su liberación, a la atmósfera y al medio ambiente, se haga evidente, debido a que se deposita en la tierra ó cuerpos acuáticos, cercanos a la fuente de emisión. A partir de éstos, el cadmio es ingerido por los organismos y transportado a todos los eslabones de la cadena alimenticia (Badillo,1990)⁷.

El cadmio no es un elemento esencial para la vida y sus propiedades químicas son intermedias a las del zinc y el mercurio⁹⁶; es tóxico aún a concentraciones bajas y el tiempo de vida media en los organismos puede durar varios años.

En organismos marinos, como son el zooplancton, animales filtradores y los moluscos, se ha encontrado que los niveles de cadmio son mucho más elevados que los encontrados en el agua de mar; al igual que los anteriores, los mariscos también parecen acumularlo en grandes cantidades. Los estudios en peces han mostrado que causa un gran número de malformaciones a los eritrocitos, altera y daña a las células productoras de insulina, causándoles hipoglucemia, además de otros males, como son hipertensión, hiperplasia de tiroides, patologías en intestino, epidermis y branquias, así como cáncer. Se sabe también que disminuye la capacidad de sobrevivencia de las larvas, en algunas especies, aparte de afectar la respuesta antigénica en peces teleosteos y así reducir su resistencia a agentes patógenos^{43,88,96}.

El cadmio acompañado de otros metales, aumenta su grado de toxicidad⁸⁹ como lo han mostrado las siguientes combinaciones: Pb-Zn y Pb-Zn-Cu.

Este elemento posee la capacidad de alterar el metabolismo, sustituyendo en algunas enzimas al zinc, inhibiendo así su acción. Sus principales vías de absorción son la digestiva, respiratoria y cutánea; se logra distribuir por todo el cuerpo a través del torrente sanguíneo, siendo retenido en los glóbulos rojos; además de que presenta una gran afinidad por el hígado y los riñones. En el hombre se sabe que su principal vía de eliminación es la orina, así como las heces y en un menor grado, a través del sudor y pelo^{7,45,96}.

Existen reportes de altas concentraciones de cadmio en hígado y riñones de tiburones⁷³ lo cual podría significar un reflejo de exposición a niveles elevados o por períodos prolongados.

2.1.3 CROMO (Cr).

El cromo es un elemento que no se encuentra libre en la naturaleza, pero sí formando parte de un gran número de compuestos. Fue descubierto en el año de 1797, por L.N.Vauguelin, químico francés, el cual lo obtuvo a partir de un mineral de origen siberiano; su mineral más importante es la cromita ($\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$).

La obtención del cromo se logra a partir de la reducción del óxido con aluminio^{*}, se obtiene una aleación de hierro y cromo, que es reducida a una mezcla de óxido de hierro y óxido de cromo, respectivamente. Gracias a esas características químicas y físicas es utilizado en la preparación de diversas aleaciones especiales de gran dureza, tenacidad y resistencia a la tracción. También es empleado en la fabricación de colorantes, detergentes, plaguicidas, cerillos, explosivos, curtidores de pieles, conservadores de madera, etc. Esta amplia y variada aplicación del cromo hace que su distribución aumente rápidamente en los campos y zonas urbanas y junto con ésta, sus niveles de concentración^{6,32,38}.

El cromo sí participa de manera importante en diversos procesos biológicos de diferentes organismos y su contenido en tejidos animales excede pocas veces las décimas de miligramo por kilogramo de peso. Al igual que el yodo, cobalto, selenio y otros minerales, es requerido para tener un crecimiento adecuado, incluso en el hombre, clara señal de su esencialidad^{32,48}.

Al igual que otros minerales, el cromo produce ciertos efectos en los seres vivos, ya que por ejemplo, al ser asimilado por ingestión, llega a causar daño gastrointestinal é insuficiencia hepato-renal. Si la ingesta es prolongada por largo tiempo, llega a causar irritaciones, úlceras, hepatitis, etc. Su forma química también influye en el tipo de efectos que causa; el ácido crómico y sus sales ejercen una acción corrosiva sobre la piel y membranas mucosas, llegando incluso a ocasionar cáncer de las vías respiratorias. Por otro lado, el cromo en forma hexavalente posee propiedades tóxicas, cancerígenas y alergénicas, que gracias a la acidez estomacal,

^{*} conocido como metodo de Goldschmidt, ampliamente utilizado en la industria metalurgica.

es reducido a la forma trivalente, la cual es cien veces menos tóxica^{32,36}. No exista evidencia de que el cromo trivalente sea convertido a la forma hexavalente en sistemas biológicos. Sin embargo el cromo hexavalente rápidamente cruza las membranas celulares y es reducido intracelularmente a cromo trivalente, el cual forma complejos con macromoléculas como el RNA.

El cromo III es considerado un nutriente traza esencial sirviendo como componente de "factor de tolerancia a glucosa". Es un cofactor para la acción de la insulina, jugando un papel principal en la actividad periférica de esta hormona, formando complejos terciarios con receptores de insulina facilitando su anclaje en dichos sitios¹⁹.

En los organismos acuáticos, la vía digestiva es la ruta de entrada, al igual que la cutánea; una vez asimilado, se le puede encontrar, dependiendo del organismo en: piel, pulmones, músculo y grasa (esto en mamíferos superiores); pero al sobrepasar los niveles naturales ó al quedar expuesto al elemento por largo tiempo, se altera dicha distribución, para entonces acumularse, en el hígado, bazo, espina dorsal, uñas, pelo y placenta.

Las formas de eliminación biológicas principales, son a través de la orina, heces fecales, uñas, cabello y leche³⁸.

Reichenback-Klinke (1980)⁵⁰ menciona que el cromo a niveles de entre 0.03 mg/kg. y 0.7 mg/kg., es letal en animales; sin embargo, existen reportes de cromo a niveles inferiores a los 0.8 mg/kg. en algunas especies de tiburones.

es reducido a la forma trivalente, la cual es cien veces menos tóxica^{32,36}. No exista evidencia de que el cromo trivalente sea convertido a la forma hexavalente en sistemas biológicos. Sin embargo el cromo hexavalente rápidamente cruza las membranas celulares y es reducido intracelularmente a cromo trivalente, el cual forma complejos con macromoléculas como el RNA.

El cromo III es considerado un nutriente traza esencial sirviendo como componente de "factor de tolerancia a glucosa". Es un cofactor para la acción de la insulina, jugando un papel principal en la actividad periférica de esta hormona, formando complejos terciarios con receptores de insulina facilitando su anclaje en dichos sitios¹⁹.

En los organismos acuáticos, la vía digestiva es la ruta de entrada, al igual que la cutánea; una vez asimilado, se le puede encontrar, dependiendo del organismo en: piel, pulmones, músculo y grasa (esto en mamíferos superiores); pero al sobrepasar los niveles naturales ó al quedar expuesto al elemento por largo tiempo, se altera dicha distribución, para entonces acumularse, en el hígado, bazo, espina dorsal, uñas, pelo y placenta.

Las formas de eliminación biológicas principales, son a través de la orina, heces fecales, uñas, cabello y leche³⁸.

Reichenback-Klinke (1980)³⁹ menciona que el cromo a niveles de entre 0.03 mg/kg. y 0.7 mg/kg., es letal en animales; sin embargo, existen reportes de cromo a niveles inferiores a los 0.8 mg/kg. en algunas especies de tiburones.

2.1.4 COBRE (Cu).

Al cobre se le puede encontrar ampliamente distribuido en la naturaleza, en suelo, arcillas oceánicas y rocas, al igual que en diversos animales, tales como corales marinos y moluscos, en estos últimos forma parte de los núcleos de las proteínas respiratorias y en el hombre es componente esencial de la enzima necesaria para la síntesis de melanina^{11,97}.

En peces es común encontrarlo en hígado a concentraciones de entre 0.4 mg/kg. y 6.0 mg/kg. y junto con el zinc, juega un papel importante en el metabolismo de éstos y otros animales³². La interacción entre el cobre y el zinc mejora su actividad metabólica, pero su interacción con otros metales puede también aumentar la toxicidad del mismo, tal y como se ha observado en ingestas combinadas de cobre, zinc y hierro, que han causado graves malestares en diferentes organismos⁹⁸.

Los efectos que pueden presentarse en los animales debido a la alteración en los niveles normales de cobre son muy variados, dependiendo del grupo del que se trate; por ejemplo, en mamíferos, se ha observado que causa anemia hemolítica y depresión metabólica por exposiciones prolongadas; en músculo llega a inhibir enzimas energéticas y producir daños y alteraciones en tejido cerebral⁴¹.

Para el caso de los peces, se sabe que produce daño en tejido branquial, degeneración en tejido sensorial olfatorio y línea lateral, necrosis renal, y a concentraciones considerables llega a causar pérdida en la habilidad osmoreguladora plasmática. La concentración a la cual ya se le considera letal, es de 0.08 mg/kg^{32,43,80}.

Se piensa que todas las sales de cobre son venenosas y producen alteraciones en las membranas mucosas aún en bajas concentraciones¹¹.

Powell, C.L. *et al.*, en 1981, reporta altos niveles de cobre en riñón e hígado de tiburón, niveles que podrían resultar tóxicos para el humano.

El hombre ha empleado el cobre para numerosas fines, como lo han sido la fabricación de conductores eléctricos, calderas, alambiques, monedas, medallas, artículos de latón, en cubiertas para barcos de madera, etc. Todo esto hace que el cobre, a partir de nuestras actividades y materiales, sea liberado e incorporado por las plantas y los animales en diferentes formas químicas y en diferentes cantidades.

2.1.5 HIERRO (Fe).

Al hierro se le considera el cuarto elemento más abundante sobre la tierra. Se encuentra formando parte de muchos minerales y en determinadas cantidades en los cuerpos de agua, plantas y animales; es un elemento esencial, ya que cerca del 66% del hierro total del cuerpo humano, se encuentra formando parte de los glóbulos rojos y el resto se distribuye en músculo esquelético, hígado, bazo y enzimas; esta distribución se encuentra relacionada con la importancia del elemento, ya que es el encargado del transporte de oxígeno a las células del organismo, así como de la producción de energía metabólica, al formar parte de las coenzimas que participan en la síntesis de ATP, por lo cual su deficiencia produce anemia y baja en el metabolismo^{11,90,97}.

Los niveles de hierro en el organismo aumentan progresivamente durante nuestra vida y al parecer no representa un problema toxicológico, al igual que otros metales^{11,96}.

Para el hombre, sus aplicaciones industriales son numerosas, dependiendo del tipo de compuesto del que se trate (ferroso ó férrico) y del que forme parte. El sulfato ferroso, por ejemplo, se emplea en el teñido de telas de algodón, en la purificación del agua, como fungicida y preservador de maderas, así como en la fabricación de tintas y de agentes reductores⁶. Algunas sales férricas causan irritación y daño a la piel y mucosas y se ha observado que intoxicaciones por hierro en peces, son causadas por lesiones en las branquias.

Se ha encontrado que el hierro sólo es nocivo en forma de ocre rojo (hidróxido de hierro III), sobre tejidos branquiales y al formar parte de los huevos de peces, debido a que en ambos casos impide la respiración¹⁷.

En el caso de los tiburones, se ha observado que los niveles varían, según los tejidos y la especie de la que se trate; para el caso del músculo, se reportan concentraciones de 7.9 mg/kg., lo cual lo convierte en una adecuada fuente de suministro para este mineral¹⁰⁰.

2.1.6 MERCURIO (Hg).

Es considerado como un elemento "mágico" debido a sus cualidades líquidas; se le puede encontrar en diferentes formas físicas y químicas, tanto elemental como iónicas. Fue descubierto en el año 300 A. de C. por Teofrasto, a partir del cinabrio (HgS). No es un elemento esencial para la vida, pero ha estado siempre presente en la naturaleza en concentraciones a las que los seres vivos estamos acostumbrados.

Diversos fenómenos geológicos participan en la liberación de este metal, ejemplo de dichas fuentes naturales tenemos al vulcanismo, desgasificaciones de la corteza terrestre y erosión^{6,18}.

Las aplicaciones que el mercurio ha tenido desde su descubrimiento han sido muy variadas y en la actualidad forman parte de la industria y de la agricultura, como lo son la fabricación del papel, pinturas, plaguicidas y fungicidas. También se le emplea para elaborar material científico y médico.

El mercurio es un elemento que ha mostrado su capacidad de reciclaje, sin embargo, permanece en el medio ambiente, gracias a diferentes mecanismos, de carácter físico, químico y biológico.

El ciclo global de este elemento depende de la circulación atmosférica de sus vapores, los cuales, por precipitación, llegan a los océanos, donde sus niveles llegan a ser muy elevados.

Cuando el mercurio se metila, adquiere la capacidad de atravesar las membranas biológicas, lo cual permite que su incorporación rápida a las cadenas tróficas acuáticas, que aunado también a su marcada liposolubilidad y afinidad por grupos sulfhidrilos proteicos, vuelven al mercurio metilado, la forma más peligrosa para cualquier ser vivo.

Debido a ello, es entonces que el mercurio, dependiendo de su forma química, presentará vías de asimilación diferentes; dentro de dichas vías encontramos, al igual que como ocurre con otros elementos, a la digestiva, cutánea y respiratoria. Se ha comprobado que cerca del 95% es asimilado por vía digestiva, independientemente de si se trata de formas sulfatadas, cloradas ó de otro tipo de sales. Su principal zona de acumulación es el sistema nervioso central, donde se une a proteínas, llega a destruir neuronas del cerebelo, además de provocar daños electrofisiológicos y bioquímicos en el mismo sistema, incluso aún antes de que se presente síntomas de intoxicación.

El período de semi-eliminación varía según el organismo del que se trate; se reporta que para el hombre y peces se necesitan cerca de 70 y 1000 días respectivamente, para la eliminación de metilmercurio*. Esta eliminación es realizada a través de heces, orina, leche, secreciones genitales, cabellos, uñas y sudor³⁸.

Al igual que otros metales, el mercurio tiende a concentrarse en diferentes partes del organismo, dependiendo de las condiciones que prevalezcan en ese momento. Se sabe que el riñón en peces óseos es de los principales tejidos donde se acumula; de manera parecida a lo que ocurre en el riñón de tiburones, también

* El metilmercurio es la forma más común en los sistemas biológicos según se ha encontrado en diversos estudios (Walker, 1976; Hueter *et al.*, 1993).

El ciclo global de este elemento depende de la circulación atmosférica de sus vapores, los cuales, por precipitación, llegan a los océanos, donde sus niveles llegan a ser muy elevados.

Cuando el mercurio se metila, adquiere la capacidad de atravesar las membranas biológicas, lo cual permite que su incorporación rápida a las cadenas tróficas acuáticas, que aunado también a su marcada liposolubilidad y afinidad por grupos sulfhidrilos proteicos, vuelven al mercurio metilado, la forma más peligrosa para cualquier ser vivo.

Debido a ello, es entonces que el mercurio, dependiendo de su forma química, presentará vías de asimilación diferentes; dentro de dichas vías encontramos, al igual que como ocurre con otros elementos, a la digestiva, cutánea y respiratoria. Se ha comprobado que cerca del 95% es asimilado por vía digestiva, independientemente de si se trata de formas sulfatadas, cloradas ó de otro tipo de sales. Su principal zona de acumulación es el sistema nervioso central, donde se une a proteínas, llega a destruir neuronas del cerebro, además de provocar daños electrofisiológicos y bioquímicos en el mismo sistema, incluso aún antes de que se presente síntomas de intoxicación.

El período de semi-eliminación varía según el organismo del que se trate; se reporta que para el hombre y peces se necesitan cerca de 70 y 1000 días respectivamente, para la eliminación de metilmercurio³⁸. Esta eliminación es realizada a través de heces, orina, leche, secreciones genitales, cabellos, uñas y sudor³⁹.

Al igual que otros metales, el mercurio tiende a concentrarse en diferentes partes del organismo, dependiendo de las condiciones que prevalezcan en ese momento. Se sabe que el riñón en peces óseos es de los principales tejidos donde se acumula; de manera parecida a lo que ocurre en el riñón de tiburones, también

³⁸ El metilmercurio es la forma más común en los sistemas biológicos según se ha encontrado en diversos estudios (Walker, 1976; Hueter *et al.*, 1995).

se ha visto que se concentra de manera importante en hígado y músculo rojo, lo cual podría deberse a la gran irrigación de los mismos.

El daño que ha sido observado en peces a causa de la presencia del mercurio, se ha presentado en órganos sensoriales y sistema nervioso, así como alteraciones en la capacidad osmoreguladora. El mercurio a dosis elevadas puede causar también daño en branquias y reducir el consumo de oxígeno^{43,80,88}.

Como se mencionó anteriormente, el metilmercurio es la forma química más tóxica de este metal y llega a acumularse diez veces más que el inorgánico, este último es causante de anemia incluso en mayor grado que si se encontrara en la forma metilada.

Se ha mostrado que el mercurio alcanza niveles elevados en peces depredadores; análisis en músculo de tiburones así lo han demostrado⁴⁴.

Debido a que el mercurio iónico presenta un porcentaje de asimilación de entre un 5% y un 15% y el metilmercurio de un 80% al 100%, el comité mixto de la FAO/OMS estableció en 1972, una ingesta máxima por semana de 0.3 mg; dicho límite varía de acuerdo a las normas establecidas para cada país, encontrándose entonces límites que van desde los 0.7 mg/kg, hasta 1.5 mg/kg³².

2.1.7 MANGANESO (Mn).

El manganeso es considerado como un elemento esencial para las plantas y animales, sin embargo, no es común encontrarlo libre en la naturaleza sino formando parte de ciertos minerales, como son la pirosulita, graunita y manganita. Si los niveles de manganeso presentan un aumento considerable, puede entonces adquirir un carácter tóxico⁴¹.

El manganeso es empleado en los sistemas biológicos de muy variadas formas; participa en la síntesis de aminoácidos, como acarreador de electrones, activador de enzimas y catalizador. También se ha visto que participa en la síntesis de hemoglobina, en el crecimiento, la reproducción y la lactancia.

Las aplicaciones industriales son igualmente variadas ya que se le utiliza en la producción de acero, de baterías, cristales, pinturas, barnices, desinfectantes y decolorantes^{31,48,97}.

Su distribución dentro del organismo es variada, se le puede encontrar en hígado humano a concentraciones de entre 0.087 mg. a 0.39 mg.; en el músculo de peces va del orden de los 0.5 mg/kg. El límite de letalidad reportado para peces es de 0.75 µgr/l. a 1200 µgr/l.⁸⁰.

El estudio de manganeso en tiburones ha sido poco realizado, pero si se cuenta ya con datos de la presencia del metal en sus órganos⁹ y dichos niveles no parecen reportarse como tóxicos^{55,102}.

2.1.8 PLOMO (Pb).

El plomo es uno de los metales mejor conocido por los antiguos, fue utilizado en el tiempo de los romanos en la construcción de acueductos y en la Edad Media, como material de techado en las grandes catedrales. Es relativamente abundante en forma de carbonato (cerusita, anglesita y galena) y se le puede encontrar presente en el aire, agua, suelos, plantas y animales; las emanaciones volcánicas y el desgaste de los depósitos minerales son las principales fuentes naturales, emitiendo cerca de 100 mil toneladas por año^{6,7}.

Sus aplicaciones industriales en la actualidad son muy diversas, ya que se le utiliza en la fabricación de acumuladores, baterías, pigmentos, insecticidas, explosivos, soldaduras, químicos, combustible, tuberías y

* Las concentraciones de manganeso reportadas en tiburones van de 0.4 mg/kg a 12.55 mg/kg, para músculo, vértebras e hígado.

alfarería. A causa de tan amplia utilización, las emisiones de plomo al medio han llegado a duplicar a las de origen natural, aportando cerca de 250 mil toneladas⁷.

El depósito y absorción del metal en los diferentes substratos, va a depender del tipo de compuesto del que se trate; de esta manera, la respiración adquiere el papel de la principal ruta de asimilación, por donde cerca del 50% pasa al torrente sanguíneo. Por otro lado, la vía oral parece absorber sólo el 10%. Al principio el metal es distribuido a través de todos los tejidos y órganos⁴⁷ y así gradualmente depositarse en sangre y tejidos blandos.

Sus efectos en el hombre son variados, dependiendo del tipo y agudeza del mismo; se ha observado que actúa sobre el sistema hematopoyético, nervioso y sobre el aparato digestivo, causando mutaciones, tumores y anemia en algunos mamíferos. En peces inhibe la síntesis de hemoglobina, causa hipoglucemia, daña la línea lateral y afecta principalmente al tejido óseo, branquias, piel, riñón y corazón. Para el caso de peces de estuario ha mostrado acumularse en bazo, intestino, branquias y aletas^{37,42,96}.

La ruta de eliminación principal es a través de las heces fecales, seguida de la orina, cabellos y sudoración, dichas vías parecen variar dependiendo de la especie de la que se trate; para el hombre se reporta una asimilación de entre el 5% y el 10% a través del intestino y de 90% al 95% de eliminación por las heces; dichas características varían de acuerdo a la edad, sexo, condición fisiológica y composición del alimento^{7,32} de igual manera a como ocurre con otros metales.

El comité mixto FAO/OMS (1972) estableció una ingesta máxima para adulto de 3 mg. debido a los altos niveles encontrados durante los últimos años en los alimentos³².

⁷ Es retenido en cerca de un 90% en hueso y médula ósea.

2.1.9 SELENIO (Se).

Al igual que el arsénico, el selenio no es considerado un metal y es gracias a que posee algunas características metálicas que se le encuentra formando parte del grupo de los metaloides. Fue descubierto en el año de 1817 por J.J. Berzelius, denominándolo originalmente como telurio.

Se le puede encontrar en su estado elemental asociado al azufre libre y también combinado con el cobre y el plomo; se ha encontrado que forma parte de las magmas y gases volcánicos, los cuales vienen a ser sus principales fuentes naturales. Sus empleos son muy variados, se le utiliza en la fabricación de celdas fotoeléctricas, en revelado fotográfico, en instrumentación eléctrica, así como en insecticidas, medicamentos y la producción de acero entre otros^{6,7}.

Se ha observado que esta elevada disponibilidad del selenio en el medio ambiente a causa de su explotación, ha originado la acumulación del mismo en diversas plantas, las cuales a su vez, funcionan como indicadores de contaminación de suelos agrícolas o pastizales, mediante los cuales queda expuesto al ganado.

El selenio es considerado como uno de los elementos esenciales para casi todos los organismos ya que interviene en el control o regulación de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), en el flujo de iones a través de las membranas celulares, al igual que en la conservación de la queratina y en la estimulación de la síntesis de anticuerpos. Por todo esto su deficiencia puede causar algunas alteraciones, como lo son: necrosis hepática, lesiones en tejido cardíaco, riñón, esqueleto, músculo y testículos. Si su ingesta supera la capacidad de eliminación, entonces se pueden presentar daños al sistema nervioso central, al tracto digestivo, al hígado, al riñón y producir irritación de mucosas. Recientemente se ha descubierto que también es agente causal de fetotoxicidad, teratogénesis y algunos de sus compuestos son cancerígenos^{7,8}.

Ganther, H.E. *et. al.* (1972) reportan que el selenio se caracteriza por ser un elemento antimetabólico, que influye, valga la redundancia, en el metabolismo celular, sin embargo, estos autores han observado también que este metaloide logra reducir la toxicidad del mercurio, lo que lo convierte en un agente tóxico (a ciertas concentraciones) capaz de eliminar o tal vez reducir la de otro. Esta idea parece ser compartida por otros investigadores, abriéndose así una línea de estudio completamente nueva que comienza a ser explorada^{6,2,78}.

Su estudio en peces cartilaginosos ha sido abordado por pocos autores^{41,54,95}, al menos en lo concerniente a tiburones, y los niveles encontrados en los diversos tejidos estudiados ha alcanzado los 13 mg/kg.

2.1.10 ZINC (Zn).

El zinc es un elemento que en estado metálico o puro no se conoce en la naturaleza pero sí asociado a minerales alrededor del mundo^{*}.

Su utilización data desde la antigüedad formando parte de ciertas aleaciones con el cobre; en la actualidad, se le emplea como agente anticorrosivo, en la fabricación de baterías, en la industria de la construcción, así como en la fabricación de pinturas, llantas, fungicidas, textiles y fertilizantes^{6,31}.

El zinc también es considerado un elemento esencial que se encuentra en abundancia en el cuerpo humano. Se acumula principalmente en hígado y riñón, donde puede producir cambios degenerativos. El zinc generalmente presenta una baja toxicidad en la vida acuática aunque algunas especies son sensibles a bajas concentraciones. Esta toxicidad depende también de la dureza del agua, de la concentración de oxígeno y de

*Ejemplo de éstos son la blenda, calamina, cincita, smithsonita, etc (Baldor-Aznares, 1956).

la temperatura; exposiciones agudas se han visto que ocasionan daño histológico en branquias y línea lateral. Su asimilación puede realizarse a través de la respiración y digestión^{31,43,80,88}.

La esencialidad del zinc se debe a que participa en la formación de clorofila y en la conformación de algunas enzimas, lo que resulta de gran importancia para el crecimiento^{48,97}.

Los estudios realizados en tiburones han reportado grandes concentraciones, en hígado y riñones, además de ocasionar inhibición de la respiración en branquias a niveles de 10 mg/kg. en un período de entre 4 y 21 días⁷³.

IMPORTANCIA DEL TIBURÓN EN MÉXICO.

2.2.1 ASPECTOS GENERALES.

México es un país que cuenta con cerca de 2,000,000 de km² de costas y aguas territoriales, lo cual lo convierte en un país con gran potencial de explotación de recursos pesqueros dentro de los cuales se encuentra el tiburón.

La pesquería de tiburón se remonta desde la época prehispánica²² hasta la actualidad; en el año de 1944, esta pesquería había alcanzado cerca de nueve mil toneladas métricas en el Pacífico. Castillo, I.I., en 1990 menciona que durante la década de los 80's, las capturas se habían incrementado cerca de un 460% y para 1992 habían alcanzado un promedio de captura anual de cerca de 34,543 ton., colocándola como la sexta pesquería nacional en volúmenes de captura (fig.1).

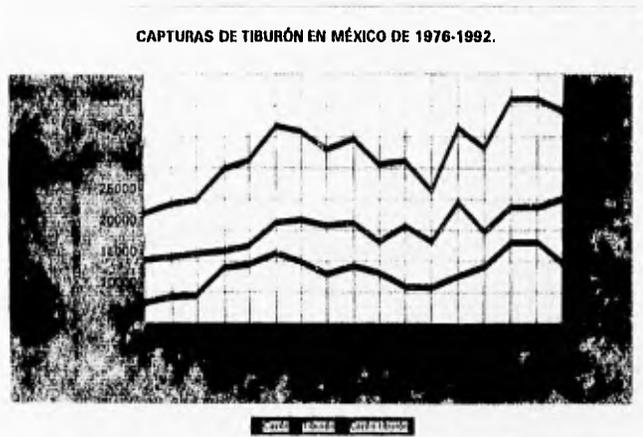


Fig.1 Producción de tiburón en el territorio mexicano (tomada de Castillo, 1992 y Anuario Estadístico de Pesca, 1992).

De esta manera la explotación del tiburón se ha convertido en una importante fuente de alimento y empleo para las comunidades costeras de nuestro país.

Este animal se ha vuelto un recurso ampliamente aprovechado, ya que de él se extraen su carne y aletas como alimento, su piel para la confección de artículos de vestir, de sus vísceras se elaboran alimentos y fertilizantes y a partir de sus mandíbulas y dientes se elaboran artículos ornamentales; sin olvidar los medicamentos fabricados a partir de su cartílago e hígado.

De acuerdo con las estadísticas de la FAO (1985)¹², México ocupó el cuarto lugar a nivel mundial en la pesquería del tiburón.

A pesar de ésto y de las características de explotación del propio recurso, no hemos puesto la adecuada atención para su estudio, incluso sobre aspectos básicos de su biología y ecología¹².

México cuenta con cerca de setenta especies registradas en sus aguas, dicha diversidad nos obliga a tomar un papel protagónico en su conservación y explotación^{5,20,21,22}.

Applegate *et. al.* (1991) mencionan que uno de los primeros pasos en la conservación de los tiburones involucra el estudio de las especies que son ampliamente capturadas en la actualidad, dentro de éstas (cerca de 40), se encuentran el tiburón de puntas negras *Carcharhinus limbatus* y el cazón caña hucca *Rhizoprionodon terraenovae*, los cuales forman parte importante de la pesquería del Golfo de México, lo que las coloca como parte principal de los productos destinados al consumo humano, como ha sido demostrado en diversas investigaciones^{12,20,60}.

2.2.2 *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839).

Estatus taxonómico:

Reino: Animalia
 Phylum: Chordata
 Subphylum: Vertebrata
 Clase: Chondrichthyes
 Orden: Carcharhiniformes
 Familia: Carcharhinidae
 Género: *Carcharhinus*
 Especie: *limbatus*

Características: Tiburón de tamaño regular con larga y puntiaguda nariz (morro), anchas aberturas branquiales, dientes inferiores delgados usualmente con cúspides serradas, dientes superiores erectos y con serraciones, fórmula dentaria en la mandíbula superior = 14 a 16-1 a 3-14 a 16, e inferior = 13 a 16-1 a 3-13 a 16, carece de pliegue interdorsal, aletas pectorales moderadamente largas, primera aleta dorsal con borde libre corto (flap), usualmente posee puntas negras en casi todas las aletas, exceptuando la anal. La distancia internarinal es de 1.3 a 1.7 veces la longitud preoral, ojos redondos y moderadamente grandes, midiendo de 1.2 a 2.2% de la longitud total; el origen de la segunda aleta dorsal por encima o ligeramente anterior a la aleta anal, primera dorsal se origina a la mitad del margen interno de la aleta pectoral; color grisáceo por encima y blanco por debajo^{24,25,60}.

Este tiburón (fig.2) es conocido con el nombre de puntas negras, picudo, aleta prieta o cazón de ley⁶⁰, se distribuye de manera circumtropical; en el Atlántico Oeste lo encontramos desde Massachusetts hasta el sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México y el Caribe; en el extremo este del Pacífico va desde Baja California Sur hasta Perú y las islas Galápagos y Revillagigedo. Es una especie que habita las aguas costeras y superficiales. Se alimenta principalmente de peces, así como de cefalópodos y crustáceos dentro de los que se incluyen muchos peces óseos, sardinas, peces gato, mojarras e incluso otros tiburones pequeños como lo son los del género *Mustelus* y *Rhizoprionodon*, además de incluir en su dieta a rayas, pulpos, calamares, cangrejos y langostas.

Alcanza una talla máxima de 255 cm; los machos maduran entre los 135 y los 180 cm y alcanzan 226 cm, posiblemente lleguen hasta los 255 cm; las hembras maduran entre los 120 y los 190 cm y alcanzan los 255 cm. La talla al nacer va de los 38 a los 72 cm.

Su carne se utiliza principalmente para consumo humano, aunque de él también se aprovechan su piel, aletas (con las que se elabora la conocida sopa de aleta de tiburón) e hígado^{24,60}.

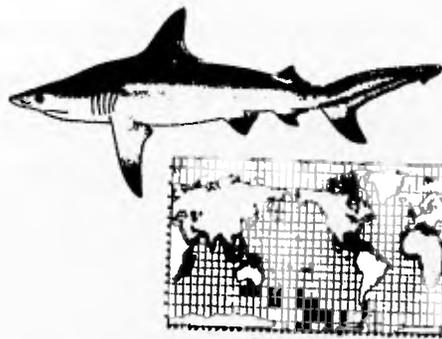


Fig.2 Aspecto y distribución de *Carcharhinus limbatus* (según Compagno,1984).

2.2.3. *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836).

Estatus taxonómico:

Reino: Animalia
Phylum: Chordata
Subphylum: Vertebrata
Clase: Chondrichthyes
Orden: Carcharhiniformes
Familia: Carcharhinidae
Género: *Rhizoprionodon*
Especie: *terraenovae*

Características: Pliegues labiales superiores largos de 1.6 a 2.2% de la longitud total, la primera aleta dorsal se origina encima o ligeramente enfrente de los extremos libres de las aletas pectorales, la segunda dorsal se origina por detrás del frente de la aleta anal, su color es gris dorsalmente y blanco ventralmente, algunas veces presenta manchas blancas, las aletas pectorales poseen márgenes blancos. Sus dientes son triangulares oblicuos con cortes marcados en su margen externo, su fórmula dentaria en la mandíbula superior = 11 a 13-1-11 a 13 e inferior = 13-2 o 13 ^{24,28,60}.

Se le conoce como cazón caña hueca, cazón de ley, tripa o tutzun (fig.3). Su distribución geográfica es al oeste del Atlántico Norte desde New Brunswick hasta Florida y el Golfo de México; es abundante en aguas costeras y templadas; su rango abarca desde áreas intersticiales hasta profundidades de 280 m, aunque es común encontrarlo a menos de 10 m; es capaz de tolerar baja salinidad en estuarios y desembocaduras de ríos, sin penetrar mucho en agua dulce.

2.2.3. *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836).

Estatus taxonómico:

Reino: Animalia
Phylum: Chordata
Subphylum: Vertebrata
Clase: Chondrichthyes
Orden: Carcharhiniformes
Familia: Carcharhinidae
Género: *Rhizoprionodon*
Especie: *terraenovae*

Características: Pliegues labiales superiores largos de 1.6 a 2.2% de la longitud total, la primera aleta dorsal se origina encima o ligeramente enfrente de los extremos libres de las aletas pectorales, la segunda dorsal se origina por detrás del frente de la aleta anal, su color es gris dorsalmente y blanco ventralmente, algunas veces presenta manchas blancas, las aletas pectorales poseen márgenes blancos. Sus dientes son triangulares oblicuos con cortes marcados en su margen externo, su fórmula dentaria en la mandíbula superior = 11 a 13-1-11 a 13 e inferior = 13-2 o 13^{24,28,60}.

Se le conoce como cazón caña hueca, cazón de ley, tripa o tutzim (fig.3). Su distribución geográfica es al oeste del Atlántico Norte desde New Brunswick hasta Florida y el Golfo de México; es abundante en aguas costeras y templadas; su rango abarca desde áreas intersticiales hasta profundidades de 280 m, aunque es común encontrarlo a menos de 10 m; es capaz de tolerar baja salinidad en estuarios y desembocaduras de ríos, sin penetrar mucho en agua dulce.

Se alimenta principalmente de pequeños peces óseos, incluyendo mojarras, anguilas, peces sapo, peces lija, camarones, cangrejos, gusanos segmentados y moluscos. Se sabe que es un animal migratorio, ya que estacionalmente viaja de aguas de Norte América hacia aguas tropicales. Es una especie considerada como inofensiva para el hombre.

Su talla máxima es de 110 cm; los machos maduran entre los 65 y 80 cm. y crecen hasta los 103 cm.; las hembras maduran entre los 85 y 90 cm. y alcanzan los 110 cm, al nacer miden de 29 a 37 cm.

Al igual que el tiburón puntas negras, se le pesca principalmente como alimento, ya que su carne es catalogada como de excelente calidad^{24,28,60}.

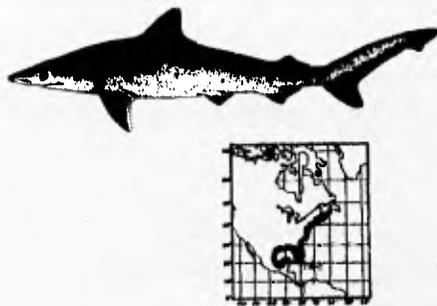


Fig.3 Aspecto y distribución de *Rhizoprionodon terraenovae* (según Compagno,1984).

III. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

3.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El área escogida para la realización del presente estudio comprende al Golfo de México de manera parcial, debido a que las zonas de pesca representadas por los organismos muestreados abarcan únicamente a los Estados de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (fig.4).

El Golfo de México constituye una cuenca oceánica de profundidad relativa, se localiza entre los 98° y 80° Oeste y entre los 30° y 18° Norte, con cerca de 3,500 m. en su zona más profunda. Presenta una superficie de 1,602,000 km² y carece de grandes cordilleras o trincheras en su topografía submarina.

La plataforma continental varía ampliamente dependiendo de las regiones, estableciéndose de manera general que dicha plataforma alcanza los 200 m de profundidad en promedio a lo largo de la zona costera del Golfo.

La corriente marina de mayor importancia conocida como *Corriente del Golfo* (Gulf stream) presenta un sentido similar al de las manecillas de un reloj, entrando por las costas de Yucatán y saliendo por el estrecho de Florida.

Un promedio de entre 30 y 60 cm. es lo que se reporta para las mareas por año en el Golfo. En la mayoría de las estneciones costeras son mareas diurnas, presentándose solamente una durante los días lunares. Las olas del viento no sobrepasan los 5 m. de alto y cuando superan dicha altitud es debido a vientos ocasionados por ciclones²⁷.

Las características climatológicas presentan variación dependiendo de las regiones de las que se trate, pero se considera de manera general que el promedio mensual de temperatura oscila entre los 17.7^o y 28.3^oC, muy semejantes a la temperatura del agua de 18.4^o y 28.8^oC. Durante la primavera y a principios del verano, la atmósfera es ligeramente más cálida que el mar. El patrón de las presiones y la circulación de los vientos consecuentes son moderadamente constantes en verano y están sujetas a grandes variaciones en invierno. El viento del Golfo sopla hacia tierra durante todas las estaciones del año, pero con mayor constancia de julio a septiembre. La precipitación pluvial es más frecuente durante el otoño y principios del invierno y varía de 500 a 1000 mm. a lo largo de este litoral, es decir, de las costas mexicanas del Golfo de México. Durante el invierno penetran de 30 a 40 masas de aire polar, la mitad de ellos originan vientos del norte asociados a un fuerte anticiclón y a las masas de aire frío de procedencia septentrional. Estos "nortes" producen un baja en la temperatura y suelen alcanzar entre 20 y 50 nudos e incluso velocidades mayores¹.

En lo correspondiente a su hidrología, podemos mencionar que dentro de los principales ríos del Estado de Tamaulipas se encuentran el Bravo, San Fernando y Soto la Marina, en la zona centro, los cuales desembocan en la Laguna Madre y en barra respectivamente. En el territorio veracruzano encontramos al río Nautla, Agua Fria, Actopan, la Antigua, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos; los cuales desembocan en lo que se conoce como barra Nautla, barra de San Juan Ángel, barra Chachalacas, barra la Antigua, en Boca del Río, laguna de Alvarado y Coatzacoalcos respectivamente⁶⁰. En el Estado de Tabasco encontramos los ríos Grijalva, González, Chiltepec, Usumacinta, Dos Bocas, Tupilco, Santa Ana y Tonalá⁶¹.

Dentro de éstos ríos, Botello, V.A. (1986)¹⁴ menciona que los ríos Bravo, Papaloapan, Grijalva y Coatzacoalcos son de los principales y más importantes acarreadores de contaminantes, afectando agudamente las costas cercanas a sus desembocaduras.

En referencia a la Cd. De México, se trabajó en el mercado de la "Nueva Viga", ubicado en prolongación Eje 6 Sur No. 560, Col Aculco, Iztapalapa, a un costado de la Central de Abasto. Lugar seleccionado por ser el centro de acopio y distribución más grande e importante de pescados y mariscos en esta capital y donde se comercializa el producto fresco-congelado¹⁰.

3.1.1 ZONAS DE MUESTREO.

Las zonas de muestreo seleccionadas para la realización del presente proyecto comprenden las playas de Chachalacas y Puerto de Veracruz, por su accesibilidad tanto a información pesquera como a los organismos ahí capturados. También se escogieron diferentes locales en el mercado de la "Nueva Viga", donde se encontraron a la venta tiburones frescos.

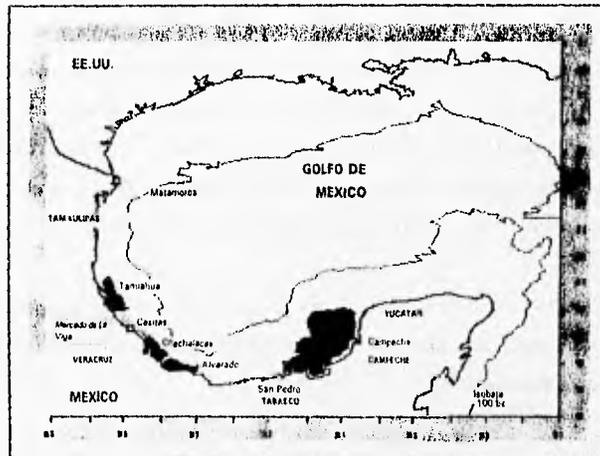


Fig 4 Localización geográfica de las zonas de pesca de tiburones en el Golfo de México. (Programa "Tiburón", INP, 1995) y zonas de muestreo.

En referencia a la Cd. De México, se trabajó en el mercado de la "Nueva Viga", ubicado en prolongación Eje 6 Sur No. 560, Col Aculco, Iztapalapa, a un costado de la Central de Abasto. Lugar seleccionado por ser el centro de acopio y distribución más grande e importante de pescados y mariscos en esta capital y donde se comercializa el producto fresco-congelado¹⁰.

3.1.1 ZONAS DE MUESTREO.

Las zonas de muestreo seleccionadas para la realización del presente proyecto comprenden las playas de Chachalacas y Puerto de Veracruz, por su accesibilidad tanto a información pesquera como a los organismos ahí capturados. También se escogieron diferentes locales en el mercado de la "Nueva Viga", donde se encontraron a la venta tiburones frescos.



Fig 4 Localización geográfica de las zonas de pesca de liburones en el Golfo de México. (Programa "Tiburón", INP, 1985) y zonas de muestreo.

MATERIAL Y MÉTODO.

3.2.1 Trabajo de Campo.

Se obtuvieron muestras de 47 tiburones de las especies *Carcharhinus limbatus* y *Rhizoprionodon terraenovae*, colectadas en el período que comprende de agosto de 1994 a abril de 1995. De cada tiburón muestreado en las playas de Chachalacas y Veracruz se obtuvieron muestras de cerebro, hígado, páncreas, riñón, branquias (lado izquierdo) y músculo (lado izquierdo) siempre que esto fue posible. Dicha colecta se realizó mientras los animales eran desembarcados y antes de ser eviscerados por los pescadores y así evitar alguna posible contaminación. Datos referentes a talla, sexo, localidad y fecha fueron registrados para cada organismo.

Para el caso de los escualos obtenidos en el mercado de "La Nueva Viga", sólo se obtuvieron muestras de cerebro, branquias (lado izquierdo) y músculo (lado izquierdo), debido a que son animales que llegan eviscerados para su venta y comercialización. Al igual que para los tiburones obtenidos en las costas, se tomaron registros de talla, sexo, fecha del muestreo y lugar de procedencia, haciendo la selección de los diferentes locales de manera aleatoria.

El número total de muestras obtenidas y analizadas son presentados en el cuadro 1.

Cuadro 1.
Total de muestras obtenidas por tejido para *C.limbatus* y *R.terraenovae*.

<i>Carcharhinus limbatus</i>	3	HEMBRAS	BRANQUIAS	3
			CEREBRO	2
			HIGADO	1
			MUSCULO	2
			PANCREAS	1
	22	MACHOS	BRANQUIAS	21
			CEREBRO	16
		HIGADO	4	
		MUSCULO	19	
		PANCREAS	3	
		RIÑON	2	
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	11	HEMBRAS	BRANQUIAS	10
			CEREBRO	11
			HIGADO	2
			MUSCULO	10
			PANCREAS	2
	11	MACHOS	BRANQUIAS	11
			CEREBRO	11
		HIGADO	3	
		MUSCULO	11	
		PANCREAS	1	
		RIÑON	3	
TOTAL	47			149

Cada muestra fue colectada con material de acero inoxidable (cuchillos y escalpelos) colocando cerca de 10 g del tejido en bolsas de polietileno y refrigerándolas en un rango de -20 a 0°C para su traslado y posterior estudio en el laboratorio.

3.2.2 Trabajo de Laboratorio.

Una vez en el laboratorio cada muestra fue descongelada y deshidratada, posteriormente se pesaron de 0.5 a 2.0 gr. de la misma ya en base seca, los cuales fueron colocados en frascos micro-kjeldahl, para ser digeridos con ácido nítrico y ácido perclórico concentrados y calor controlado no mayor a 80°C. Posteriormente se calentó hasta eliminar la materia orgánica para luego filtrar y aforar a un volumen conocido con agua desmineralizada.

Una vez obtenidas las muestras ya digeridas se procedió al análisis espectrofotométrico para registrar las concentraciones de los metales presentes en dichos tejidos, a partir de la cantidad de luz absorbida por la muestra, empleando el espectrofotómetro de Absorción Atómica modelo 2380.

Se empleó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con flama y generación de hidruros según las especificaciones del fabricante, para cada elemento⁷¹, técnica analítica que permite determinar concentraciones de metales en muestras biológicas en solución.

3.2.3 Trabajo de Gabinete.

Para determinar la confiabilidad del equipo con respecto a las lecturas obtenidas para cada muestra se procedió a elaborar primeramente una curva de calibración empleando 20 µl, 50 µl y 100 µl, que corresponden a 20, 50 y 100 ng^{*} respectivamente, del elemento a medir; esto partiendo de una solución estándar y de concentración conocida (1 mg/l). De esta manera se establece la relación entre la concentración de la solución procesada y la lectura del aparato (dado en unidades de absorbancia).

La determinación de la concentración de As, Hg y Se (Cm) en las muestras de los tejidos empleados se logró aplicando el procedimiento antes descrito de manera inversa, es decir, a partir de la lectura proporcionada por el aparato, se obtiene la cantidad del elemento leído, relacionándolo con su equivalente en nanogramos del estándar (curva de calibración) de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} 100\text{ng. (1ppm)} \text{ ----- } Y_{nm} \text{ (lectura del estándar)} \\ X_{ng} \text{ ----- } Z_{nm} \text{ (lectura de la muestra)} \end{array}$$

^{*}Nanogramos (ng) es igual a $1 \cdot 10^9$ de gramo.

Posteriormente este valor (X) es relacionado con el volumen o alícuota empleada para la lectura (V), con el volumen de aforo de la muestra (A) y con el peso de la misma (Pm); dicha relación es como sigue:

$$C_m = \frac{C_s A}{V P_m}$$

Para el caso de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn, se tomaron las lecturas en concentración (L) dadas por el espectrofotómetro, primeramente calibrado con concentraciones de estándares conocidos (3) dentro de los límites de cantidad mínima detectable para cada elemento. Una vez analizados los estándares, el equipo hace la conversión de las lecturas a valores de concentración (mg/l); para entonces posteriormente calcular la relación entre el volumen de la muestra como se observa en la siguiente ecuación:

$$C_m = \frac{L A}{P_m}$$

donde (Cm) equivale a la concentración del metal en mg/kg. (ppm); (L) a la lectura dada en mg/ml; (A) equivale al volumen de aforo dado en ml. y (Pm) a la cantidad de muestra empleada en gramos base seca.

Ejemplos:

Si la lectura obtenida de cromo es 0.06 mg/ml, la cantidad de muestra empleada fue de 2.30 gr. y se aforó a 25 ml.; la concentración obtenida equivale a 0.652 mg/kg.;

$$C_{Cr} = \frac{(0.06)(25)}{(2.30)} = 0.652 \text{ mg/kg.}$$

* Entendiéndose como aforo al volumen empleado para diluir determinada cantidad de muestra.

Si el metal en vez de cromo fuera mercurio y se hubieran empleado 3 ml. de muestra en la lectura; la concentración equivaldría a 0.168 mg/kg. Con el valor obtenido por el equipo, de los tres estándares, se hace una regresión y se obtiene el factor, el cual es multiplicado por la lectura de la muestra:

$$\begin{array}{l} 100\text{ng} \text{-----} 0.129\text{nm (estándar)} \\ X \text{ ng} \text{-----} 0.06\text{nm (muestra); } x = 46.511\text{ng} \end{array}$$

entonces la ecuación resultante queda de la siguiente manera:

$$C_{\text{Hg}} = \frac{(46.511)(25)}{(3)(2.30)} = 168.518\text{ng/gr. ó } 0.168\text{ mg/kg.}$$

Cabe recordar que a cada muestra le fue restada la lectura del blanco, constituido a partir de los ácidos empleados y así evitar el aporte de metales a través de estos.

Para analizar las diferencias de cada uno de los metales según el sexo y la localidad de procedencia se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Análisis de Varianza de Kruskal-Wallis^{44,82,37}; para el estudio comparativo entre las dos especies, se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov^{44,82,87}, así como prueba de "t" para valores reportados en diferentes especies del mismo orden taxonómico^{82,87}.

Para determinar la relación entre metales y la longitud-edad, se emplearon los modelos de Bransiteter para *C. limbatus*¹⁶ y de Killam-Parsons para *R. terraenovae*⁴⁹ y posteriormente aplicar modelos de regresión simple para las diferentes relaciones tejido-elemento^{44,82,87,57,107}.

3.2.3.1 Límites de detección para enda metal.

Para calcular el límite de detección del equipo, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: peso promedio de las muestras en base seca (2.27 gr.) y volumen promedio de aforo (25 ml) y sensibilidad del equipo, los cuales, de acuerdo a la siguiente ecuación nos proporciona el valor mínimo aceptable de detección, recomendadas por el fabricante⁷¹.

$$C_{md} = \frac{L(A)}{P_m}$$

Donde (L) es igual a la sensibilidad del aparato y (C_{md}) es la concentración mínima detectable según el elemento, dada en mg/kg.

Los valores mínimos de detección obtenidos para los metales aquí estudiados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.
Condiciones estandar y valores mínimos de detección para cada elemento metálico.

As	0.000095 mg/l a 0.005 mg/l	193.7	1.04 ng/kg	0.001 mg/kg
Cd	0.016 mg/l a 0.75 mg/l	228.8	0.028 mg/l	0.307 mg/kg
Cr	0.041 mg/l a 2.00 mg/l	357.9	0.068 mg/l	7.456 mg/kg
Cu	0.032 mg/l a 2.00 mg/l	324.8	0.077 mg/l	0.844 mg/kg
Fe	0.038 mg/l a 2.00 mg/l	248.3	0.10 mg/l	1.086 mg/kg
Hg	2.2 mg/l a 100.0 mg/l	253.7	5.15 ng/l	0.005 mg/kg
Mn	0.03 mg/l a 1.5 mg/l	279.7	0.052 mg/l	0.570 mg/kg
Pb	0.079 mg/l a 4.00 mg/l	283.8	0.19 mg/l	2.083 mg/kg
Se	0.33 mg/l a 15.0 mg/l	196	2.42 ng/g	0.002 mg/kg
Zn	0.011 mg/l a 0.5 mg/l	213.9	0.018 mg/l	0.197 mg/kg

* Establecidos por Park &amp; Co. (1992). ** Para un volumen de aforo de 25 ml. y un peso promedio de muestra de 2.28 gr.

A partir de los valores de sensibilidad establecidos para el equipo se definen los rangos de confiabilidad para cada elemento (cuadro 2), de esta manera cualquier lectura obtenida debe estar comprendida dentro de dicho rango y por lo tanto dentro de la curva de calibración del elemento. Si la lectura rebasa el rango se diluye la muestra, se emplea una longitud de onda de menor sensibilidad o bien, se utiliza menor cantidad de tejido (peso seco en gramos) para que se pueda obtener una lectura dentro del intervalo de confiabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se analizaron 149 muestras obtenidas a partir de branquias, cerebro, hígado, músculo, páncreas y riñón pertenecientes a las dos especies (*Carcharhinus limbatus* y *Rhizoprionodon terraenovae*). De dichas muestras se encontró que 7, 3, 117, 7, 1 y 32 pertenecientes a arsénico, cadmio, cromo, cobre, manganeso y plomo respectivamente, estuvieron por debajo de los límites de detección, valores que por lo tanto aportan cierta incertidumbre (ruido) por encontrarse por debajo de los valores de concentración mínimos detectables por el espectrofotómetro (Cuadro 2).

4.1 *Rhizoprionodon terraenovae*.

4.1.1 Niveles encontrados por tejido.

Se determinaron los parámetros estadísticos correspondientes para cada metal y tejido como se puede observar en el cuadro 3. Tomando los valores promedio para los niveles encontrados en los diferentes elementos se aprecia que la distribución de cada uno de ellos dentro del organismo varía de acuerdo con el tejido analizado (figs. 5, 6 y 7). Debido a las características químicas y físicas de cada metal y del compuesto del que cada uno de ellos esté formando parte, puede verse influida su dispersión dentro del cuerpo, una vez que ha sido asimilado.

Los enlaces químicos, las fuerzas físicas de interacción presentes entre moléculas, la afinidad por determinadas estructuras, las cuales se encuentran determinadas, a su vez, por el pH, la irrigación, la ruta metabólica o bioquímica seguida a su incorporación, provocan una serie de cambios en las formas presentes

de los elementos convirtiéndose en una serie de factores que influyen en la presencia o ausencia, ya sea en un tejido u otro.

La variedad de elementos analizados en este trabajo, diez en total, implican una diversidad de características fisicoquímicas por sí mismos y además el hecho de cuantificarlos en seis tejidos diferentes, que presentan variaciones no sólo histológicas sino también fisiológicas, hacen que la variabilidad en las concentraciones encontradas sea elevada para cada metal.

Se encontró que el arsénico, elemento que se sabe presenta gran afinidad por mucosas y sistema respiratorio, de entre todos los tejidos, presentó una mayor concentración promedio (7.026 mg./kg.) en branquias que en músculo, hígado, páncreas y riñón, siendo superado únicamente por el tejido cerebral (10.48 mg./kg.).

Aunque se reporta que dentro de los efectos que este elemento ha ocasionado en diferentes animales se encuentran algunas alteraciones nerviosas, no queda clara su presencia en el sistema nervioso central de *Rhizoprionodon terraenovae*. Los estudios realizados en peces han puesto de manifiesto que el arsénico sigue dos rutas principales de excreción, la vía branquial y urinaria, siendo la primera la vía principal. Si nosotros observamos el promedio de arsénico presente en el riñón (0.356 mg./kg.) se detecta que éste es más bajo que el encontrado en branquias, permitiéndonos descartar la posibilidad de que la vía urinaria sea la ruta principal de excreción, y sí se reafirma la ruta branquial, ésto contrariamente a lo que ocurre en otros

animales. Estudios realizados en otras especies de tiburones pertenecientes a la misma familia o al mismo orden que la especie aquí estudiada, han revelado que las máximas concentraciones para cerebro (10 mg./kg.), hígado (0.2 mg./kg.), y músculo (6 mg./kg.) superan el límite de letalidad inferior considerado para peces, equivalente a 1 mg./kg.; claro reflejo de la tolerancia que presentan los tiburones a elementos metálicos no esenciales. No existen aún reportes disponibles de arsénico en branquias de escualos por lo cual es difícil decir si los niveles encontrados en este tejido son comunes, haciéndose necesario ampliar su estudio y poder lograr así establecer valores de referencia o bien valores de letalidad o tolerancia para esta clase de animales.

Sabemos que el arsénico en exposiciones prolongadas ejerce acciones de tipo mutagénicas, cancerígenas y teratogénicas, así como lesiones en mucosas por lo que no podemos descartar algún efecto en los tejidos estudiados.

Las branquias junto con la piel son reflejo importante del contacto directo de los animales con el medio ambiente haciendo que la posibilidad de adquisición del arsénico a partir de la columna de agua se vea incrementada, ya que cerca de 50% de éste, se asimila por respiración y alimentación. *Rhizoprionodon terraenovae* es una especie que se alimenta de entre otros animales de crustáceos y moluscos, los cuales actualmente se sabe acumulan arsénico, por lo que pueden estar aportándolo de manera considerable.

Comparando los niveles de arsénico encontrados en cerebro, hígado y músculo de *R.terraenovae* con los reportados en tiburones, se observa que para el caso de hígado y músculo los niveles estuvieron por

debajo de los mencionados en la literatura (Cuadros 3 y 4), mientras que en el cerebro, el valor se observó dentro de lo ya reportado.

El cadmio presentó una mayor acumulación en riñón e hígado, tejidos por los que presenta gran afinidad en otras especies animales^{(9), 102}. Es un elemento que logra distribuirse por todo el cuerpo a través de la sangre, lo cual puede explicar su presencia en los tejidos altamente vascularizados y en menor cantidad en los "menos" irrigados (fig., 5). Se sabe que los moluscos y crustáceos concentran al cadmio, ya que han mostrada niveles mucho más altos que en el agua de mar donde habitan, ésto podría significar que el alimento es parte importante en la vía de adquisición del cadmio en esta especie, aunque su presencia en branquias puede significar una ruta de asimilación paralela. Los niveles tan altos encontrados en riñón e hígado comparándolo con los otros tejidos, nos permite suponer que por otra parte el riñón es el que participa en la regulación interna del metal, acumulándolo hasta cierto grado para su excreción, mientras que el hígado parece participar en la metabolización.

El estudio en tiburones ha revelado niveles elevados de cadmio (más de 24 mg./kg.) en hígado y riñón (más de 2.5 mg./kg.) posible reflejo de exposiciones prolongadas o de exposiciones a concentraciones elevadas.

El cadmio ha sido reportado también en branquias, cerebro, músculo y páncreas de tiburones (Cuadro 4); comparando los reportes más altos encontrado en esos organismos contra los niveles aquí obtenidos, se puede observar que en branquias y cerebro de *R. terraenovae*, el cadmio está por encima de lo encontrado en

otros tiburones (1.987 ± 0.358 , $P > 0.05$ y 1.941 ± 0.607 respectivamente); para hígado y músculo estuvo por debajo (2.466 ± 4.034 , $P > 0.05$ y 0.401 ± 0.136 respectivamente) y finalmente en páncreas y riñón sí mostró estar dentro de lo reportado para dichos tejidos (0.804 ± 1.382 , $P > 0.05$ y 4.249 ± 4.575 respectivamente).

Debido a que esta especie *R. terraenovae* no había sido estudiada anteriormente en lo que respecta a metales, los intervalos encontrados para estos elementos, hasta donde se sabe, son los primeros reportados (Cuadro 5).

El cromo se detectó en todos los tejidos presentando una mayor acumulación en branquias, cerebro y páncreas, lo cual no parece haber sido registrado anteriormente en organismos acuáticos. Al igual que el arsénico, el cromo cuando se encuentra en forma de ácido crómico o de alguna de sus sales llega a actuar sobre membranas mucosas, por lo que su presencia en branquias podría ser explicada, sin embargo el cerebro y páncreas no presentan reportes previos en tiburones esto hace necesario que profundicemos en su estudio para poder comprender los factores que interaccionan en su acumulación y distribución. Sindermann (1989) y Heat (1987) encontraron que el cadmio, cromo y plomo se acumulan de manera importante en los arcos branquiales, lo cual, al ser relacionado con el hecho de presentar las mismas características que el arsénico es que se puede explicar su presencia en las branquias.

El cromo es un elemento considerado como esencial, por lo que su presencia en los animales es necesaria, adquiriéndose por vía digestiva principalmente, sin embargo se menciona que este elemento a pesar de su esencialidad, a niveles de entre 0.03 y 0.7 mg/kg, ya es letal, al menos para algunos de ellos.

Los niveles aquí encontrados rebasan estos valores de letalidad lo que pone nuevamente de manifiesto una gran tolerancia de parte de los tiburones o bien una marcada adaptación a dichos niveles.

En tiburones del orden Carcharhiniformes, el cromo sólo ha sido reportado en hígado y músculo (Cuadro 5) y al comparar esos niveles con los encontrados en las dos especies estudiadas, se ve que para el músculo la concentración promedio fue mayor que las hasta ahora reportadas (0.58 ± 0.25 , $P > 0.05$); mientras que en el intervalo encontrado para hígado, si se incluye el valor de referencia (0.31 ± 0.17 , $P > 0.05$). Para branquias, cerebro, páncreas y riñón los intervalos encontrados se muestran en el cuadro 5, tejidos que hasta ahora, no han sido estudiados en tiburones del orden antes mencionado al menos para el cromo.

El cobre presentó sus mayores concentraciones en cerebro, riñón, páncreas e hígado, tejidos que ya habían sido reportados como acumuladores de este metal en tiburones, por ser un elemento requerido en diversos procesos metabólicos los organismos vivos hemos desarrollado mecanismos para regular sus concentraciones, tal y como ocurre en algunos peces²⁶. Se ha observado que los niveles de concentración son muy similares entre Condrictios y Osteictios¹¹¹. Aquí se puede apreciar que el cerebro fue el tejido con mayor concentración de cobre en promedio (6.629 mg./kg; lo cual coincide con los resultados de Szefer, P. *et.al.* (1990) quienes reportaron mayor concentración de cobre en cerebro que en riñón y branquias de peces. Por otra parte, un estudio realizado por Vas, P. *et.al.* en 1993, reveló que este metal se acumula preferentemente en hígado de tiburones. Si comparamos los niveles encontrados para hígado con los reportados en la literatura (Cuadro 4), se advierte que este último es mayor que el rango de concentración encontrado en *R. terraenovae* (4.61 ± 1.20 , $P > 0.05$), lo que podría significar que la especie se encuentra expuesta a menores

concentraciones que las especies estudiadas por Vas, P. en aguas del Atlántico Noroccidental, zona donde se llevó a cabo dicho estudio. En lo que respecta a la comparación de los niveles encontrados para el resto de los tejidos con los reportados en tiburones se observa que al igual que ocurre en el caso del hígado, cerebro, músculo y branquias también se presentaron niveles inferiores a los reportados como máximos en otras especies de tiburones (Cuadro 5). El tejido pancreático mostró una concentración superior a lo encontrado anteriormente en tiburones con un rango de 5.41 ± 0.62 mg./kg., y una $P > 0.05$. En el caso del riñón el intervalo de confianza de cobre si incluyó al valor de referencia, por lo que podemos pensar en éste como un valor de referencia de nivel esencial en organismos de esta clase.

Se ha visto que el cobre se acumula más en tiburones de hábitos micronectónicos^{*} que en tiburones piscívoros¹⁰¹, ésto nos haría pensar que existe la posibilidad de que los niveles de cobre en especies no piscívoras, que se encuentren en las regiones costeras del Golfo del México y que presenten los hábitos antes mencionados, serán más altos que los aquí reportados para *R. terraenovae*.

De igual manera se ha observado que además de la alimentación la profundidad influye en la acumulación del cobre, tal vez por la disponibilidad del elemento en dichas zonas, ya que tiburones que viven a profundidades considerables han mostrado acumular menos cobre que los que viven en aguas más someras. Dado que *R. terraenovae* es una especie que se distribuye en un rango promedio de 10 metros de profundidad, los niveles pueden ser considerados como altos, de igual manera, como se ha observado entre algunos otros tiburones costeros y pelágicos¹⁰⁰.

* Tipo de plancton que puede desplazarse de manera independiente con respecto a las corrientes merinas.

Un aspecto importante a considerar es que una concentración de 0.08 mg/kg. de cobre ya es considerada como letal en peces y las concentraciones promedio detectadas en los diferentes tejidos analizados fueron mayores que esta concentración, reafirmándose la idea de tolerancia a metales, lo que parece ser característico en tiburones.

Se sabe que las sales de cobre son venenosas y causan alteraciones en las membranas mucosas así como daños renales, por lo que estudios histológicos y patológicos podrían aportar información importante acerca del posible daño al que pueden estar expuestos los tiburones, en tejidos como branquias, riñón e hígado, o bien, en su defecto revelar adaptaciones desarrolladas para dichos niveles a causa de la exposición al metal.

El hierro es un elemento que se distribuye en todos los órganos a través de la sangre y en el caso del tiburón *R. terraenovae*, se encontró principalmente en branquias y páncreas. La gran irrigación sanguínea que presentan estos tejidos dificulta el poder determinar si los niveles encontrados se deben a una asimilación a partir de las columnas de agua o bien a las cantidades de sangre que los bañan; no obstante no debemos olvidar que las branquias ayudan a reflejar la interacción existente entre el tiburón y el medio que lo rodea.

La toxicidad del hierro en peces solo se ha presentado en forma de hidróxido de hierro III, el cual daña el tejido branquial y afecta la viabilidad de los huevos. Su presencia en tiburones no ha revelado alguna alteración, observándose que varían sus concentraciones en función del tejido, tal y como se muestra en este trabajo.

Comparando los niveles máximos reportados en tiburones del mismo orden o familia taxonómicos, se puede observar que en casi todos los tejidos las concentraciones de hierro estuvieron por encima de las encontradas en otras especies, por otros autores, siendo únicamente el riñón y el páncreas donde se observó que los niveles si se incluían dentro del rango encontrado para esos tejidos (Cuadros 4 y 5).

Comparando los niveles de hierro con el resto de los metales estudiados, se distingue que fueron los niveles de este metal los más altos, siendo el músculo uno de los tejidos que presentó una cantidad de hierro considerable, ésto convierte a la carne de tiburón en una adecuada fuente alimenticia para este mineral.

El mercurio uno de los elementos considerados como no esenciales, se detectó en todos los tejidos, presentando una mayor concentración en músculo y branquias con respecto al resto de los tejidos. El músculo parece ser el principal sitio de acumulación, al menos en peces, lo que queda ratificado en este caso. El mercurio también es un elemento que una vez asimilado es distribuido por el organismo a través de la sangre, lo que explicaría su presencia en el resto de los tejidos muestreados.

El hecho de que el músculo sea el sitio de principal acumulación de mercurio lo convierte en un alimento de alto riesgo. Se considera que este metal alcanza elevadas concentraciones en animales depredadores, lo cual es conocido como bioacumulación o biomagnificación y que se ha observado que se presenta a lo largo de la cadena trófica, siendo el tiburón el último eslabón, se convierte así en uno de los principales acumuladores.

El mercurio es el metal más estudiado en peces y tiburones; y sus investigaciones han revelado que los niveles que se pueden encontrar varían de manera significativa según la especie de la que se trate^{39,47,57,63,107,108}

Se sabe que existen cuatro rutas principales por las que una sustancia puede entrar a un pez: branquias, comida, agua bebida y piel; en el caso de los metales se asume que la mayoría de ellos son absorbidos en su forma iónica, siendo el metilmercurio la excepción. Cuando el mercurio se encuentra en su forma metilada adquiere la capacidad de traspasar las membranas biológicas o celulares logrando unirse a los grupos sulfhidrílicos (-SH) de las proteínas, esta característica es la que le proporciona al metilmercurio el carácter de el más tóxico y peligroso para los animales.

La asimilación del mercurio principalmente se lleva a cabo a través de la digestión (cerca de un 95%) y en menor proporción a través de las branquias (cerca del 7% para el caso de metilmercurio). Sin embargo existe evidencia de que el mercurio, el cual generalmente se encuentra metilado en los tiburones y otros animales, debe estar en forma dimetilada antes de ser excretado, observándose que en peces la vía principal de eliminación son las branquias. Para el caso de *R. terraenovae* el tejido branquial fue el segundo en la acumulación de mercurio (0.65 mg/kg.) apoyando lo ya reportado en peces. Por otra parte al observar el nivel del metal en riñón (0.42 mg/kg.) éste no parece ser muy diferentes con el encontrado en branquias, por lo que se podría asumir que la vía urinaria también parece estar participando en su eliminación, de la misma manera que se ha observado en otra clase de peces, incluso en el hombre.

El mercurio al ser un elemento no esencial cualquier cantidad por mínima que se presente significa un riesgo a la salud. Es posible que los tiburones puedan estar sufriendo alguna alteración en su sistema nervioso central y en la capacidad osmoreguladora, así como deficiencia respiratoria por daño branquial a causa de la exposición al mercurio. Esto puede estar afectando a una gran cantidad de tiburones no solo en nuestras aguas sino en el mundo entero ocasionando que algunos de ellos no alcancen las etapas reproductivas y, a su vez, se vean afectadas las pesquerías, que en el Golfo de México son muy importantes.

Al realizar la comparación entre los niveles encontrados en *R.terraenovae* y los reportados en otras especies de tiburones se aprecia que todos los tejidos presentaron concentraciones inferiores a las descritas como máximas en especies del Atlántico Norte, Australia, Canadá y Japón (Cuadros 4 y 5). Lo anterior podría ser tomado como una "buena señal", por que representaría que nuestras aguas no se encuentran tan contaminadas de mercurio, como en otras regiones del planeta, sin olvidar claro esta, que el metal se encuentra presente y junto con él su toxicidad.

En lo que corresponde al manganeso se pudo observar una mayor acumulación en riñón y branquias y en menor cantidad en el resto de los tejidos (fig. 6). El manganeso es un elemento considerado como esencial pero a concentraciones de entre 0.75 y 1200 mg./lt. puede ser letal en peces. En tiburones ha sido de los elementos más estudiados y en *R.terraenovae* mostró acumularse en mayor cantidad en branquias, cerebro, hígado y páncreas al compararlo con lo reportado en otras especies de escualos (Cuadros 4 y 5), ocurriendo algo similar en músculo y riñón. Estos niveles al parecer no representan algún riesgo de toxicidad en tiburones^{31,54,59}.

El manganeso se sabe participa en los procesos que tiene que ver con el crecimiento y la reproducción; si relacionamos esta participación con el hecho de que los tiburones presentan una tasa de crecimiento lenta y de reproducción baja, podría pensarse que su presencia en todos los tejidos analizados se debe a que el manganeso podría estar siendo almacenado de manera anticipada para que una vez llegada la temporada de crecimiento o de reproducción, el organismo cuente con el manganeso necesario para llevarlas a cabo; sin embargo es necesario realizar estudios más profundos en muestras de cartilago y gónadas, de tiburones que se encuentren en etapas reproductivas y no reproductivas, para que se pueda apoyar más firmemente esta idea.

De manera similar a como ocurre con el cobre, el manganeso se ha visto que se presenta en menor concentración en especies de tiburones de hábitos pelágicos y de mayor profundidad, lo cual concuerda con *R. terraenovae* que es una especie costera.

Si observamos que la acumulación del manganeso se presenta principalmente en branquias de especies pelágicas¹⁰², al compararlas con *R. terraenovae* se puede ver que ocurre lo mismo, siendo las branquias, en este caso, el segundo tejido en presentar mayor acumulación del mineral.

Los estudios de manganeso en tiburones han mostrado que su presencia esta relacionada con la piel y la captación de calcio en esqueleto, esta relación puede ayudarnos a comprender la presencia del elemento en tejido branquial, ya que éstos están formados por pequeños soportes cartilaginosos compuestos principalmente de calcio que les dan la forma de "abanico" a las laminillas branquiales.

En el caso del plomo se observa que es acumulado principalmente en branquias, cerebro y músculo (fig. 6). Al igual que el manganeso, es un elemento que se le relaciona con la captación de calcio en huesos y cartilago, por lo que no es de extrañarse su presencia en branquias, siempre y cuando los organismos hallan estado expuestos a él. Su principal vía de asimilación en seres vivos ha mostrado ser a través de la respiración, donde cerca del 50% pasa al torrente sanguíneo para posteriormente ser distribuido por todo el organismo y gradualmente depositarse en tejidos blandos y sangre. Tal vez su presencia en cerebro y músculo de *R. terraenovae* se debe a esta capacidad de difusión dentro del organismo.

Por otra parte la orina no es considerada como una vía principal de eliminación de plomo, dado que el promedio presente en riñón fue bajo, se puede pensar que en esta especie de tiburón la regulación a través del riñón es prácticamente nula.

Los niveles de plomo en branquias y cerebro fueron superiores a los reportados en otros tiburones, pero en los casos de músculo, hígado, páncreas y riñón los niveles si fueron similares (Cuadros 4 y 5), permitiéndonos suponer que en los cuatro últimos tejidos, los niveles son mas o menos frecuentes a pesar de ser un elemento no esencial, lo que nos refleja a su vez la exposición a este contaminante incluso en animales de mar abierto u oceánicos.

El selenio fue de los pocos elementos que presentaron mayor acumulación en riñón y páncreas, lo que esta relacionado con su importante participación en el flujo iónico a través de las membranas celulares,

ayudando así a la osmoregulación. Diversos estudios en animales han mostrado que existe una relación entre el selenio y otros metales tóxicos como el mercurio, arsénico y cadmio, donde la relación parece ser de tipo antagonista, es decir, que el selenio posee la capacidad de reducir la toxicidad de los otros elementos^{38,93}. Sin embargo, el selenio también es considerado como un elemento peligroso; un estudio hecho en lobo marino común *Zalophus californianus* reveló que al suministrárseles mercurio a hembras preñadas o que estuvieran en período de alimentación de crías, se prevenían los efectos teratogénicos ocasionados por la exposición a los compuestos de selenio⁶², por lo que podría suponer, que esta interacción entre el selenio y otros metales en tiburones pueda estar relacionada con los procesos de regulación o bien con la tolerancia a altas concentraciones de metales, como se ha podido observar en varios de los casos hasta el momento analizados. El estudio del selenio requiere mayor atención por parte de los investigadores, ya que es de los metales menos estudiados en tiburones.

Comparando las concentraciones detectadas en *R.terraenovae* con los pocos datos que se tienen en otros tiburones, se puede apreciar que en branquias, cerebro y músculo los niveles fueron superiores a los hasta ahora reportados, mientras que en hígado, páncreas y riñón los niveles fueron similares a los reportados en esos tejidos (Cuadros 4 y 5).

El zinc es el elemento que junto con el hierro, se encontró presente en mayores cantidades que el resto de los metales, lo que parece deberse a la tasa de eliminación tan lenta que presenta en los seres vivos.

Se le encontró principalmente en branquias, riñón y cerebro (fig. 7), siendo las branquias y el riñón tejidos que anteriormente ya habían sido reportados como acumuladores en otros animales. En el caso del cerebro no esta bien fundamentada su presencia, por lo que no queda claro cuales pueden ser los factores que puedan estar participando en su acumulación y distribución. El estudio en tiburones ha revelado que el zinc se acumula principalmente en gónadas y órgano epigonal y en mayores cantidades en especies costeras^{92,100}. Comparando las concentraciones aquí encontradas con las descritas en otras especies, al parecer en todos los tejidos, los niveles fueron muy similares a los reportados en otros tiburones, siendo únicamente el tejido pancreático donde se detectara una concentración mayor (Cuadros 4 y 5).

Algo que llama la atención es el nivel de zinc detectado en branquias, que fue de 45.43 mg/kg. en promedio, ya que se sabe que a exposiciones de entre 4 y 21 días a concentraciones de 10 mg/kg. de zinc se presenta inhibición de la respiración en peces⁷⁷, por lo que en *R. terraenovae* pueden estar ocurriendo dos cosas, o presenta una gran tolerancia al metal o bien presenta una alteración branquial que le esta ocasionando una tasa respiratoria mas baja de lo normal y por consiguiente un metabolismo diferente, reflejado a su vez en un debilitamiento general.

4.1.2. Relación entre los niveles de metales y el sexo, longitud total y edad.

La capacidad para concentrar metales de parte de los organismos marinos ha sido correlacionada con diversos factores como son la longitud, el peso, la edad y el sexo; para poder conocer si en *R. terraenovae* existían diferencias significativas entre las concentraciones de metales, detectadas en los diferentes tejidos, en función del sexo se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro 6). Los resultados de dicha prueba nos muestra que no existen diferencias significativas entre los niveles encontrados en machos con respecto a los encontrados en hembras, exceptuando los correspondientes a manganeso en branquias y al hierro en cerebro. En ambos casos las hembras presentaron una mayor concentración, de 13.84 mg./kg. en manganeso y 103.20 mg./kg. en hierro, mientras que en los machos fueron de 8.29 mg./kg. y 68.20 mg./kg. respectivamente. Estas diferencias no quedan explicadas claramente, lo que podría deberse a un posible error de muestreo, ya que en el caso del hierro, las muestras siempre presentaron cantidades de sangre diferentes, influyendo en cierta medida las lecturas realizadas. Por otro parte es bien sabido que los tiburones se encuentran entre los animales que presentan un dimorfismo sexual relacionado con la longitud total, donde las hembras crecen más que los machos, lo que implica una serie de diferencias como son las tasas metabólicas y de crecimiento, relacionadas a su vez con la captación de nutrientes. Estas características al ser ligadas con el hecho de que el manganeso participa en los procesos de crecimiento y el hierro aumenta sus niveles en el organismo, al aumentar éste de tamaño, entonces las diferencias encontradas, estarían relacionadas con la característica de crecimiento de la especie.

Algunas investigaciones realizadas en tiburones, peces vela, atunes y matines, todas ellas especies depredadoras, han puesto de manifiesto que dependiendo del elemento que se analice y del tipo de órgano, se pueden presentar o no diferencias en las concentraciones de metales según el sexo. Ciertos ejemplos como lo son el pez espada *Xiphias gladius*, han mostrado diferencias entre el sexo para concentraciones de mercurio⁶⁵, mientras que el marlin azul del Pacífico *Makaira nigricans* no presenta esta diferencia⁶⁶. Otras especies de peces no han mostrado diferencia en elementos como el cobre y el manganeso¹⁰³. En el caso del tiburón *Galeorhinus galeus* se ha observado que no presenta diferencias significativas en la acumulación de algunos metales como hierro, zinc, cobre, plomo, manganeso y cadmio¹⁰⁰, lo cual a su vez ha sido encontrado en otras especies de tiburones, incluso en otros metales como arsénico, selenio y mercurio⁴¹.

Podemos pensar que *R. terroenovae* es una especie que no presenta de manera general, diferencia en los niveles de metales, tomando al sexo como fuente de variación, y por lo tanto, ambas clases de organismos se encuentran expuestos igualmente a este tipo de elementos, asimilándolos ya sea por medio del alimento que consumen o del medio ambiente en que se encuentran.

Como ha sido observado en diferentes trabajos, la concentración de metales tiende a ser mayor en tiburones grandes y en el caso de algunos peces, la tasa de depuración corporal ha mostrado ser inversamente proporcional a la talla corporal^{39,46}, sin embargo el patrón de acumulación varía en función de la especie y de la longitud total³⁴. Para poder determinar el tipo de relación existente entre los metales estudiados y la talla de los animales, se procedió a aplicar tres modelos de correlación: lineal, multiplicativo y exponencial, para las concentraciones calculadas de cada elemento metálico para cada tejido, contra la longitud total de cada

animal. Tomando el modelo que presentó una mayor correlación (r^2 más alta) para cada caso, se elaboró el cuadro 8, donde se aprecia que dependiendo del tejido, el metal sigue un modelo de asimilación diferente, debido posiblemente a las diferentes necesidades metabólicas o fisiológicas prevaletentes en cada uno de los tejidos. Esto se ha presentado anteriormente en algunos metales como arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc, los cuales no han mostrado una correlación con respecto a la talla, en diferentes animales, mientras que el mercurio y el selenio sí la han presentado⁵⁸. En casos como el Marlin y el Pez Vela, el mercurio ha mostrado estar en función de la talla, lo que también ha sido reportado en el tiburón azul *Prionace glauca*, mientras que en estas mismas especies las tendencias de otros elementos no han podido ser establecidas definitivamente. El mercurio ha mostrado en la mayoría de los casos incrementarse exponencialmente con la longitud en músculo de tiburones^{95,107}, sin embargo, existen especies como *Carcharhinus limbatus* donde la relación parece ser lineal⁵⁷, modelo que también parece ajustarse en *R.terraenovae*.

El hecho de que la acumulación de los metales siga un patrón, en la mayoría de los casos exponencial, implica que la velocidad de asimilación de esos elementos es más alta que la que siguen modelos lineales, lo que se relaciona con la lenta tasa de crecimiento, la gran longevidad y con la posición que ocupan en la cadena trófica, factores que influyen en la bioacumulación.

Otro aspecto importante que hay que señalar, es que en varios de los elementos se presentó una correlación de tipo negativa o inversa (Cuadro 7), este decremento en las concentraciones de metales conforme aumenta de tamaño el organismo, se observa por ejemplo en cadmio, cobre y selenio presentes en el músculo y podrían estar implicando que *R.terraenovae* al aumentar de tamaño va perfeccionando sus

mecanismos de eliminación y excreción. Se sabe que los peces pueden eliminar al menos en algún grado el cobre, cromo, cadmio, mercurio, selenio, arsénico, plomo y zinc y la existencia de una proteína conocida como metalotionina nos puede ayudar a comprender los procesos de eliminación.

La metalotionina parece ser una molécula que actúa en la unión y detoxificación de metales como el cadmio, cobre, mercurio y zinc, y se ha observado que en especies como *Scyliorhinus canicula* (tiburón gato de manchas pequeñas) esta proteína es sintetizada en presencia de cadmio¹³, por lo que se considera que participa en la homeostasis de metales esenciales y en la eliminación de los que no lo son¹⁰⁰.

Otra posibilidad que nos podría ayudar a comprender este decremento de los metales al crecer los tiburones implica que el animal al aumentar de tamaño incrementa su espacio de distribución geográfica realizando viajes más extensos e incluso migratorios a zonas con menor grado de contaminación o con menores niveles de metales en sus aguas, así como el posible cambio de su fuente de alimento, la cual a su vez influye en el aporte de minerales para el tiburón.

Para determinar la relación de los metales con respecto a la edad, se procedió primeramente a calcular la edad aproximada para *R. terraenovae* siguiendo el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy* (fig. 8), el cual nos permite relacionar la edad en años con la longitud dada en centímetros. Una vez obtenidas las edades correspondientes, se procedió a aplicar los modelos de correlación antes descritos (Cuadro 8), observándose que al igual que como ocurre con la longitud, dependiendo del tejido del que se trate, el

*Modelo comprobado por Branstetter, S. (1987) para dicha especie.

elemento sigue un modelo diferente. Al comparar los modelos encontrados para longitud y edad, también se puede apreciar que aún tratándose del mismo elemento en el mismo tejido, no siempre se ajusta el mismo modelo. Algunos metales como el mercurio, cuando lo consideramos en branquia, presenta una correlación lineal con la longitud, mientras que con la edad parece seguir un patrón multiplicativo. Este tipo de ejemplos se han observado en otros tejidos y otras especies; tal es el caso del mercurio en músculo de *S.mitsukurii*, donde se ha encontrado que este metal se incrementa al cubo con respecto a la longitud y linealmente con respecto a la edad²³.

En el caso del músculo de *R.terraenovae* se observa que en ambos casos la relación existente entre el mercurio-edad y mercurio-longitud es de tipo lineal, relación que puede estar presentándose únicamente en esta especie.

También se puede apreciar que en varias de las correlaciones la relación fue negativa, de igual manera que como ocurrió con la longitud.

Cabe mencionar que los modelos presentados para tejidos con número de muestras pequeñas deben ser tomadas con cuidado, debido a que únicamente representan los datos correspondientes a metales en ellas y no lo que ocurre en todas las demás tallas y edades de la especie.

4.1.3. Relación entre los niveles de metales y su procedencia.

Para poder determinar si la procedencia de las muestras proporcionaban alguna variación con respecto a los niveles encontrados para cada metal, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro 9), dando como resultado diferencias significativas para arsénico, cadmio y zinc en músculo; diferencias en arsénico, cadmio y selenio en branquia y diferencias en arsénico y zinc de cerebro respectivamente. En todos y cada uno de los casos, las muestras procedentes del Estado de Tabasco, presentaron mayor concentración de estos metales que los provenientes de las diferentes localidades del Edo. de Veracruz. Podríamos pensar que las aguas costeras del Edo. de Tabasco presentan mayores niveles de metales que las del Edo. de Veracruz, posiblemente debido a una mayor contaminación de las mismas. Las costas mexicanas del Golfo de México cuentan con importantes yacimientos petrolíferos que sin duda no podemos descartar como una de las posibles fuentes contaminantes, a causa de la elevada explotación que se lleva a cabo de los mismos. También es importante considerar el tiempo de permanencia de los organismos en dichas áreas, al igual que el de exposición a los metales. Algunos factores como la temperatura y el pH del agua influyen en las tasas de captación de metales, lo que aunado al hecho de que algunos metales poseen una vida media biológica larga, permiten que la acumulación se vea acelerada y sostenida por periodos prolongados. Por otro lado el hecho de que la eliminación del elemento requiera de tiempos muy largos, podría también significar que los tiburones adquieren los metales en aguas de las localidades que atraviesan, incluso aguas internacionales y la desfortuna de ellos de ser capturados en nuestras aguas, no significa ciertamente que los hubiesen adquirido en las zonas de capturas.

También es necesario considerar la etapa de crecimiento por la que atraviesan los organismos durante su permanencia en determinadas zonas, ya que durante ciertas etapas del procesos, principalmente las de temprana edad, los animales tienden a asimilar mayor cantidad de minerales y nutrientes para poder completar su desarrollo. Otro aspecto importante que requiere de nuestra atención es la actividad industrial y humana que se ha desarrollado a lo largo de las costas del Golfo de México, al igual que lo referente a los afluentes que desembocan en sus costas. Algunas investigaciones realizadas con el fin de determinar las concentraciones de metales pesados en estas zonas, han revelado que el mercurio y el plomo han ocasionado un gran impacto en aguas, sedimentos y algunos moluscos en Veracruz y Tabasco, lo que parece estar relacionado con la marcada actividad industrial de sus costas¹⁰⁵. Otro estudio realizado en moluscos del Sureste del Golfo ha revelado que estos organismos bentónicos acumulan principalmente hierro, zinc y cobre y en menor grado manganeso, plomo, cadmio¹⁰³, implicando la posibilidad de que el alimento sea una de las fuentes principales de metales para *R. terraenovae* en este territorio.

4.2 *Carcharhinus limbatus*.

4.2.1 Niveles encontrados por tejido.

Se determinaron los parámetros estadísticos para cada metal como se observa en el cuadro 10. Partiendo de los valores promedio encontrados para cada metal se aprecia que la distribución varía de acuerdo con el tejido (figs. 9, 10 y 11); lo cual es congruente con lo observado en metales, es decir, dependiendo de las características fisicoquímicas y de las formas en que se encuentra el elemento es que se verá influenciada su distribución interna en los animales.

Los metales son causantes directos de alteraciones en las tasas metabólicas y pueden modificar la actividad motora de los peces^{43,46}, lo que significa que al ser asimilados en ciertas formas químicas y ser distribuidos dentro del organismo, pueden ejercer alguna modificación de manera directa, afectando al organismo, o bien facilitando la posterior incorporación de otros metales, permitiéndoles su deposición en un mayor o menor grado de acuerdo con el tejido y el elemento del que se trate.

En el caso correspondiente a *C. limbatus* se encontró que el arsénico presente en riñón, cerebro y branquias fue mayor que el encontrado en músculo y páncreas, sin ser muy marcada la diferencia entre ellos. El hígado fue el único tejido que presentó una menor concentración de arsénico. Al observar que los niveles presentes en branquias y riñón son muy similares e incluso ligeramente mayores en éste último, la idea referente a que la vía de eliminación principal es a través de las branquias queda en duda. Las diversas rutas

que sigue un organismo para eliminar metales (piel, sudor, cabello, orina, heces, uñas, etc.) nos permitirían suponer que el arsénico es excretado más eficientemente en esta especie, al desarrollar la capacidad de acumularlo y eliminarlo en amplios tejidos, a través de la orina y el filtrado branquial. Otra posibilidad a considerar es que el arsénico puede estar siendo filtrado del agua de mar por las branquias (en vez de eliminarlo lo asimila) en cantidades parecidas a las que se fijan en riñón, sin embargo, los estudios hechos en tiburones muestran que la adquisición de metales se lleva a cabo principalmente por la vía alimenticia¹⁰⁴, por lo que la captación por las branquias debería presentarse en un menor grado.

El nivel establecido como "Limite de letalidad inferior" para peces, equivalente a 1 mg./kg. de arsénico, es superado en todos los tejidos de *C. limbatus*, siendo la concentración más baja detectada del orden de 1.38 mg./kg. para el caso del hígado, convirtiéndose esta especie en una de las tantas especies de tiburones que han mostrado gran tolerancia o resistencia a metales tan tóxicos como el que aquí se menciona.

Al comparar los niveles de metales encontrados contra los reportados en otras especies en cerebro, hígado y músculo, se detecta que *C. limbatus* presentó niveles más bajos, posiblemente a causa de una exposición a niveles inferiores de arsénico en aguas del Golfo de México, a diferencia de los niveles que puedan presentarse en otras regiones del planeta (Cuadros 4 y 11).

El cadmio por su parte, se encontró presente en mayor concentración en cerebro, branquias y páncreas y en menor concentración en músculo y riñón (fig. 9). El cadmio es un elemento que al igual que muchos otros tiene la capacidad de ser acumulado por animales depredadores de larga vida y que se encuentran en el

tope de la cadena alimenticia⁹⁹. El tiburón *C. limbatus* es una especie que se alimenta de cangrejos, langostas y moluscos, animales que han mostrado acumular cadmio a partir del medio que los rodea y pueden estar aportándolo de manera significativa a sus depredadores. La presencia de cadmio en aguas costeras de los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche han mostrado ser superiores al límite máximo permisible para áreas costeras de 0.9 µg/lit. (SEDUE, 1990)¹⁰⁶, lo cual se cree se debe a las descargas de los ríos y a las descargas proporcionadas por las industrias aledañas a las costas. Esta presencia del metal en el agua va a favorecer la captación por parte de los animales que posean la capacidad de filtrar grandes cantidades de agua, quedando a cargo del sistema circulatorio la rápida distribución hacia otros tejidos como cerebro y páncreas. La baja presencia de cadmio en hígado y riñón podría estar mostrándonos la poca capacidad de metabolización y excreción del metal, contrariamente a lo que parece ocurrir para el arsénico. Otras especies de tiburones han mostrado niveles considerables de cadmio en riñón¹⁰⁷, por lo que serían especies que han desarrollado la capacidad de eliminarlo en cierta forma, mejor que la que puede estar presentando *C. limbatus*.

Por otra parte la comparación entre los resultados obtenidos y los encontrados en otros tiburones de diferentes partes del mundo, se muestra que en cerebro, *C. limbatus* acumula más cadmio que las otras especies, mientras que en el hígado y músculo lo hace en menor grado. En los casos de branquias, páncreas y riñón, los niveles si se aproximan a los ya reportados (cuadros 4 y 11).

En lo referente al cromo se encontró que la concentración promedio más alta fue detectada en el tejido branquial y en menor cantidad en el resto de los tejidos (fig. 9). Todos los tejidos mostraron rebasar el rango de letalidad establecido para otros animales, de 0.03 a 0.07 mg./kg.

Las branquias según se ha comprobado, presentan la capacidad de asimilar cromo^{43,88}, por lo que la captación en *C. limbatus* parece ser llevada a cabo principalmente a través de ellas.

Como se observa en el caso de *R. terraenovae*, el estudio del cromo solo ha sido realizado en hígado y músculo de tiburones de la familia Carcharhinidae y la comparación de los niveles encontrados con los mencionados en la literatura, muestra que el músculo de *C. limbatus* almacena más cromo que el de las otras especies, mientras que en el hígado los niveles son muy similares (Cuadros 4 y 11).

El cobre presentó una mayor acumulación en cerebro que en los demás tejidos (fig. 9), patrón que ya ha sido reportado anteriormente en otra clase de peces⁹⁹. En tiburones el hígado a mostrado ser el órgano blanco en la acumulación de cobre, lo que difiere de lo encontrado en esta especie, por lo que se debe de poner más atención en este elemento para comprender los mecanismos involucrados en la captación y distribución corporal.

El cobre es un elemento que como el hierro, zinc, manganeso, plomo y cadmio es acumulado por moluscos bivalvos^{14,15}, como es el caso del ostión *Crassostrea virginica*¹⁰³ lo que significaría que el consumo de organismos similares por parte de *C. limbatus* ocasionarían la adquisición del metal por la vía alimenticia,

que al parecer es la ruta de acceso, ya que las branquias no mostraron acumularlo en una cantidad considerable respecto del resto de los tejidos (fig. 9).

Dentro de los metales que más se han estudiado en tiburones se encuentra el cobre y *C. limbatus* parece acumularlo en menores cantidades en branquia, músculo y hígado y en concentraciones similares en cerebro, páncreas y riñón al compararlo con los encontrados en otras variedades de tiburones (Cuadros 4 y 11). Estas diferencias y similitudes podrían deberse tal vez a diferentes mecanismos de regulación desarrollados por cada especie, al igual que al tipo de alimento disponible, ya que no todas las especies de peces poseen las mismas cantidades de cobre en sus cuerpos, el consumo de uno u otro, permitirá que la disponibilidad del elemento hacia el depredador sea en diferentes cantidades, o bien, la baja densidad de peces o la ausencia de peces en una determinada zona, obligara a los tiburones a consumir otra clase de organismos que tal vez acumulen mayor o menor cantidad del metal.

El hierro en las muestras analizadas de *C. limbatus* mostró ser el elemento esencial más abundante de todos los metales estudiados en el presente trabajo, alcanzando niveles superiores a los 100 mg./kg. El páncreas mostró ser el tejido con mayor concentración (647.60 mg./kg.), mientras que el resto de los tejidos anduvieron dentro del rango de los 200 y 314 mg./kg. respectivamente (fig. 9). Al igual que se pudo observar en *R. terraenovae*, dos de los tejidos mostraron niveles similares a los descritos en otras especies de escualos, siendo estos, el páncreas y el hígado. En el caso de cerebro, músculo y branquias, los niveles de hierro no parecen variar significativamente con los citados en la literatura (Cuadros 4 y 11).

En lo referente al análisis del mercurio se observa que a pesar de ser un elemento no esencial y altamente tóxico, aún en bajas concentraciones, su presencia en los seis tejidos no fue negativa (Fig. 10). El hígado mostró el nivel más elevado de mercurio con 7.77 mg./kg. en promedio, en tanto que en branquias, cerebro, músculo, páncreas y riñón estuvieron dentro del rango de 0.22 a 4.01 mg./kg. respectivamente. Se ha comprobado en diversas investigaciones que el mercurio tiende a concentrarse en diferentes partes del organismo dependiendo de las condiciones que prevalezcan en ese momento, como son la acidez, temperatura, edad, fisiológico, edad y la presencia de otros metales, como el selenio.

Dentro de los principales tejidos en donde se acumula, se encuentran el riñón, hígado y músculo, tejidos altamente vascularizados, que al parecer lo extraen de la sangre para incorporarlo en sus estructuras tisulares. Algo importante que se presenta es que el nivel de mercurio encontrado en músculo de *C. limbatus* fue inferior al descrito en hígado y branquias. Dado que el músculo es el tejido donde se sabe, se acumula principalmente el mercurio, al menos en peces, el hecho de encontrarse en menor proporción que en el resto de los tejidos, nos estaría hablando de que los tiburones muestreados no estuvieron expuestos al metal por lo menos en un tiempo considerable, permitiéndoles redistribuirlo al hígado para ser metabolizado y posteriormente eliminado. Esto tendría gran significado ya que implica que los animales pescados en nuestro territorio no están expuestos a la contaminación por mercurio, al menos en las aguas territoriales pertenecientes a los Estados representados en este estudio.

La comparación entre los datos proporcionados por otras especies de tiburones con los encontrados en *C. limbatus*, nos muestra que los detectados para nuestro caso no parecen variar significativamente,

exceptuando los valores referentes a branquias, donde el nivel encontrado fue mayor que el reportado en las otras especies (Cuadros 4 y 11).

En el manganeso se encontró que su distribución en los diferentes tejidos no supera el nivel de 6.7 mg/kg. La branquia fue el tejido que mostró mayor concentración de manganeso. Si recordamos que estos niveles se relacionan con el calcio presente en las estructuras de soporte de las branquias, su presencia en esta clase de tejidos, no implica necesariamente que se deba a su captación a partir del agua que las atraviesa.

El manganeso como ya se mencionó participa en los procesos de crecimiento y reproducción; *C. limbatus* alcanza tallas de alrededor del metro y medio de largo lo que nos permite suponer que el nivel del metal debe ser inferior al encontrado en otros animales de menor tamaño; ya que si el tiburón ha completado su desarrollo o está por hacerlo, ha consumido las cantidades necesarias de manganeso y la necesidad de acumularlo se ve disminuida, por lo que su detección es a niveles inferiores; sin embargo una especie que alcanza una talla inferior a la alcanzada por *C. limbatus*, debe de completar su crecimiento en menor tiempo y deja de acumular el metal en un periodo más corto. Entonces, cabe preguntarse ¿por qué hay mayor nivel de manganeso en especies de menor tamaño?, la explicación podría estar dada por la etapa reproductiva. El tiburón que ya completo su crecimiento se encuentra en la etapa reproductiva, por lo que requiere la presencia del manganeso para poder llevarla a cabo y este requerimiento tal vez sea superior al que se presenta en las etapas de crecimiento, rebazándose así los niveles presentes en especies de mayores tallas, las cuales para entonces no han concluido su crecimiento.

El manganeso se encontró en mayor cantidad en branquias, cerebro, hígado y páncreas con respecto a lo reportado para esos tejidos, en otros tiburones del mismo orden, siendo únicamente similares los encontrados en riñón y músculo, lo que colocaría a *C. limbatus* como una de las especies que más acumulan manganeso comparándola con las especies más cercanas a ella y que hasta ahora han sido estudiadas.

El plomo por otro lado, mostró acumularse principalmente en riñón, mientras que su distribución en los demás tejidos no mostró ser muy diferente (fig. 10). La presencia del plomo en riñón podría correlacionarse con la eliminación del metal a través de la orina, sin embargo, la eliminación a través de las vías urinarias no es considerada como una de las principales en los animales, haciéndose un poco dudosa su presencia en este tipo de tejido.

El plomo ha mostrado ser un agente tóxico también para los peces, entre los daños que se ha visto que ocasiona se encuentran, lesiones en branquias y riñón, por lo que no se descartan posibles efectos en órganos de *C. limbatus*.

Los tejidos que mayor acumulación presentaron al ser comparados con las concentraciones establecidas en distintas especies de tiburones, fueron el cerebro, branquias y músculo, al encontrarse por encima de las reportadas para esos tejidos; mientras que el hígado, páncreas y riñón mostraron poca diferencia (Cuadros 4 y 11).

El plomo presente en el ostión *C.virginica*, distribuido en las costas de Tabasco y Campeche ha mostrado un incremento, en un lapso de entre uno y doce años, de cerca del 2000%, superando el valor máximo permisible establecido por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos de Norteamérica en 1987, correspondiente a 0.2 µg./gr.¹⁰⁶, lo cual parece deberse a la distribución atmosférica que presenta este elemento y a las corrientes marinas que arrastran al contaminante a lo largo de los litorales, permitiendo que cualquier organismo que habite esas áreas quede expuesto al plomo, acumulándolo, lo que representa un riesgo para su empleo como alimento, no solo de especies bentónicas filtradoras.

El selenio es un elemento que en *C.limbatus* mostró una mayor presencia en riñón y páncreas, lo que compagina con su participación en los procesos de osmoregulación y equilibrio osmótico. El selenio también se detectó en branquias, cerebro, hígado y músculo, solo que en menores cantidades.

La presencia del selenio en los tiburones parece estar ligada también a la presencia de otros elementos metálicos, relación que muy posiblemente este involucrada en los procesos de neutralización de la toxicidad de los elementos, como lo ha mostrado Martin, J.H, *et.al.* (1976) en su estudio de la relación entre el mercurio y el selenio en lobos marinos.

El zinc volvió a mostrar ser de los elementos que más se acumulan en tiburones al igual que el arsénico y el cobre, como ha sido demostrado en investigaciones anteriores^{95,99,100,101,102}.

Los niveles de zinc rebasaron los 20 mg/kg., siendo el páncreas el tejido con mayor concentración (91.94 mg/kg.). Este elemento es considerado como esencial, entre otras cosas, por formar parte de ciertas enzimas, dentro de las que se encuentran las carboxipeptidasas, enzimas secretadas por el páncreas para actuar en el intestino y generar oligopeptidos⁴, razón por la cual la presencia de zinc en este tejido es explicada.

Esta relación que se presenta entre el zinc y la actividad digestiva del intestino nos lleva a considerar que el tiempo de alimentación y digestión puede ser un factor que influya en la cantidad de metal que pueda ser obtenida en determinado momento, ya que un animal que se encuentre en ayuno, presentará mayor nivel de zinc en páncreas, que uno que halla acabado de realizar la digestión y por lo tanto haya consumido también el zinc, empleándolo durante el proceso de degradación del alimento.

Por otra parte los niveles de zinc encontrados en *C. limbatus* mostraron ser poco diferentes de los encontrados en otros tiburones, siendo el músculo el único tejido donde se presentó un nivel mayor que lo reportado (cuadros 5 y 12). Por lo tanto podemos pensar que los valores encontrados en los otros tejidos podrían representar los valores aproximados a los de nivel esencial presentes en tiburones.

4.2.2. Relación entre los niveles de metales y el sexo, longitud total y edad.

Para determinar si existen diferencias significativas entre las concentraciones de metales y el sexo se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro 13), la cual dio como resultado que en músculo y cerebro no se

⁴Denominación que reciben las cadenas cortas de aminoácidos.

presentan diferencias en ningún elemento, mientras que en branquias si se presentaron, esto en tres de los elementos, cromo, mercurio y zinc, de los cuales, el nivel del mercurio fue mayor en machos que en hembras (7.5 mg./kg. y 0.46 mg./kg. respectivamente), de manera similar a lo que se ha reportado que ocurre en algunos tiburones martillo⁵⁷.

C. limbatus es una especie que al parecer presenta un comportamiento de segregación sexual, al observarse que las hembras y los machos viajan formando cardúmenes separados, atravesando zonas oceánicas diferentes, por lo que la exposición a los elementos metálicos presentes en el mar dependerá de las zonas que sean recorridas. De manera general se puede ver que la diferencia entre sexos solo se presentó en las branquias, quedando descartada alguna posible diferencia en las dietas y apoyándose únicamente la idea de asimilación y filtración branquial.

El cromo y zinc que también mostraron acumularse de manera diferente en machos y hembras, se presentaron en mayor proporción en hembras.

Dado que las diferencias entre sexos fueron en su mayoría nulas (3 de 30 casos), podemos pensar que al igual que *R. terraenovae*, *C. limbatus* no es una especie que acumule metales de forma distinta según el sexo del que se trate.

Al igual que el sexo, la longitud y la edad han mostrado ser factores determinantes en los niveles de metales en algunas especies de peces^{31,42,43}.

Para poder determinar en que magnitud influyen estos factores en *C. limbatus* se aplicaron los modelos correspondientes de correlación de la misma manera que en el caso de *R. terraenovae* (ver "Relación entre los niveles de metales y el sexo, longitud total y edad" para *R. terraenovae*). Los resultados obtenidos muestran que el comportamiento seguido por cada elemento varía según el tejido en el que se encuentre, tanto en su relación talla-metal como en la relación edad-metal (Cuadros 13 y 14), lo que concuerda con lo señalado en diferentes estudios.

Un aspecto interesante que se puede apreciar es que el mercurio parece seguir un modelo exponencial en músculo, lo que concuerda con un estudio realizado en 1984 por Lyte, J.M. en la misma especie, donde se mostró que la relación existente entre el tejido y el metal se ajustaba mejor a este tipo de modelo multiplicativo, de acuerdo a la siguiente ecuación $h=(1.39 \cdot 10^4)L.T^{2.96}$ ($r=0.901$, $p < 0.01$). *C. limbatus* es una especie que presenta una amplia distribución en el planeta (fig.1), lo cual implica que las poblaciones de la especie en los diferentes mares se encuentran expuestas a diferentes niveles de mercurio, ya sea por causas de origen natural o humano, viéndose obligadas a desarrollar diferentes mecanismos de regulación del metal, al igual que se modifican las formas de asimilación, las cuales estarán directamente relacionadas con las características abióticas (pH, oxígeno disuelto, salinidad, etc.) que predominen en esos momentos. De tal forma que el modelo que es seguido en músculo de *C. limbatus* del Golfo de México y de la costas del Atlántico Noroccidental, parece ser muy similar con respecto al encontrado en organismos de aguas del Norte de Australia (Fig. 125), no afectándose al parecer la forma y velocidad de asimilación por los factores antes mencionados.

Algo que no debe de olvidarse es que el modelo exponencial determinado en este trabajo, implica que la velocidad de acumulación del mercurio es mayor que la que sigue un modelo lineal, lo que podría representar una mayor presencia del metal en las aguas del Golfo y que los tiburones lo están incorporando en función de la disponibilidad existente. Se maneja que cerca del 30% de los ríos y lagunas del Golfo de México están contaminadas con mercurio y plomo, primordialmente en ríos de Veracruz y Tabasco¹⁰⁶, los cuales aportan cantidades considerables de los metales diariamente.

En lo referente a las relaciones negativas o inversamente proporcionales, también estuvieron presentes en *C. limbatus* pero mostrando diferencia con lo encontrado en *R. terraenovae*, por lo que la capacidad de eliminación y regulación de metales parece depender de la especie.

Para la obtención de la edad relativa de *C. limbatus*, se aplicó igualmente el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (fig. 8), tomando los parámetros encontrados por Killam y Parsons (1989).

4.2.3. Relación entre los niveles de metales y su procedencia.

Para *C. limbatus* las diferencias encontradas según su procedencia fueron para cadmio, hierro y plomo en músculo; cromo, manganeso y zinc en branquias y cromo, manganeso y selenio en cerebro (Cuadro 15). La localidad que mostró mayor concentración de dichos metales fue el Edo. de Tabasco, con 473 mg./kg. de hierro y 0.45 mg./kg. de cadmio para músculo, localidad que ha mostrado tener altos índices de cadmio y plomo en moluscos que habitan sus lagunas costeras.

Tamaulipas mostró un mayor aporte de cromo y zinc en branquias, mientras que Veracruz lo hizo para manganeso, por lo que un estudio que determine la presencia de estos metales en el agua de dichos Estados podría explicar estos resultados.

Veracruz fue el Estado que presentó mayor cantidad de cromo, manganeso y selenio en cerebro de *C. limbatus*, aunque la presencia de cromo si ha sido reportada en organismos de las costas de Veracruz, no queda bien clara su diferencia con respecto a la de las otras localidades. Esto mismo ocurre para manganeso y selenio. El monitoreo de metales en aguas del Golfo debe ser considerado ya por parte de las autoridades, para que sea posible realizar seguimientos de los mismos en la flora y fauna, y se pueda determinar así el impacto ecológico de dichos cambios y podamos saber que tanto se ven afectados los niveles de metales en los tiburones que habitan en nuestras aguas.

4.3 Análisis comparativo de metales según la especie.

Como se ha venido mencionando, los patrones de acumulación de metales en los seres vivos varían también en función de la especie. Los tiburones han mostrado acumular metales a ritmos y cantidades diferentes dependiendo de la clase de organismo del que se trate, se ha observado que los niveles de mercurio presentes en músculo, cambian significativamente dependiendo de la especie¹⁰⁷, incluso se ha presentado en niveles de elementos esenciales como el manganeso⁴¹.

Para poder determinar si las concentraciones de metales en los diferentes tejidos presentan alguna variación considerable en función de la especie, se realizaron tres comparaciones, aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Primeramente se comparó los niveles de metales detectados en las hembras de *C. limbatus* y *R. terraenovae* (Cuadro 16); posteriormente los niveles presentes en machos (Cuadro 17) y finalmente entre sexos combinados (Cuadro 18). Observando los resultados obtenidos en la comparación entre hembras, se pudo apreciar que en solo dos de los casos hubo diferencias significativas, esto en los niveles de plomo presentes en branquias y cerebro. En branquias *R. terraenovae* presentó un promedio de 4.12 mg./kg., mientras que *C. limbatus* un promedio de 2.69 mg./kg.; al considerar que *R. terraenovae* es una especie que vive más cercanamente de las costas y a menores profundidades, se puede decir, que como resultado de esta cercanía, queda expuesta a aguas con mayor contaminación de plomo. Esta contaminación proveniente de las actividades humanas y de procesos naturales, probablemente va disminuyendo conforme se difunde mar adentro, permitiendo que las especies que habitan en aguas más alejadas a la costa y por consiguiente más profundas, queden expuestas a menores concentraciones del plomo. Por otra parte, la diferencia encontrada en el caso del tejido cerebral mostró ser mayor en *C. limbatus*, que presentó una concentración de 2.29 mg./kg. (*R. terraenovae* mostró un nivel promedio de 1.76 mg./kg. de plomo para el mismo tejido). Por ser un tejido interno, la presencia del plomo únicamente puede ser explicada por su incorporación a partir de la sangre circundante; para que el plomo pudiera encontrarse circulando en la sangre, es necesario que el tiburón haya estado expuesto al mismo previamente, para tener así el tiempo suficiente para poder asimilarlo. Si consideramos que ambas especies de hembras, se encuentran expuestas en cierta manera al mismo nivel de contaminación de plomo y que la incorporación de este metal se lleva a cabo más rápidamente en *C. limbatus*,

mientras que *R.terraenovae* permanece más tiempo expuesto a la contaminación, por permanecer en estas zonas, entonces podríamos comprender el porque de estas diferencias en ambos tejidos.

Los demás tejidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas, aunque cabe recordar, que los tamaños de muestra para el caso de las hembras fueron más pequeños y solo nos permitieron darnos una idea de lo que puede estar ocurriendo, más no representa el comportamiento presente en toda la población.

La comparación entre machos de ambas especies reveló, por su parte, que en branquias, cerebro y músculo si hay diferencias significativas. Las branquias mostraron una mayor acumulación de arsénico y cadmio (5.97 y 1.68 mg./kg. respectivamente) para *R.terraenovae* y menor concentración de mercurio (0.57 mg./kg.), mientras que *C.limbatus* presentó niveles más bajos en los primeros elementos (3.97 y 0.67 mg./kg. respectivamente) y en mercurio más alto (7.56 mg./kg.). Inmediatamente se pensaría que la especie más pequeña (*R.terraenovae*) se encuentra expuesta a mayores niveles de arsénico y cadmio, mientras que lo hace en menor grado para el mercurio. El arsénico al ser un elemento que es excretado por las branquias puede estar reflejándonos la elevada interacción entre el metal y *R.terraenovae*, por estar siendo eliminado en mayor cantidad que en *C.limbatus*. En el caso del mercurio al no poder seguir el mismo mecanismo de eliminación, su detección en este tejido se deberá a la exposición directa del elemento, presente en el agua que atraviesa las agallas. Siendo el mercurio un metal que presentó una velocidad de asimilación más rápida en *C.limbatus* que en *R.terraenovae* (Cuadro 13), su captación es mayor en menor tiempo. Los tiburones de mayor tamaño poseen la capacidad de consumir peces de menores tallas que la de ellos, pero que a su vez ocupan un nivel

elevado en la cadena trófica. Al alimentarse de ellos expulsan fragmentos de la comida y sangre, a través de las branquias, siendo posiblemente este contacto entre branquias y sangre, la explicación a un aporte mayor de mercurio en *C. limbatus*, al considerar que *R. terraenovae* se alimenta de animales más pequeños y que contienen menores concentraciones de mercurio. La permanencia de una especie u otra dentro de una determinada área geográfica, por un tiempo prolongado, también influirá en las diferencias encontradas.

En el cerebro se presentaron diferencias significativas en plomo y selenio; en ambos casos *R. terraenovae* mostró mayor acumulación que *C. limbatus* (Cuadro 17). A diferencia de lo que ocurre en las hembras de *C. limbatus*, los machos posiblemente se deben de estar desplazando dentro de áreas con menor grado de contaminación de plomo y con menores niveles de selenio, permitiendo que los machos de *R. terraenovae*, que si se encuentran permanentemente dentro de dichas zonas, incorporen mayores cantidades de dichos elementos en su organismo y lo distribuyan en sus tejidos, siendo el cerebro el tejido donde se presenta la mayor discrepancia.

El músculo mostró diferencias en mercurio y zinc, siendo en ambos casos, mayores las concentraciones presentes en *C. limbatus*, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Glover, J.W. (1979), que muestran que los tiburones de mayor tamaño acumulan mayores concentraciones de metales en músculo.

La comparación realizada entre ambas especies estudiadas, sin importar los sexos (Cuadro 18), reveló que cinco de los metales presentaron diferencias significativas en branquias; de estos cinco elementos: arsénico, cadmio, cromo, manganeso y mercurio, los cuatro primeros mostraron acumularse más en

R.terraenovae, siendo el mercurio el único en presentarse en mayor cantidad en branquias de *C.limbatus*, al parecer, por la tasa de asimilación que éste presenta. Marcovecchio, J.E. *et.al.*, (1986) menciona que la extracción y bioacumulación del mercurio a través de las branquias, es mayor cuando se tiene una alta tasa metabólica y se es extremadamente móvil, como resultado del filtrado de miles de litros de agua en tiempos muy cortos. *C.limbatus* es una especie que presenta gran movilidad y rapidez, a tal grado, que se le ha observado que posee la capacidad de saltar fuera del agua, lo cual requiere de gran velocidad y fuerza. Los niveles presentes de mercurio en sus branquias parecen estar también relacionados con esta movilidad.

Si consideramos a *R.terraenovae* como una especie demersal-costera y *C.limbatus* como una especie pelágico-costera, las diferencias encontradas concuerdan con lo reportado por Vas,P. en 1991 en su trabajo sobre metales en tiburones de aguas del Atlántico, donde menciona que las primeras, acumulan más elementos metálicos que las especies pelágicas. Como estas diferencias se presentan en branquias, esta característica sin duda alguna, es influida o depende del medio ambiente en que se encuentren distribuidas las especies de tiburones.

También se encontraron diferencias significativas en arsénico, cromo, selenio y zinc en cerebro, siendo nuevamente más altas, las concentraciones presentes en *R.terraenovae*, lo que vuelve a poner de manifiesto, que existe un decremento en los niveles de metales debido a cambios en la dieta y al hábitat batimétrico.

El músculo es el otro tejido que presenta diferencias en los niveles de hierro, mercurio, manganeso y zinc. En este caso, todos los elementos mostraron una mayor acumulación en *C. limbatus*, elementos que en el tejido muscular, no parecen estar influenciados por la profundidad en que habita el tiburón, sino en el tipo y cantidad de alimento que consume; incluso se ha reportado que *C. limbatus* llega a alimentarse de otras especies de tiburones más pequeñas, del género *Mustelus* y *Rhizoprionodon*²⁶, esto hace que los niveles de metales presentes en estos cazones sean incorporados a los ya existentes en *C. limbatus*, viéndose incrementados, principalmente en el caso del mercurio. El hierro se sabe que aumenta sus niveles al incrementarse el tamaño de los organismos y el manganeso y zinc muy posiblemente se estén presentando en mayores concentraciones debido a las necesidades metabólicas de la especie.

De estas comparaciones podemos concluir que los niveles de metales presentes en *C. limbatus* y *R. terraenovae*, dependerán de la profundidad en la que habiten, del tamaño de los organismos, del tipo y cantidad de alimento que consuman, de la movilidad que desarrollen, al igual que del tiempo de permanencia en determinadas zonas que sean más ricas o no en determinados metales.

4.4 Determinación del Factor de Riesgo para el consumo de As, Cd, Hg y Pb.

Se estima que los primeros efectos relacionados con la ingestión diaria a largo plazo de arsénico, cadmio, mercurio y plomo deberían producirse a niveles de ingesta de 0.05 mg./kg. de arsénico, 8.3 µg./kg. de cadmio, 3.0 µg./kg. de mercurio y 2.5 mg./kg. de plomo respectivamente; con una alta probabilidad de que se

presente algún efecto en la salud, con esos niveles de ingestión. Estas cifras son aplicadas a personas adultas, por lo que no debemos olvidar que otras etapas como lo son la prenatal é infantil, pueden ser más sensibles⁶⁹.

Para determinar el riesgo en el consumo de carne de *C.limbatus* y *R.terraenovae*, se tomaron los valores antes mencionados para arsénico, cadmio, plomo y mercurio, establecidos por el comité mixto de la FAO/OMS (1972) y el promedio encontrado en músculo en el presente trabajo, para esos elementos.

Se obtuvieron los valores correspondientes a la cantidad mínima necesaria de carne de tiburón, cuyo consumo pueda producir alguna alteración en el organismo (Cuadro 18). De estos valores, podemos apreciar que una persona adulta de 70 kg. de peso en promedio, necesita consumir más de un kilogramo de carne de *C.limbatus* o poco más de 900 gr. de carne de *R.terraenovae*, al día para sufrir algún efecto ocasionado por la intoxicación de arsénico. Se necesitaría consumir casi el kilo y medio de carne de ambas especies, por semana, para que se presente la alteración a causa del cadmio y más de 50 kg. por día para presentarlo por los niveles de ingesta de plomo.

El único riesgo que podría presentarse sería en el caso del mercurio, ya que el ingerir aproximadamente 70 gr. de carne de *C.limbatus* y cerca de 280 gr. de músculo de *R.terraenovae*, se podría manifestar algún síntoma de intoxicación, aunque cabe recordar que se refieren a valores mínimos necesarios de consumo en base seca. Esto no implica necesariamente que el ingerir tales cantidades de carne, provenientes de los tiburones, llegue a ser de carácter letal, ya que además de las cantidades de metal asimiladas, intervienen una gran diversidad de factores, como lo son: edad del individuo, estado nutricional, resistencia inmunológica,

estado de salud general, el fumar, etc., factores que permitirán que una persona se vea afectada más seriamente que otra que no presenta estas características.

Un estudio referente a las cantidades de tiburón y cazón que son consumidos en el Distrito Federal, en algunas zonas costeras, nos permitiría saber el grado de exposición que las poblaciones tienen a estos elementos, a causa de la alimentación a partir de la carne de tiburón; determinándose así las zonas que más se encuentran expuestas y que serían las más afectadas, en caso de superar los niveles de cantidad mínima de consumo. Las comunidades de pescadores y ciertos poblados costeros, podrían estar siendo afectados a causa del consumo del producto de sus pesquerías, por lo que es necesario poner mayor atención en este punto y poner mayor énfasis en las especies de mayor pesca, no solo de tiburones, sino también de escama, al igual que de moluscos y crustáceos.

De manera general se puede apreciar que se necesitaría consumir cantidades considerables de carne de estas especies y además hacerlo periódicamente para que se presente algún síntoma de intoxicación.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES.

A través de los análisis espectrofotométricos realizados se pudo afirmar que *C. limbatus* y *R. terraenovae* son especies que presentan la capacidad de acumular en sus tejidos As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se y Zn, por lo que pueden ser consideradas como especies bioindicadoras de los mismos, en aguas del Golfo de México. Se pudo constatar que las concentraciones de estos metales varían según la especie, la talla, la edad y la localidad de procedencia. Estas variaciones parecen manifestarse en función de las características propias de cada especie, de sus tasas de crecimiento y madurez, así como de las características fisicoquímicas del medio en el que se desarrollan, siendo el suministro de metales a dicho medio, principalmente de origen antropogénico; factor que contribuye de manera importante en estos resultados.

Durante la investigación se logró analizar muestras de tres tiburones de la especie *R. terraenovae*, pertenecientes al "Acuario de Veracruz", de los cuales, uno de ellos permaneció en cautiverio durante un periodo aproximado de 15 días. Las muestras de branquia, cerebro, músculo y riñón procedentes de este organismo, mostraron en casi todos los elementos, niveles por debajo de los promedios calculados para la especie, lo que nos permite suponer que el cautiverio induce una disminución en las concentraciones de metales presentes en los diferentes tejidos de los tiburones, a causa muy probablemente de los diversos factores que ya se mencionaron anteriormente y que en condiciones de semicautiverio y cautiverio, son modificados en un mayor o menor grado.

METALES EN TIBURONES

Los niveles de metales también mostraron variar en función del tejido en que se encuentren, mientras que el sexo no parece ser un factor que influya en la asimilación de los mismos, al menos en *R.terraenovae* y *C.limbatus*, a pesar de ser una característica que sí se ha presentado en algunos elementos metálicos estudiados en otros organismos, no solo en tiburones.

En lo referente a la existencia de diferencias significativas en los niveles encontrados con respecto a los reportados en otras especies de escualos de otras partes del mundo, se pudo comprobar que en determinados tejidos y en determinados elementos, las concentraciones y los modelos de correlación, son muy similares; sin embargo, también es posible observar que en otros metales esta similitud no se detecta. Podemos entonces pensar que las especies de tiburones que habitan nuestras aguas compartirán algunas características en la acumulación de esta clase de elementos, con otras especies del mundo, pero igualmente manifestarán patrones muy particulares. Estos patrones dependerán a su vez, de las características faunísticas, químicas, físicas y de impacto ambiental que se presentan en nuestros mares.

La evaluación del riesgo en el consumo de la carne de *C.limbatus* y *R.terraenovae* mostró ser negativa, es decir, el músculo de ambas especies no representa un riesgo inmediato para su consumo como alimento, en metales como As, Cd, Pb y Hg. Es importante señalar que en algunos animales los niveles detectados rebasaron los límites de toxicidad, organismos que por alguna razón presentaron niveles elevados y cuya ingesta podría considerarse de alto riesgo, por lo que es necesario realizar más estudios que nos permitan profundizar al respecto.

Los niveles de metales también mostraron variar en función del tejido en que se encuentren, mientras que el sexo no parece ser un factor que influya en la asimilación de los mismos, al menos en *R.terraenovae* y *C.limbatus*, a pesar de ser una característica que sí se ha presentado en algunos elementos metálicos estudiados en otros organismos, no solo en tiburones.

En lo referente a la existencia de diferencias significativas en los niveles encontrados con respecto a los reportados en otras especies de escualos de otras partes del mundo, se pudo comprobar que en determinados tejidos y en determinados elementos, las concentraciones y los modelos de correlación, son muy similares; sin embargo, también es posible observar que en otros metales esta similitud no se detecta. Podemos entonces pensar que las especies de tiburones que habitan nuestras aguas compartirán algunas características en la acumulación de esta clase de elementos, con otras especies del mundo, pero igualmente manifestarán patrones muy particulares. Estos patrones dependerán a su vez, de las características faunísticas, químicas, físicas y de impacto ambiental que se presentan en nuestros mares.

La evaluación del riesgo en el consumo de la carne de *C.limbatus* y *R.terraenovae* mostró ser negativa, es decir, el músculo de ambas especies no representa un riesgo inmediato para su consumo como alimento, en metales como As, Cd, Pb y Hg. Es importante señalar que en algunos animales los niveles detectados rebasaron los límites de toxicidad, organismos que por alguna razón presentaron niveles elevados y cuya ingesta podría considerarse de alto riesgo, por lo que es necesario realizar más estudios que nos permitan profundizar al respecto.

SUGERENCIAS.

El estudio de metales en tiburones de nuestro país es realmente escaso, haciéndose necesario realizar amplios estudios con muestreos exhaustivos que nos proporcionen el conocimiento necesario sobre los efectos que la contaminación está causando en esta clase de organismos, y así lograr generar la información referente a los mecanismos de asimilación, distribución y efectos histopatológicos que se puedan estar presentando en los tiburones y otros peces. También es necesario investigar en otras especies de importancia comercial y alimenticia, no solo del Golfo de México, ya que en todos nuestros litorales las pesquerías de tiburón y cazón va en aumento y las aplicaciones industriales y medicas de sus productos se incrementan a la par. Esta clase de estudios deben realizarse paralelamente con estudios de biología básica de las especies en cuestión, ya que al conocer por ejemplo las áreas de crianza que los tiburones han establecido en nuestras aguas, podremos ejercer medidas de protección para dichas zonas y desarrollar en cierta medida un programa de control de la contaminación, permitiéndoles crecer sin que sus poblaciones se vean afectadas por contaminantes metálicos y de cualquier otro tipo.

Es recomendable llevar a cabo análisis de correlación entre los metales presentes en cada tejido, para conocer la dependencia en los niveles, de cada uno de ellos, con respecto a otro y que a su vez nos permitiría saber si la exposición a ciertos metales facilitaría la asimilación e incorporación de otro diferente o en su defecto la eliminación de dicho elemento. También es necesario conocer si existen diferencias en la acumulación según el sexo como se ha reportado en otras especies, así como realizar monitoreos en las diferentes costas del Golfo de México, que nos permitan apreciar las fluctuaciones en los niveles de metales y

METALES EN TIBURONES

otras contaminantes en las diversas aguas y en los diferentes organismos, lo cual nos ayudaría a comprender si esta clase de animales incorporan los metales en aguas mexicanas o bien, lo hacen durante sus viajes migratorios. Además, esta clase de estudios pueden ser relacionadas con investigaciones en tiburones puestos en cautiverio, las cuales igualmente serían de gran importancia, ya que proporcionarían datos referentes a cambios químicos del agua y del alimento al igual que sus efectos en la captación de minerales. Las posibles relaciones de lo anterior con los patrones conductuales y el estrés desarrollado durante el manejo y cautiverio de los escualos, enriquecería aun más la información generada por este tipo de estudios, que sin duda alguna serán necesarios realizar para que podamos comprender los diferentes mecanismos de captación y tolerancia a los altos niveles de metales que hasta la fecha parecen mostrar los tiburones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez, J.R. *Enciclopedia de México*. Tomo VI. SEP. México. P3391-3392 (1987).
2. Anderson, D.F. *Analysis of Various Sources of Pelagic Sharks Catches in the Northwest and Western Central Atlantic Ocean and Gulf of Mexico with Comments on Catches of other Large Pelagics*. NOAA NMFS-31:1-14 (1980).
3. Anderson, E.D. *Estimates of Large Sharks Catches in the Western Atlantic and Gulf of Mexico, 1960-1986*. In *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech.Rep.NMFS-90. p443-454 (1990).
4. Applegate, S.P.; Sotelo, F.M. y Espinoza, L.A.. *An Overview of Mexican Sharks Fisheries with Suggestion for Shark Conservation in Mexico*. In *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech.Rep.NMFS-91. p31-37 (1991).
5. Applegate, S.P.; Espinoza, P.; Menchaca, L. y Sotelo, F. *Tiburones Mexicanos*. Subsecretaría de Educación e Investigación. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. México. 146pp (1979).
6. Babor, J.A. y Aznarez, J.I.. *Química General Moderna*. Ed.Nacional. México. 902pp (1956).
7. Badillo, G.J. *Cadmio-Plomo-Selenio*. en *Curso Básico de Toxicología Ambiental*. Albert, L.A. (Ed.) Limusa. México. P145-169, 105-121, 211-215 (1990).
8. Ballatori, N. y Boyer, J.L. *Slow biliary elimination of methylmercury in the marine elasmobranchs; *Raja verinacea* and *Squalus acanthias**. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 85(3):407-415 (1991).
9. Barber, R.J. y Whaling, P.J. *Mercury in the marlin and sailfish*. *Mar.Pollu.Bull.* 4(10):395-396 (1983).
10. Barreto S.C. *Descripción de la pesquería del tiburón del Golfo de México, su distribución y consumo en la capital del país*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 103pp (1994).
11. Benton, W. *Enciclopedia Britannica*. Tomos 6, 12, 14 y 23. Chicago. 23 Tomos (1971).
12. Bonfil, R.S.; Anda, O. y Mesa, R.A. *Shark Fisheries in Mexico: The Case of Yucatan as Example*. In *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech.Rep.NMFS-90. p427-444 (1990).
13. Bonswick, G.A.; Vas, P.; Fielden, P.R. y Gordon, J.D.M. *Metallothionein-like Proteins in the Livers of Squaloid and Carcharhinid Sharks*. *Mar.Pollu.Bull.* 21(12):567-570 (1990).
14. Bolello, V.A. y Pérez, F. *El Problema crucial: La Contaminación*. Serie Medio Ambiente en Coahuila. Centro de Ecodesarrollo. México. 180pp (1988).
15. Bolello, V.A.; Ponce, B.G.; Toledo, A.; Díaz, G.G. y Villanueva, S. *Ecología, Recursos costeros y contaminación en el Golfo de México*. *Ciencia y Desarrollo*. Vol.XVII. Núm.102. p28-49 (1992).

16. Branstetter, S. Age and Grow Validation of New Born Shark Held in Laboratory Aquaria, with Comments on the Life History of the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *COPEIA*, 2(1):291-300 (1987).
17. Can. Research in fisheries contaminants and toxicology conducted by the contaminants. Research Unit Fisheries and Environmental Sciences Division. Halifax. Components in 1983. *Mawsor. Rep. Fish. Aquat. Sci.* No. 1767. 15pp (1984).
18. Caputi, N., Edmonds, J.S. y Heals, D.I. Mercury contents of sharka from south-wester australian waters. *Mar. Pollu. Bull.* 10(11):337-340 (1979).
19. Casarett and Doull's. **Toxicology: The Basic Science of Poisons**. 4a. Ed. Amdor, M.O., Doull, J. y Klaassen, C. D. (Editors) McGraw-Hill USA. 1033pp. (1991).
20. Castillo, J.L. Shark fisheries and research in Mexico. *CHONDROS*. March 15. 2(1):1-2 (1990).
21. Castillo, J.L. Diagnóstico de la Pesquería de Tiburón en México. SEPESCA. México. 72pp. (1992).
22. Castillo, J.L. y Marquez, F. J.F. La pesquería de tiburón en México: Una revisión histórica del Golfo de México. (Doc. inédito) INP. México. impaginada (1993).
23. Castro, J.A. Arsénico. en Curso Básico de Toxicología Ambiental. Albert, L.A. Ed. Limusa. México. P185-204 (1990).
24. Castro, J.I. **The Sharks of North American Waters**. Texas. A.M. University Press. USA. 180pp (1983).
25. Castro, J.I. A field guide to the sharks commonly caught in commercial fisheries. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-338. 37pp (1993).
26. Chapman, G.A. Acclimation as a factor influencing metal criteria. *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment-Eight-Symposium*. Wabner, R.C. and Hansen, D.J. (eds.) No. 891. p119-136 (1985).
27. Chavez, S.G. **Elementos de oceanografía**. Ed. Continental. México. 238pp (1975).
28. Compagno, J.V.L.. **FAO Species Catalogue Vol.4. Part.2. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of sharka species to date**. FAO Fisheries Synopsis. Roma. 665pp (1984).
29. Compagno, J.V.L.. **Shark Exploitation and Conservation**. In *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech. Rep. NMFS-90. p391-454 (1990).
30. Cross, F.A; Hardy, L.H; Jones, N.E. y Barber, R.T. Relation between total body weight and concentration of manganese, iron, copper, zinc and mercury in white muscle of blue fish (*Pomatomus saltatrix*) and a bathy-demersal fish, *Antimera rostrata*. *J.Fish. Res. Board. Can.* 30():1287-1291 (1973).
31. Denton, G.R.W. y Burdon-Jones, C. Trace metals in fish from the great barrier reef. *Mar. Pollu. Bull.* 17(5):201-209 (1986).
32. Desache, R. **Toxicología y Seguridad de los Alimentos**. OMEGA. España. 491pp (1990).

33. Dogan, S. y Haerdi, W. Determination of total tin environmental biological and water samples by AAS with graphite furnace. [Presented at Annual Symposium on the Analytical Chemistry of pollutants. Certanund (GES), 28. May, 1980]. *Int. J. Environ. Nat. Chem.* 8(4):249-257 (1980).
34. Eisler, R. Variation in mineral content of sandbar shark vertebrae (*Carcharhinus milberti*). *Le Naturaliste. Canadian.* Vol. 94. P321-326 (1967).
35. Evans, D.H. y Waingorten, K.E. The effects of cadmium and other metals on vascular smooth muscle of the dogfish shark *Squalus acanthias*. *Toxicology.* 61(3):257-281 (1990).
36. Evans, D.H.; Waingorten, K.E. y Walton, J.S. The effects of atropin on cadmium and nickel induced constriction of vascular smooth muscle of the dogfish shark ventral aorta. *Toxicology.* 82(1):89-94 (1990).
37. FAO Aprovechamiento y Comercialización del Tiburón. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 185pp. (1979).
38. Figueroa, N.A. Cromo-Mercurio y Metilmercurio en Curso Básico de Toxicología Ambiental. Albert, L.A. Ed. Limusa. México. P171-183, 123-144 (1980).
39. Forresler, C.R.; Ketchen, K.S. y Wong, C.C. Mercury content of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 29():1487-1490 (1972).
40. Ganther, H.E.; Goudie, C.; Sunde, M.L.; Kopecky, M.J.; Wagner, P.; Sang-Hwan, O. y Oeckstra. Selenium: Relation to decreased toxicity of methylmercury adducts to the diet containing tuna. *Science.* Vol.(). p1122-1124 (1972)
41. Glover, J.W. Concentration of arsenic, selenium and ten heavy metals in schools shark *Galeorhinus australis* (Macleay) and gunmy shark *Mustelus antarcticus* (Gwenther) from south-eastern australlan waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 30(4):505-510 (1979).
42. Greig, A.R. y Wenzloff, D.R. Trace metals in finfish from the New York Bight and Loney Island Sand. *Mar. Pollu. Bull.* 8(9):200-204 (1977).
43. Hoal, G.A. Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press. Boston. 245pp (1987).
44. Hueter, R.E.; Fong, W.G.; Henderson, G.; French, M.F. y Manire, C.A. Methylmercury Concentration in Shark Muscle by Species, Size and Distribution of Sharks in Florida Coastal Waters. *Water, Air and Soil Pollution* 80 (): 893-899 (1995).
45. Hyde, W.; Kesey, J.; Ross, P.F. y Statir, H.M. Analytical Toxicology Methods Manual. Iowa State University Press. Iowa, USA. 315pp (1977).
46. Jacob, P.G.; Zarba, M.A. y Salem, A.D. Results of toxicity test with marine organisms of Kuwait coast. *Indian J. Fish.* 27(1-2):111-122 (1980).
47. Jacobs, G. y Lebenzin, Z.. Total and organically bound mercury content in fishes from german fishing grounds. *Unters. Forsch.* No.164. p71-76 (1977).
48. Jensen, N.A. y Salibury, F.B. Botánica. McGraw-Hill. México. 762pp (1980).
49. Killam, K.A. y Parsons, G.R. Age and Growth of the Blacktip Shark, *Carcharhinus limbatus*, near Tampa Bay, Florida. *Fish. Bull.* 87():845-857 (1989).

50. Klorboe, T.; Mhoglenberg y Ulrik, H. R. Mercury levels in fish invertebrates and sediment in and recently recorded polluted area (Nisuum Broad, Western Limfjord, Denmark). *Mar. Pollu. Bull.* 14(1):21-24 (1983).
51. Kureishy, T.W. Concentration of heavy metals in marine organisms around Qatar before and after the Gulf War oil spill. *Mar. Pollu. Bull.* 27(1):183-186 (1993).
52. Kurosawa, S; Yasuda, K; Taguchi, M; Yamazaki, S; Toda, S; Morita, M; Uehiro, T. y Fuwa, K. Identification of arsenobetaina, a water soluble organo-arsenic compound in muscle and liver of a shark, *Prionace glaucus*. *Agric. Biol. Chem.* 44(8):1993-1994 (1980).
53. Lanza E.G. *Oceanografía de Mares Mexicanos*. A.G.T. Editores. México. 589pp (1991).
54. Law, A.T. y Singh, A. Relationships between heavy metals content and body weight of fish from the Kelang Estuary, Malaysia. *Mar. Pollu. Bull.* 22(2):86-89 (1991).
55. Leblanc, G.A. Interspecies relationship in acute toxicity of chemicals to aquatic organisms. *Environ. Toxicol. Chem.* 3(1):47-60 (1984).
56. Lenthinger, A.L. *Bioquímica*. Omega Barcelona. 607pp. (1990).
57. Lyle, J.M. Mercury concentrations in four carcharhinid and three hammerhead sharks from coastal waters of the northern territory. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 35(4):441-451 (1984).
58. Mackay, N.J.; Kazacos, M.N.; Williams, R.J. y Leedow, M.I. Selenium and heavy metals in black marlin. *Mar. Pollu. Bull.* 6(4):57-61 (1975).
59. Marcovecchio, J. E.; Moreno, V. J. y Pérez, A. Bio-magnification of total mercury in Bahía Blanca estuary shark. *Mar. Pollu. Bull.* 17(6):276-278 (1986).
60. Merin O.R. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa. 147pp. (1992).
61. Merin O.R. Clave para la determinación de los tiburones del Golfo de México. Universidad Veracruzana. 50pp. (1992).
62. Martin, J.H.; Elliot, P.D.; Aderlini, V.C.; Girving, D.; Jacobs, S.A.; Riselbrought, R.N.; Delong, R.L. y Gilmartin, W.G. Mercury - Selenium - Bromine imbalance in premature parturient California sea lions. *Pacif. Sci.* 30(1):91-103 (1976).
63. Menesveta, P. y Siryong, R. Mercury content of several predeciduous fish in the Andaman Sea. *Mar. Pollu. Bull.* 8(9):200-204 (1977).
64. Mogami, K.; Shioni, K.; Amanaka, H. y Kikuchi, T. Contents of trace elements in fish paste products and the raw materials. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* 30(6):552-555 (1989).
65. Monteiro, R.L. y Lopes, D.H. Mercury content of swordfish, *Xiphias gladius* in relation to length, weight, age and sex. *Mar. Pollu. Bull.* 21(6):293-298 (1990).
66. Muramoto, S. Variation on some elements in cadmium-induced, malformed fish. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 27(2):193-200 (1981).

67. Muramolo S. y Oki, Y. Influence of anion surface-active agent on the uptake of heavy metals by water hyacinth (*Eichornia crassipes*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 33(4):444-450 (1984).
68. Neuman, E.; Olson, M. y Sandstrom, O. Some aspects of the influence of pollution on the quantity and quality of Baltic fishery resources. in *Baltic Fishery Resources A Symposium held in Rostock 29-Feb-3 March, 1989*. Bagg, O. and Rechin, O. (eds.) Vol. 190. 206pp. (1989).
69. Organización Mundial de la Salud. *Criterios de salud Ambiental 1 y 3. Mercurio y Plomo*. Publicación Científica No. 362 y 368. Washington, D.C. USA. pags. 148 Y 169 (1976).
70. Osweiler, G.D.; Buck, W.B. y Galder, C.A. *Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology*. Dubuque, Iowa Kendall Hunt. 287pp. (1973).
71. Pérez-Ozuna, F.; Valdez-Lozano, D.S.; Alexander, H.M. y Fernández, P.H. Trace metals in the fluvial system of Terminos lagoon, Mexico. *Mar. Pollu. Bull.* 18(6):86-89 (1987).
72. Perkin-Elmer Co. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry*. Connecticut, USA. The Perkin - Elmer Company. (1982).
73. Pesck, G.; Reynolds, B. y Rogerson, P. Trace metals in the scallops from within and around two ocean disposal sites. *Mar. Pollu. Bull.* 8(10):224-228 (1977).
74. Peterson, C.L.; Klawe, W.L. y Sharp, G.D. Mercury in tunas. A review. *Fish. Bull.* 71(3):603-613 (1973).
75. Powell, J.H.; Powell, R.E. y Fielder, D.R. Trace element concentrations in tropical marine fish at Bougainville Island. *Water-Air-Soil Pollu.* 16(2):143-158 (1981).
76. Pragalheeswaren, V.; Laganathan, B.; Natarajan, R. y Venugopalan, V.K. Cadmium induced vertebral deformities in an estuarine fish, *Ambassis comersoni* (Cuvier). *Proc. Indian. Acad. Anim. Sci.* 96(4):389-393 (1987).
77. Rai, R. y Qayyum, M.A. Haematological responses in a fresh water fish to experimental lead poisoning. *J. Environ. Biol.* 5(1):55-56 (1985).
78. Rainbow, P.S. y Phillips, J.H. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Mar. Pollu. Bull.* 26(11):593-601 (1993).
79. Rani, A.U. y Ramamurthi, R. Cadmium induced behavioral abnormalities of the fish *Tilapia mossambica*. *Environ. Ecol.* 5(1):168-169 (1987).
80. Reichenback-klinka, H.H. *Enfermedades de los peces*. Acribia. España. 507pp. (1980).
81. Rosenzweig, L.J. *Anatomy of the Sherk*. WCB. Dubuque, Iowa. 120pp.
82. Rosner, B. *Fundamentals of Biostatistics*. Duxbury Press. Belmont, Calif. 655pp. (1990).
83. Satchell, H.G. *Physiology and form of the fish circulation*. Cambridge Univ. Press. New York. 235pp. (1991).
84. Secretaría de Pesca. *Anuario Estadístico de Pesca 1992*. Secretaría de Pesca. México. 119pp. (1992).
85. Secretaría de Marina. *Memoria del levantamiento geodesico hidrográfico para la carta S.M.837, Dos Bocas, Tabasco*. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía. México. 137pp. (1984).

METALES EN TIBURONES

86. Shultz, C.D. y Crear, D. The distribution of total and organic mercury in seven tissues of the pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. *Pacif. Sci.* 30():101-107 (1976).
87. Siegel, S. *Estadística no paramétrica*. Trillas, México. 344pp. (1990).
88. Sinderman, C.J. *Principal Diseases of Marine Fish and Shellfish*. Vol.I. Academic Press. San Diego, Calif. 521pp. (1989).
89. Sivalingam, P.M. y Birtisani, A. Mercury content in hair from fishing communities of the state of Penang, Malaysia. *Mar. Pollu. Bull.* 11():188-191 (1980).
90. Solomon, E.P.; Berg, L.R.; Martin, D.W. y Vilee, C. *Biology*. Saunders College Publishing. USA. 1196pp. (1993).
91. Spiegel, H. *Estadística*. McGraw-Hill, México. 357pp. (1970).
92. Stevens, J.D. y Brown, B.E. Occurrence of heavy metals in the blue shark *Prionace glauca* and selected pelagic in the N.E. atlantic ocean. *Mar. Biol.* 26():287-293 (1974).
93. Sunbodorba, Z. y Hejzmanek, M. Total mercury content in the components of running water, reservoir and ecosystem in Czechoslovakia. Heavy metals in water organisms. *Slanki, J. ed.* 29():171-178 (1985).
94. Szefer, P.; Szefer, K. y Skwarzee, B. Distribution of trace metals in some representative fauna of the southern baltic. *Mar. Pollu. Bull.* 21(2):60-62 (1990).
95. Taguchi, M.; Yesuda, K.; Toda, S. y Shimizu, M. Study of metal contents of elasmobranch fishes: Part I-Metal concentration in the muscle tissues of a dogfish, *Squalus mitsukurii*. *Mar. Environ. Res.* 2():239-249 (1979).
96. Toledo, A. *Energía, Ambiente y Desarrollo*. Serie Medio Ambiente en Coahuila de Zaragoza. Centro de Ecodesarrollo, México. 382pp. (1988).
97. Tortora, J.G. y Anagnostakos, N.P. *Principios de Anatomía y Fisiología*. Harta, México. 1034pp. (1984).
98. Underwood, E.J. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Academic Press. New York. 545pp. (1977).
99. Vas, P. Observation on trace metal concentration in a carcharhinid shark *Galeus galeus* from the Liverpool Bay. *Mar. Pollu. Bull.* 18():192-194 (1987).
100. Vas, P. Trace metal in sharks from british and atlantic waters. *Mar. Pollu. Bull.* 22():67-72 (1991).
101. Vas, P. y Gordon, J.M. Trace metal concentration in the scyllorhinid shark *Galeus melastomus* from the Rockall Trough. *Mar. Pollu. Bull.* 19():396-398 (1988).
102. Vas, P. y Gordon, J.M. Trace metals in deep-sea sharks from the Rockall Trough. *Mar. Pollu. Bull.* 26():400-402 (1993).
103. Vas, P.; Gordon, J.M.; Fielden, P.R. y Overnell, J. The trace metal ecology of the Ichthyofauna in the Rockall Trough north-east atlantic. *Mar. Pollu. Bull.* 26():607-612 (1993).
104. Vas, P.; Stevens, J.D.; Bonwick, G.A. y Tizini, O.A. Cd, Mn and Zn concentrations in vertebrae of blue shark and shortfin mako in australian coastal waters. *Mar. Pollu. Bull.* 21(4):203-206 (1990).

105. Vazquez, G.F.; Sanchez, G.M. y Virender, K.S. Trace metals in the oyster *Crasostrea virginica* of the Terminos lagoon, Campeche, Mexico. *Mar. Pollu. Bull.* 26(7):398-399 (1993).
106. Villanueva, F.S. y Botello, V.A. Metales Pesados en la Zona Costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: una revisión. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 8 (1):47-61 (1992).
107. Walker, T.I. Effects of the species, sex, length, and locality on the mercury content of school shark *Galeorhinus australis* (Macleay) and gummy shark *Mustelus antarcticus* (Guenther) from southeastern Australian waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 27():603-616 (1976).
108. Walker, T.I. Statistical comparison of the results from six analytical chemistry laboratories of the mercury contents of muscle tissue of two species of sharks. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 5():25-33 (1977).
109. Wharfe, J.R. y Van Den Broek, W.L.F. Heavy metals in macroinvertebrates and fish from the lowermedway estuary Kent. *Mar. Pollu. Bull.* 8(2):31-34 (1977).
110. Wiener, J.C.; Anderson, R.V. y McConville, D.A. Introduction contaminants in the upper Mississippi river. proceeding of 15th Annual Meeting of the Mississippi River Research Consortium. Wiener, Anderson and McConville eds. 1-4pp. (1984).
111. Windom, H.R.; Stickney, R.; White, D. y Tylor, F. Arsenic, Cadmium, Copper, Mercury and Zinc in some species of north atlantic finfish. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30():276-279 (1973).

ANEXO

	Pag.
Cuadro 1. Muestras analizadas por tejido.....	30
Cuadro 2. Condiciones estándares y valores mínimos de detección para cada metal.....	34
Cuadro 3. Parámetros estadísticos para las concentraciones de metales en <i>R.terraenovae</i>	98
Cuadro 4. Concentración de metales reportados en tiburones del Orden Carcharhiniforme de 1973 a 1995.....	99
Cuadro 5. Concentración promedio calculado para metales en los diferentes tejidos de <i>R.terraenovae</i>	101
Cuadro 6. Diferencias de concentración de metales según el sexo en <i>R.terraenovae</i>	102
Cuadro 7. Relación funcional de la concentración de metales con respecto a la longitud total para <i>R.terraenovae</i>	103
Cuadro 8. Relación funcional de la concentración de metales con respecto a la Edad para <i>R.terraenovae</i>	104
Cuadro 9. Diferencia de la concentración de metales según la procedencia para <i>R.terraenovae</i>	105
Cuadro 10. Parámetros estadísticos para las concentraciones de metales en <i>C.limbatus</i>	106
Cuadro 11. Concentración promedio calculado para metales en los diferentes tejidos de <i>C.limbatus</i>	107
Cuadro 12. Diferencias de concentración de metales según el sexo en <i>C.limbatus</i>	108
Cuadro 13. Relación funcional de la concentración de metales con respecto a la longitud total para <i>C.limbatus</i>	109
Cuadro 14. Relación funcional de la concentración de metales con respecto a la Edad para <i>C.limbatus</i>	110
Cuadro 15. Diferencia de la concentración de metales según la procedencia para <i>C.limbatus</i>	111
Cuadro 16. Diferencia de la concentración de metales en hembras según la especie.....	112
Cuadro 17. Diferencia de la concentración de metales en machos según la especie.....	113
Cuadro 18. Diferencia de la concentración de metales para sexos combinados según la especie.....	114
Cuadro 19. Cantidad mínima necesaria de músculo de tiburón cuya ingesta produzca algún signo de intoxicación.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pag.
Figura 1. Producción de tiburón en México.....	28
Figura 2. Aspecto y distribución de <i>C. limbatus</i>	23
Figura 3. Aspecto y distribución de <i>R. terraenovae</i>	25
Figura 4. Localización geográfica de las zonas de pesca de tiburón.....	26
Figura 5. Distribución promedio de As, Cd, Cr y Cu, según el tejido en <i>R. terraenovae</i>	116
Figura 6. Distribución promedio de Fe, Hg, Mn y Pb, según el tejido en <i>R. terraenovae</i>	117
Figura 7. Distribución promedio de Se y Zn, según el tejido en <i>R. terraenovae</i>	118
Figura 8. Modelo de crecimiento para la estimación de la edad a partir de la longitud.....	119
Figura 9. Distribución promedio de As, Cd, Cr y Cu, según el tejido en <i>C. limbatus</i>	120
Figura 10. Distribución promedio de Fe, Hg, Mn y Pb, según el tejido en <i>C. limbatus</i>	121
Figura 11. Distribución promedio de Se y Zn, según el tejido en <i>C. limbatus</i>	122
Figura 12. Comparación de la concentración promedio de As y Cr según el tejido, entre <i>C. limbatus</i> y <i>R. terraenovae</i>	123
Figura 13. Comparación de la concentración promedio de Cd y Cu según el tejido, entre <i>C. limbatus</i> y <i>R. terraenovae</i>	124
Figura 14. Comparación de la concentración promedio de Fe y Mn según el tejido, entre <i>C. limbatus</i> y <i>R. terraenovae</i>	125
Figura 15. Comparación de la concentración promedio de Hg y Pb según el tejido, entre <i>C. limbatus</i> y <i>R. terraenovae</i>	126
Figura 16. Comparación de la concentración promedio de Se y Zn según el tejido, entre <i>C. limbatus</i> y <i>R. terraenovae</i>	127
Figura 17. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	128
Figura 18. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	129
Figura 19. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	130
Figura 20. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	131
Figura 21. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en músculo de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	132

Figura 22. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	133
Figura 23. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	134
Figura 24. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	135
Figura 25. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	136
Figura 26. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	137
Figura 27. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	138
Figura 28. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	139
Figura 29. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	140
Figura 30. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	141
Figura 31. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	142
Figura 32. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	143
Figura 33. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	144
Figura 34. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	145
Figura 35. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en músculo de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	146
Figura 36. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	147
Figura 37. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	148
Figura 38. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	149
Figura 39. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de <i>R. terraenovae</i> , con la longitud total del tiburón.....	150

METALES EN TIBURONES

Figura 40. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la longitud total del tiburón.....	151
Figura 41. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la longitud total del tiburón.....	152
Figura 42. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la longitud total del tiburón.....	153
Figura 43. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la longitud total del tiburón.....	154
Figura 44. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	155
Figura 45. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	156
Figura 46. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	157
Figura 47. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	158
Figura 48. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en músculo de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	159
Figura 49. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	160
Figura 50. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	161
Figura 51. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	162
Figura 52. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	163
Figura 53. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	164
Figura 54. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	165
Figura 55. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	166
Figura 56. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	167
Figura 57. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de <i>R.terraenovae</i> . con la edad del tiburón.....	168

Figura 58. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....169

Figura 59. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....170

Figura 60. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....171

Figura 61. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....172

Figura 62. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en músculo de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....173

Figura 63. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con edad del tiburón.....174

Figura 64. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....175

Figura 65. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....176

Figura 66. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....177

Figura 67. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....178

Figura 68. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....179

Figura 69. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....180

Figura 70. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae*, con la edad del tiburón.....181

Figura 71. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de *C.limbatus*, con la longitud total del tiburón.....182

Figura 72. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de *C.limbatus*, con la longitud total del tiburón.....183

Figura 73. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en músculo de *C.limbatus*, con la longitud total del tiburón.....184

Figura 74. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en branquia de *C.limbatus*, con la longitud total del tiburón.....185

Figura 75. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus*, con la longitud total del tiburón.....186

METALES EN TIBURONES

Figura 76. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	187
Figura 77. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	188
Figura 78. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	189
Figura 79. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	190
Figura 80. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en músculo de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	191
Figura 81. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en músculo de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	192
Figura 82. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	193
Figura 83. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	194
Figura 84. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	195
Figura 85. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	196
Figura 86. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en músculo de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	197
Figura 87. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en músculo de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	198
Figura 88. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	199
Figura 89. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	200
Figura 90. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	201
Figura 91. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en branquia de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	202
Figura 92. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en músculo de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	203
Figura 93. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de <i>C. limbatus</i> , con la longitud total del tiburón.....	204

Figura 94. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la longitud total del tiburón.....205

Figura 95. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la longitud total del tiburón.....206

Figura 96. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la longitud total del tiburón.....207

Figura 97. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la longitud total del tiburón.....208

Figura 98. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....209

Figura 99. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....210

Figura 100. Curvas de regresión que describen la relación entre el arsénico total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....211

Figura 101. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en branquia de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....212

Figura 102. Curvas de regresión que describen la relación entre el cadmio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....213

Figura 103. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....214

Figura 104. Curvas de regresión que describen la relación entre el cromo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....215

Figura 105. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....216

Figura 106. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....217

Figura 107. Curvas de regresión que describen la relación entre el cobre total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....218

Figura 108. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....219

Figura 109. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....220

Figura 110. Curvas de regresión que describen la relación entre el hierro total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....221

Figura 111. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....222

METALES EN TIBURONES

Figura 112. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....223

Figura 113. Curvas de regresión que describen la relación entre el mercurio total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....224

Figura 114. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....225

Figura 115. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....226

Figura 116. Curvas de regresión que describen la relación entre el manganeso total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....227

Figura 117. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....228

Figura 118. Curvas de regresión que describen la relación entre el plomo total detectado en branquia de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....229

Figura 119. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....230

Figura 120. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....231

Figura 121. Curvas de regresión que describen la relación entre el selenio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....232

Figura 122. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....233

Figura 123. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en dos tejidos de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....234

Figura 124. Curvas de regresión que describen la relación entre el zinc total detectado en músculo de *C. limbatus*, con la edad del tiburón.....235

Figura 125. Comparación del modelo de relación Hg-LT encontrado contra lo reportado para músculo de *C. limbatus*236

Cuadro 3.
 PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN PÓZOS FONODON TERRESTRES
 MUESTRADOS DURANTE EL PERIODO DE 1984/85 EN EL GOLFO DE MÉXICO.

SEXO	TEJIDO		METAL									
			As	Cd	Cr	Cu	Fa	Hg	Mn	Pb	Sa	Zn
HEMBRAS	BRANQUIA n=10	Promedio	8.18	2.32	1.79	4.03	318.08	0.75	13.64	4.12	18.33	44.45
		Mediana	9.88	2.35	1.60	3.03	258.53	0.78	13.33	1.88	17.42	44.88
		Dev.Est.	4.40	1.17	1.05	2.71	168.23	0.30	6.10	6.37	16.23	6.68
		Varianza	19.40	1.37	1.10	7.34	28288.55	0.09	27.06	40.55	231.85	44.58
		Mínimo	0.82	0.47	0.00	2.30	132.07	0.10	6.81	0.00	3.05	33.59
	Máximo	13.73	3.88	3.89	11.14	566.22	1.16	21.98	20.63	62.47	67.76	
	CEREBRO n=11	Promedio	10.80	1.69	1.09	0.10	103.20	0.60	4.14	1.76	14.84	29.50
		Mediana	9.57	0.88	1.03	0.07	99.83	0.40	3.00	0.00	14.48	31.02
		Dev.Est.	8.20	1.38	0.33	2.38	31.98	0.58	4.15	3.11	10.95	8.18
		Varianza	38.48	1.91	0.11	6.65	893.29	0.33	17.25	9.89	117.68	38.29
		Mínimo	0.26	0.00	0.36	0.34	64.51	0.00	0.00	0.00	3.18	17.77
	Máximo	23.55	4.43	1.64	8.22	164.73	1.85	15.72	9.39	37.21	37.65	
	HIGADO n=2	Promedio	1.19	0.11	0.27	3.58	146.20	0.20	2.24	0.00	4.17	4.78
		Mediana	1.18	0.11	0.27	3.58	146.20	0.20	2.24	0.00	4.17	4.78
		Dev.Est.	0.67	0.18	0.05	1.50	36.88	0.29	6.27	0.00	2.04	6.61
		Varianza	0.46	0.03	0.00	2.25	1696.28	0.08	0.07	0.00	4.17	42.44
		Mínimo	0.89	0.00	0.23	2.50	117.92	0.00	2.08	6.00	2.73	0.16
	Máximo	1.64	0.23	0.30	4.82	174.48	0.40	2.43	0.00	6.82	8.38	
	MÚSCULO n=10	Promedio	4.75	0.36	0.52	1.06	25.36	0.73	1.35	3.14	2.68	12.27
		Mediana	3.81	0.38	0.50	0.88	27.82	0.82	1.35	3.06	2.24	13.64
Dev.Est.		3.31	0.14	0.23	0.74	16.38	0.24	0.49	2.86	2.28	3.79	
Varianza		10.87	0.02	0.65	0.55	236.51	0.06	8.24	7.08	5.20	14.38	
Mínimo		0.79	0.00	0.32	0.00	0.83	0.27	0.54	6.00	0.08	8.65	
Máximo	13.47	0.54	1.11	2.99	48.65	0.99	2.38	8.38	6.62	17.03		
PÁNCREAS n=2	Promedio	1.11	0.24	0.95	5.23	306.86	0.51	5.60	0.00	47.19	26.72	
	Mediana	1.11	0.24	0.85	5.23	306.86	0.51	5.60	0.00	47.18	26.72	
	Dev.Est.	1.27	0.34	0.18	0.43	19.85	0.04	2.87	0.00	31.91	4.02	
	Varianza	1.81	0.12	0.03	0.19	283.79	0.00	7.13	0.00	1018.38	16.18	
	Mínimo	0.22	0.00	0.72	4.82	293.97	0.49	3.01	0.00	24.82	22.87	
Máximo	2.01	0.48	0.88	5.54	317.80	0.64	7.39	0.00	89.75	28.56		
MACHOS	BRANQUIA n=11	Promedio	6.97	1.68	1.30	3.53	408.08	0.57	8.30	3.28	11.92	46.32
		Mediana	6.34	1.45	1.13	3.37	263.82	0.59	8.01	1.21	8.55	47.32
		Dev.Est.	4.68	0.70	0.64	1.41	502.43	0.34	4.08	4.86	8.37	13.46
		Varianza	21.67	0.48	0.41	2.18	282434.99	0.12	19.52	20.68	70.04	181.26
		Mínimo	0.00	0.86	0.45	0.89	35.92	0.07	3.14	0.00	2.73	16.47
	Máximo	12.42	3.04	2.53	6.80	1743.18	1.04	15.14	14.48	27.08	58.72	
	CEREBRO n=11	Promedio	10.37	2.19	0.62	7.15	68.20	0.30	3.44	3.98	7.29	32.81
		Mediana	11.61	1.65	0.68	7.33	53.33	0.26	3.40	0.00	4.31	35.12
		Dev.Est.	9.55	1.88	0.70	2.42	57.42	0.19	3.05	7.38	7.80	12.54
		Varianza	73.38	3.67	0.49	6.94	3286.78	0.04	8.28	54.88	69.39	167.14
		Mínimo	0.41	0.00	0.00	1.03	0.00	0.04	0.00	0.00	1.83	17.23
	Máximo	28.25	5.05	1.66	11.30	170.76	8.91	11.18	22.29	28.20	50.91	
	HIGADO n=3	Promedio	4.87	4.03	0.35	6.31	159.58	0.13	2.94	1.21	8.86	20.36
		Mediana	4.88	0.97	0.22	5.84	193.13	0.09	2.37	0.67	2.30	16.48
		Dev.Est.	3.90	8.95	0.20	1.03	34.48	0.18	1.15	1.83	8.58	16.59
		Varianza	15.25	35.54	0.06	1.06	1188.16	0.02	1.32	3.87	23.35	243.03
		Mínimo	0.68	0.32	0.18	4.12	183.44	0.00	2.18	6.00	1.83	7.08
	Máximo	8.47	10.91	0.68	6.97	222.13	0.28	4.26	3.67	16.73	37.91	
	MÚSCULO n=11	Promedio	2.72	0.44	0.65	1.03	107.19	0.74	2.18	3.55	2.11	18.79
		Mediana	3.29	0.34	0.39	1.11	26.49	0.65	1.26	2.00	1.63	12.38
Dev.Est.		1.94	0.48	0.91	0.44	176.54	0.37	3.36	5.00	1.68	24.15	
Varianza		3.77	0.23	0.83	0.19	21194.84	0.14	11.27	25.02	2.94	683.18	
Mínimo		0.18	0.06	0.19	0.03	3.45	0.36	0.23	0.00	6.80	5.76	
Máximo	6.41	1.85	3.35	1.96	462.43	1.60	12.24	17.48	6.57	90.42		
RIÑÓN n=3	Promedio	0.38	4.25	0.62	8.13	173.21	0.42	10.88	0.91	84.92	32.13	
	Mediana	0.32	5.90	0.29	5.61	113.48	0.28	7.49	0.32	28.17	34.25	
	Dev.Est.	0.38	3.33	0.84	1.20	116.98	0.36	6.08	1.06	127.00	7.06	
	Varianza	0.14	11.06	0.71	1.43	13863.89	0.12	82.71	1.10	19766.67	46.90	
	Mínimo	0.00	0.42	0.00	6.77	98.23	0.19	4.14	0.28	3.29	24.25	
Máximo	0.78	8.42	1.55	7.49	307.89	0.82	21.30	2.14	252.48	37.89		

Los valores corresponden a mg/kg (ppm) en base seca.

Cañero 4.
Concentración de metales reportados en tiburones del orden Carchariformes de 1973 a 1995.

TIPO DE	ESPECIE	Ag	Cd	Pb	Hg	Mn	Zn	Co	Cu	Fe	Referencia	
INGADO	<i>Alopiurus sp.</i>	< 0.2									Pérez (1995)	
INGADO	<i>Alopiurus sp.</i>		0.18		< 0.2						Vás & Gordon (1992)	
MUSCULO	<i>Alopiurus sp.</i>		0.41		0.04						Vás & Gordon (1992)	
PIEL	<i>Alopiurus sp.</i>		0.3		0.18						Vás & Gordon (1992)	
VERTEBRA	<i>Alopiurus sp.</i>		0.21		0.33						Vás & Gordon (1992)	
MUSCULO	<i>Carcharias acronotus</i>				0.53*						Hunter et al. (1996)	
INGADO	<i>Carcharias amblyrhynchus</i>		3.3-10.1		0.09-0.83						Danner & Barton Jones (1986)	
MUSCULO AXIAL	<i>Carcharias amblyrhynchus</i>	0.55-4.4*	0.62-7.2		0.34-1.94					17.5-29.6	Danner & Barton Jones (1986)	
MUSCULO	<i>Carcharias brevipinna</i>				0.59*						10.2-13.9	Danner & Barton Jones (1986)
MUSCULO	<i>Carcharias domado</i>				0.74						Kurshov et al. (1979)	
BRANQUIA	<i>Carcharias fasciatus</i>	< 8	8.3		2.2						24	Waldman et al. (1972)
CEREBRO	<i>Carcharias fasciatus</i>	< 2	8.4		2						10	Waldman et al. (1972)
INGADO	<i>Carcharias fasciatus</i>	20	5		4.8						1.8	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias fasciatus</i>	< 0	1		2.1						5.3	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias fasciatus</i>				0.86*						2.9	Hunter et al. (1996)
PIRON	<i>Carcharias fasciatus</i>		2.6		5.7						2.9	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias fitzroyensis</i>				0.15-2.6						25	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias leucas</i>				1.02*						0.4	Hunter et al. (1996)
MUSCULO	<i>Carcharias limbatus</i>				0.26-3.20						1.30*	Lyle (1984)
MUSCULO	<i>Carcharias limbatus</i>				0.4						1	Hunter et al. (1996)
INGADO	<i>Carcharias milberti</i>	11.2	< 0.1		3.7						0.4	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias milberti</i>				1						9	Waldman et al. (1972)
VERTEBRA	<i>Carcharias milberti</i>				0.04-1.38						0.03-1.6	Waldman (1976)
VERTEBRA	<i>Carcharias obscurus</i>	10	< 1		8.6						2.8	Waldman et al. (1972)
INGADO	<i>Carcharias obscurus</i>		1.6		1.3						3.3	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias obscurus</i>	8	1.1		1.5						4.2	Waldman et al. (1972)
MUSCULO	<i>Carcharias obscurus</i>				1.47*						1.47*	Hunter et al. (1996)
MUSCULO	<i>Carcharias penes</i>				2.25*						0.79*	Hunter et al. (1996)
MUSCULO	<i>Carcharias plumbeus</i>				0.79*						0.24*	Hunter et al. (1996)
MUSCULO	<i>Carcharias porrah</i>				0.08-1.28						0.1-3	Lyle (1984)
MUSCULO	<i>Carcharias spallanzani</i>				0.1-3						0.24*	Casati et al. (1979)
MUSCULO	<i>Galeocerdo cuvier</i>				0.24*						0.24*	Hunter et al. (1996)
MUSCULO	<i>Galeorhinus australis</i>				0.91-2.7						0.6-2.2	Waldman (1978)
MUSCULO	<i>Galeorhinus australis</i>				0.6-2.2						0.6-2.2	Gilmore (1972)
BAZO	<i>Galeorhinus galeus</i>	5-23	< 0.05	0.2-6	0.723	3.71	0.3-5	0.02	0.37	2-8	3.3-4.2	Vás (1987)
BAZO	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.59	6.77			< 0.2	0.34		1.05	Vás (1991)
BRANQUIAS	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		0.182	9.21			0.02	0.02		1.05	Vás (1987)
BRANQUIAS	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.16	9.22			< 0.2	< 0.2		1.05	Vás (1991)
GONADAS	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		0.1	15.05			0.02	0.93		1.05	Vás (1987)
GONADAS	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.7	15.05			< 0.2	0.2		1.05	Vás (1991)
INGADO	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		0.598	15.13			0.02	0.02		1.43	Vás (1987)
INGADO	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.45	10.15			< 0.2	0.89		1.44	Vás (1991)
MUSCULO	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.012		0.487	5.04			0.04	0.13		2.11	Vás (1987)
MUSCULO	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.44	3.14			0.03	< 0.2		2.12	Vás (1991)
PANCREAS	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		0.737	5.82			0.02	0.02		0.02	Vás (1987)
PANCREAS	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.74	8.92			< 0.2	0.02		< 0.2	Vás (1991)
PIEL	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		1.83	21.48			< 0.2	0.06		4.23	Vás (1991)
PIEL DORSAL	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		1.97	32.32			0.02	0.02		4.23	Vás (1987)
PIEL VENTRAL	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		2.21	19.63			0.02	0.078		4.23	Vás (1987)
PIRON	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.01		1.03	12.06			0.02	0.02		5.82	Vás (1987)
PIRON	<i>Galeorhinus galeus</i>	< 0.2		0.82	7.24			< 0.2	< 0.2		5.83	Vás (1991)
VERTEBRA	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.042		0.8	1.894			0.27	0.095		0.045	Vás (1987)
VERTEBRA	<i>Galeorhinus galeus</i>	0.03		0.69	1.45			0.24	< 0.2		0.04	Vás (1991)
MUSCULO	<i>Galeorhinus vittamineus</i>				0.83						0.04	Pérez et al. (1995)
BAZO	<i>Galeus melastomus</i>	0.09		0.02	5.65			< 0.2			0.02	Vás & Gordon (1992)
BAZO	<i>Galeus melastomus</i>				< 0.2			< 0.2			< 0.2	Vás & Gordon (1992)
BAZO	<i>Galeus melastomus</i>	0.09		0.03	5.65			< 0.2			0.02	Vás (1991)
BRANQUIAS	<i>Galeus melastomus</i>	0.09		0.05	12.88			0.31			0.02	Vás & Gordon (1985)
BRANQUIAS	<i>Galeus melastomus</i>				0.29			0.31			0.02	Vás & Gordon (1992)
BRANQUIAS	<i>Galeus melastomus</i>	0.09		0.05	17.67			0.31			0.02	Vás (1991)
CORAZON	<i>Galeus melastomus</i>	0.13		0.02	6.48			0.08			0.02	Vás & Gordon (1985)
CORAZON	<i>Galeus melastomus</i>				< 0.2			0.08			0.02	Vás & Gordon (1992)
CORAZON	<i>Galeus melastomus</i>	0.12		0.02	8.48			0.08			< 0.2	Vás (1991)
GONADAS	<i>Galeus melastomus</i>	0.06		0.8	2.28			< 0.2			< 0.2	Vás & Gordon (1992)
GONADAS	<i>Galeus melastomus</i>			0.11				< 0.2			< 0.2	Vás & Gordon (1992)

GONADAS	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.06	0.11	2.28	0.02	0.02				Van (1991)
HIGADO	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.07	0.25	4.65	0.04	0.04				Van & Gordon (1992)
HIGADO	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.07	0.25	4.65	0.04	0.04				Van & Gordon (1992)
MUSCULO	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.08	0.22	1.99	< 0.02	0.26				Van (1991)
MUSCULO	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.08	0.22	1.99	< 0.02	0.26				Van & Gordon (1993)
MUSCULO	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.08	0.22	1.99	< 0.02	0.26				Van (1991)
PIEL	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.08	0.57	6.14	0.27	0.16				Van & Gordon (1993)
PIEL	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.08	0.57	6.14	0.27	0.16				Van & Gordon (1993)
PIEL	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.08	0.57	6.14	0.27	0.16				Van (1991)
RION	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.25	0.02	3.16	0.07	0.07				Van & Gordon (1993)
RION	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.25	< 0.02	3.16	0.05	0.05				Van & Gordon (1993)
RION	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.25	0.02	3.16	0.07	0.07				Van (1991)
VERTEBRA	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.06	0.49	3.32	0.29	0.29				Van & Gordon (1993)
VERTEBRA	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.06	0.49	3.32	0.29	0.29				Van & Gordon (1993)
VERTEBRA	<i>Galaxus melanostomus</i>	0.54	0.49	3.32	1.54	0.02	56.52			Van (1991)
BRANQUIAS	<i>Galaxus murinus</i>		< 0.02		< 0.02					Van & Gordon (1993)
HIGADO	<i>Galaxus murinus</i>	< 0.02			< 0.02					Van et al (1992)
HIGADO	<i>Galaxus murinus</i>		0.02		< 0.02					Van & Gordon (1993)
MUSCULO	<i>Galaxus murinus</i>		< 0.02		< 0.02					Van & Gordon (1993)
PIEL	<i>Galaxus murinus</i>		1.84		< 0.02					Van & Gordon (1993)
MUSCULO	<i>Mustelus antarcticus</i>				0.07-3					Other (1975)
MUSCULO	<i>Mustelus canis</i>	7.34	< 0.01-06	0.2-4	0.3-1.4	0.3-0.5	0.2-5	3.2-4.8		Leitch & Jackson (1913)
HIGADO	<i>Mustelus canis</i>	< 2	< 2	1	0.4	< 8	4.7			Gray & Whitley (1977)
MUSCULO	<i>Mustelus schrenkii</i>				0.26-1.48					Denton & Barlow (1991)
MUSCULO	<i>Mustelus schrenkii</i>				0.21					Mazzonella & Soriano (1973)
BRANQUIAS	<i>Prionace glauca</i>	0.99	0.55	27.71	1.28	0.36				Van (1991)
HIGADO	<i>Prionace glauca</i>	0.25	0.85	4.02	0.37	1.14				Van (1991)
MANDIBULA	<i>Prionace glauca</i>	0.55	3.37	5.54	< 0.02	0.31	0.96			Van (1991)
MUSCULO	<i>Prionace glauca</i>	0.43	0.24	6.34	1.55	< 0.02				Van (1991)
PIEL	<i>Prionace glauca</i>	0.57	0.26	25.13	0.86	3.63				Van (1991)
VERTEBRA	<i>Prionace glauca</i>	< 0.02	5.92	8.96	< 0.02	4.75				Van (1991)
HIGADO	<i>Prionace glauca</i>	< 0.05	8.4	3.1-13		< 2	25.69			Sammons & Brown (1974)
MUSCULO	<i>Prionace glauca</i>	< 0.05	2.6-8.1			< 2	22.57			Sammons & Brown (1974)
GONGILO EPICORAL	<i>Prionace glauca</i>	< 0.05	2.1	2.9-7		< 2-1.8	48-287			Sammons & Brown (1974)
OVARIO	<i>Prionace glauca</i>	< 0.05	7.6-11.1			< 2	61-154			Fagotto et al (1979)
TESTICULO	<i>Prionace glauca</i>	< 0.05	3.7-3			< 2	67-81			Sammons & Brown (1974)
VERTEBRA	<i>Prionace glauca</i>	3.26			0.52-1.13		94.74			Howe et al (1988)
BAZO	<i>Scyliorhinus canicula</i>	< 0.02	1.33	28.3	2.05	< 0.02				Van (1991)
BAZO	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0.89	1.98	6.99	< 0.02	0.78				Van (1991)
BRANQUIAS	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1.1	2.17	14.31	< 0.02	0.88				Van (1991)
GONADAS	<i>Scyliorhinus canicula</i>	< 0.02	0.90	8.52	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
GONADAS	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0.95	2.22	6.8	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
HIGADO	<i>Scyliorhinus canicula</i>	< 0.02	2.22	11.9	0.7	0.43				Van (1991)
HIGADO	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0.03	1.87	7.34	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
MUSCULO	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0.78	0.39	7.89	2.07	1.88				Van (1991)
MUSCULO	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1.08	2.42	6.79	< 0.02	0.35				Van (1991)
PIEL	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0.95	12.1	19.4	2.1	< 0.02				Van (1991)
PIEL	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1.07	4.84	7.44	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
RION	<i>Scyliorhinus canicula</i>	< 0.02	0.4	4.5	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
VERTEBRA	<i>Scyliorhinus canicula</i>	1.57	0.52	6.67	10.1		90.03			Van (1991)
BAZO	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	< 0.02	2.53	5.77	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
GONADAS	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	< 0.02	4.88	< 5	1.96					Van (1991)
HIGADO	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	< 0.02	7.85	< 5	2.06					Van (1991)
MUSCULO	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	< 0.02	0.56	1.54	< 0.02	< 0.02				Van (1991)
PIEL	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	< 0.02	1.17	3.69	< 0.02					Van (1991)
RION	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	< 0.02	2.96	16.36	< 0.02	0.18				Van (1991)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>				0.2A					Kennedy et al (1979)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>	0			0.21-4.33					Lyle (1984)
HIGADO	<i>Sphyrna tiburo</i>	< 1	6.2		0.4		15			Waldron et al (1973)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>	2.2	< 1	2			15			Waldron et al (1973)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>				0.25-4.31					Lyle (1984)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>				0.28-4.92					Lyle (1984)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>				0.4					Mazzonella & Soriano (1977)
HIGADO	<i>Sphyrna tiburo</i>	17	0.9	3.6	0.4		1.3			Waldron et al (1973)
MUSCULO	<i>Sphyrna tiburo</i>	14	0.4	3	0.3		8			Waldron et al (1973)
HIGADO	<i>Trachodon obesus</i>	44	13		0.58		35.2			Denton & Barlow (1991)
MUSCULO AXIAL	<i>Trachodon obesus</i>		0.077		0.81		34.6			Denton & Barlow (1991)

LAS FAMILIAS REPRESENTADAS POR ESTAS ESPECIES SON : Sclerorhinidae, Trachidae, Carcharhinidae y Sphyrnidae; SEGUN Mazzonella & Soriano J.V. * Datos correspondientes a Neotoma
 - SIN DATO: VALORES MANEJADOS EN mg/kg

Cuadro 6.
Promedio de metales en los diferentes tejidos de R. terranovus.

TEJIDO	METAL	Intervalo de confianza al 95%	Valor máximo reportado en tiburones (parámetro bibliográfico).	Nivel de significancia
Branquia	As	7.028 ± 1.708*	-	-
	Cd	1.987 ± 0.358	0.19	<0.05
	Cr	1.532 ± 0.322	-	-
	Cu	3.765 ± 0.807	6.30	<0.05
	Fe	366.202 ± 143.962	21.71	<0.05
	Hg	0.659 ± 0.121	2.20	<0.05
	Mn*	8.295 ± 2.219**	1.26	<0.05
	Mn	13.84 ± 3.014***	1.26	<0.05
	Pb	3.664 ± 2.065	0.02	<0.05
	Se	15.447 ± 4.558	0.30	<0.05
	Zn	45.43 ± 4.063	24.00	<0.05
Cerebro	As	10.482 ± 2.743	10	N.S.
	Cd	1.941 ± 0.607	0.18	<0.05
	Cr	0.963 ± 0.189	-	-
	Cu	8.927 ± 0.879	8.4	<0.05
	Fe*	69.2 ± 37.26**	-	-
	Fe	103.204 ± 68.392***	-	-
	Hg	0.447 ± 0.167	2.8	<0.05
	Mn	3.788 ± 1.336	-	-
	Pb	2.977 ± 2.081	-	-
	Se	10.987 ± 3.421	-	-
	Zn	31.306 ± 3.826	27	N.S.
Hígado	As	3.268 ± 2.884	20	<0.05
	Cd	2.466 ± 4.034	24.1	<0.05
	Cr	0.318 ± 0.177	0.20	<0.05
	Cu	4.61 ± 1.208	10.1	<0.05
	Fe	172.219 ± 33.667	4.02	<0.05
	Hg	0.167 ± 0.163	3.3	<0.05
	Mn	2.668 ± 0.773	0.37	<0.05
	Pb	0.727 ± 1.135	0.19	<0.05
	Se	5.782 ± 5.383	1.14	<0.05
	Zn	14.112 ± 12.213	29.6	<0.05
	Músculo	As	3.886 ± 1.008	6
Cd		0.401 ± 0.136	2.1	<0.05
Cr		0.588 ± 0.254	0.06	N.S.
Cu		1.045 ± 0.225	2.1	<0.05
Fe		68.605 ± 49.374	6.34	<0.05
Hg		0.732 ± 0.118	3.2	<0.05
Mn		1.793 ± 0.925	1.55	<0.05
Pb		3.357 ± 1.629	0.19	N.S.
Se		2.393 ± 0.748	0.019	N.S.
Zn		15.647 ± 6.667	19	N.S.
Páncreas		As	0.742 ± 1.617	-
	Cd	0.904 ± 1.382	0.019	N.S.
	Cr	0.669 ± 0.897	-	N.S.
	Cu	5.418 ± 0.922	0.74	<0.05
	Fe	245.783 ± 144.227	6.92	N.S.
	Hg	0.427 ± 0.202	-	-
	Mn	3.605 ± 5.066	0.02	<0.05
	Pb	1.288 ± 3.068	0.02	N.S.
	Se	35.546 ± 41.649	-	N.S.
	Zn	33.243 ± 18.37	0.02	<0.05
	Riñón	As	0.356 ± 0.817	-
Cd		4.249 ± 4.576	2.6	N.S.
Cr		0.82 ± 1.159	-	N.S.
Cu		6.128 ± 1.646	6.7	N.S.
Fe		173.206 ± 169.9	12.06	N.S.
Hg		0.421 ± 0.473	3.3	<0.05
Mn		10.878 ± 12.619	0.02	N.S.
Pb		0.912 ± 1.461	0.02	N.S.
Se		94.966 ± 0.352	-	N.S.
Zn		32.134 ± 9.722	25	N.S.

* Promedio +1(Desv. Est. / n² - 1/2). ** Elementos que mostraron diferencias significativas según el sexo. N.S. = no significativo.
- Sin dato. ** Intervalo para machos. *** Intervalo para hembras.

Cuadro 6.
Prueba de Kruskal-Wallis con $\alpha = 0.05$ para diferencias de concentración de metales según el sexo en R. terraenovae.

TEJIDO		n	PROMEDIO*	METAL									
				As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
MUSCULO	HEMBRAS	n=10	PROMEDIO*	4.750	0.356	0.518	1.057	26.363	0.727	1.350	3.143	2.684	12.222
	MACHOS	n=11	PROMEDIO	2.720	0.441	0.652	1.032	107.161	0.736	2.176	3.552	2.109	18.761
				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
BRANQUIA	HEMBRAS	n=10	PROMEDIO	8.180	1.681	1.785	4.025	319.056	0.746	13.840	4.122	19.329	44.447
	MACHOS	n=11	PROMEDIO	5.970	2.323	1.303	3.529	409.061	0.573	8.295	3.248	11.919	46.324
				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	<.05	N.S.	N.S.	N.S.
CEREBRO	HEMBRAS	n=11	PROMEDIO	10.600	1.693	1.067	6.103	103.204	0.599	4.139	1.761	14.540	29.800
	MACHOS	n=11	PROMEDIO	10.370	2.190	0.819	7.152	66.200	0.296	3.139	3.992	7.393	32.812
				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	<.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
HIGADO	HEMBRAS	n=2	PROMEDIO	1.162	0.113	0.267	3.563	146.202	0.201	2.238	-	4.174	4.758
	MACHOS	n=3	PROMEDIO	4.671	4.034	0.353	5.308	189.563	0.128	2.938	-	6.855	20.350
				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

N.S. = NO SIGNIFICATIVO. - SIN DATO. n= NUMERO DE MUESTRAS. PANCREAS Y RIÑÓN SIN SUFICIENTES DATOS. *VALORES EN mg/kg.

Cuadro 7.
**RELACION FUNCIONAL DE LA CONCENTRACION DE METALES CON RESPECTO A
 LA LONGITUD TOTAL PARA R.terranovae.**

TEJIDO	METAL	MODELO	n	COEFICIENTE DE		NIVEL DE	RELACION		
				CORRELACION (%) ^a	REGRESION			SIGNIFICANCIA	CUADRADA (%)
				a	b				
				(MULTIPLICATIVO)	(PENDIENTE)				
BRANQUIA	As	MULTIPLICATIVO	20	0.297	-4.583	2.539	N.S	0.84	NOR-LOG
	Cd	LINEAL	21	-0.069	259.780	-0.848	N.S	0.49	NOR-NOR
	Cr	MULTIPLICATIVO	20	0.477	-3.788	2.943	<.05	22.75	NOR-LOG
	Cu	MULTIPLICATIVO	21	0.326	0.181	1.323	N.S	10.65	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	21	0.404	-2.740	3.014	N.S	18.35	NOR-LOG
	Hg	LINEAL	21	0.475	-71.818	1.811	<.05	22.53	NOR-NOR
	Mn	MULTIPLICATIVO	21	0.288	1.475	1.289	N.S	6.54	NOR-LOG
	Pb	LINEAL	12	0.029	658.488	1.171	N.S	0.04	NOR-NOR
	Se	MULTIPLICATIVO	21	0.208	0.881	1.595	N.S	4.34	NOR-LOG
	Zn	MULTIPLICATIVO	21	0.654	2.870	1.200	<.01	30.7	NOR-LOG
MUSCULO	As	MULTIPLICATIVO	21	0.304	-5.435	2.971	N.S.	9.260	NOR-LOG
	Cd	EXPONENCIAL	20	-0.178	4.499	-0.012	N.S.	3.110	LOG-LOG
	Cr	MULTIPLICATIVO	21	0.230	-1.258	1.185	N.S.	5.300	NOR-LOG
	Cu	EXPONENCIAL	20	-0.163	6.702	-0.016	N.S.	2.350	LOG-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	21	0.033	8.231	0.381	N.S.	0.110	NOR-LOG
	Hg	LINEAL	21	0.842	-107.477	2.488	<.01	41.280	NOR-NOR
	Mn	LINEAL	21	0.980	-18.079	2.718	N.S.	0.760	NOR-NOR
	Pb	EXPONENCIAL	17	0.487	1.488	0.059	<.05	24.720	LOG-LOG
	Se	MULTIPLICATIVO	21	-0.145	10.704	-1.315	N.S.	2.100	NOR-LOG
	Zn	MULTIPLICATIVO	21	0.169	3.843	0.835	N.S.	2.880	NOR-LOG
CEREBRO	As	MULTIPLICATIVO	22	0.389	-10.624	4.536	N.S.	16.830	NOR-LOG
	Cd	LINEAL	20	-0.405	8.958	-0.084	<.05	24.830	NOR-NOR
	Cr	MULTIPLICATIVO	18	-0.085	2.180	-0.499	N.S.	0.820	NOR-LOG
	Cu	EXPONENCIAL	22	0.182	9.688	0.014	N.S.	2.330	LOG-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	22	0.182	-12.184	-3.281	N.S.	3.320	NOR-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	22	0.812	4.18	1.788	<.05	26.300	NOR-LOG
	Mn	MULTIPLICATIVO	18	-0.524	17.355	-3.310	<.05	28.850	NOR-LOG
	Pb	LINEAL	8	-0.480	36.711	-0.381	N.S.	23.070	NOR-NOR
	Se	MULTIPLICATIVO	22	0.272	0.390	2.000	N.S.	7.430	NOR-LOG
	Zn	EXPONENCIAL	27	-0.103	3.691	0.004	N.S.	1.060	LOG-LOG
RACION	As	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cd	LINEAL	3	-0.895	1382.270	-13.991	N.S.	90.270	NOR-NOR
	Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	MULTIPLICATIVO	3	-0.832	8.464	-0.485	N.S.	59.320	NOR-LOG
	Fe	EXPONENCIAL	3	-0.101	8.878	-0.002	N.S.	1.030	LOG-LOG
	Hg	LINEAL	3	-0.818	134.033	-1.318	N.S.	87.060	NOR-NOR
	Mn	EXPONENCIAL	3	-0.343	7.685	-0.013	N.S.	11.830	LOG-LOG
	Pb	MULTIPLICATIVO	3	-0.833	18.010	-3.313	N.S.	87.150	NOR-LOG
	Se	EXPONENCIAL	3	-0.899	18.817	-0.101	<.05	89.870	LOG-LOG
	Zn	LINEAL	3	0.242	2857.300	7.888	N.S.	6.890	NOR-NOR
HIGADO	As	LINEAL	5	-0.569	1480.820	-17.148	N.S.	31.350	NOR-NOR
	Cd	LINEAL	4	0.842	2688.590	-38.882	N.S.	88.760	NOR-NOR
	Cr	LINEAL	5	-0.876	140.912	-1.863	N.S.	77.140	NOR-NOR
	Cu	LINEAL	5	-0.816	854.818	-6.514	N.S.	36.830	NOR-NOR
	Fe	LINEAL	5	0.541	4815.329	163.873	N.S.	24.380	NOR-NOR
	Hg	LINEAL	4	-0.518	77.728	-0.899	N.S.	36.000	NOR-NOR
	Mn	MULTIPLICATIVO	5	-0.803	11.608	-1.484	<.05	81.700	NOR-LOG
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
	Se	LINEAL	5	-0.944	4121.729	-54.085	<.05	69.290	NOR-NOR
	Zn	LINEAL	5	-0.720	7641.330	-93.530	N.S.	51.950	NOR-NOR
PANCREAS	As	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	MULTIPLICATIVO	3	-0.516	7.520	-0.227	N.S.	26.660	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	3	0.983	-0.396	2.650	N.S.	98.780	NOR-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	3	0.914	-3.788	1.638	N.S.	83.660	NOR-LOG
	Mn	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	EXPONENCIAL	3	0.942	3.412	0.075	N.S.	88.750	LOG-LOG	
Zn	EXPONENCIAL	3	-0.899	10.159	-0.034	<.01	100.000	LOG-LOG	

SIN DATO. ^a Alfa=0.05. a y b = CONSTANTES. N.S. = NO SIGNIFICATIVO. n=NUMERO DE DATOS

Cuadro 6.
RELACION FUNCIONAL DE LA CONCENTRACION DE METALES
CON RESPECTO A LA EDAD PARA R 14 rreconaves

TEJIDO	METAL	MODELO	n	COEFICIENTE DE CORRELACION (%)*	(INTERCEPTO)	(PENDIENTE)	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	CUADRADA (%)	RELACION
BRANQUIA	As	MULTIPLICATIVO	21	0.273	5.670	0.820	N.S.	7.50	NOR-LOG
	Cd	LINEAL	21	-0.103	227.710	-13.120	N.S.	1.07	NOR-NOR
	Cr	MULTIPLICATIVO	21	0.465	4.460	0.700	<.05	21.87	NOR-LOG
	Cu	MULTIPLICATIVO	21	0.324	5.480	0.460	N.S.	10.61	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	21	0.382	8.410	1.000	N.S.	14.80	NOR-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	21	0.450	2.160	1.120	<.05	21.23	NOR-LOG
	Mn	MULTIPLICATIVO	21	0.248	6.540	0.430	N.S.	6.16	NOR-LOG
	Pb	EXPONENCIAL	21	0.052	6.070	0.085	N.S.	0.28	LOG-LOG
	Se	MULTIPLICATIVO	21	0.193	6.660	0.480	N.S.	3.74	NOR-LOG
	Zn	MULTIPLICATIVO	21	0.648	8.070	0.450	<.05	30.08	NOR-LOG
MUSCULO	As	MULTIPLICATIVO	21	0.285	4.840	0.840	N.S.	8.14	NOR-LOG
	Cd	EXPONENCIAL	21	-0.281	4.110	0.240	N.S.	2.84	LOG-LOG
	Cr	MULTIPLICATIVO	21	0.224	3.520	0.400	N.S.	5.03	NOR-LOG
	Cu	EXPONENCIAL	21	-0.142	4.920	-0.190	N.S.	2.04	LOG-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	21	0.033	7.760	6.130	N.S.	0.11	NOR-LOG
	Hg	LINEAL	21	0.710	-1.768	14.480	<.01	80.83	NOR-NOR
	Mn	EXPONENCIAL	21	-0.205	5.380	-0.220	N.S.	4.22	LOG-LOG
	Pb	EXPONENCIAL	21	0.513	3.750	0.820	<.05	26.38	LOG-LOG
	Se	MULTIPLICATIVO	21	-0.155	6.430	-0.490	N.S.	2.41	NOR-LOG
	Zn	MULTIPLICATIVO	21	0.167	6.010	6.280	N.S.	2.64	NOR-LOG
CEREBRO	As	MULTIPLICATIVO	22	0.391	7.955	1.635	N.S.	14.58	NOR-LOG
	Cd	EXPONENCIAL	22	-0.484	1.728	-0.562	<.05	23.61	LOG-LOG
	Cr	LINEAL	22	0.887	0.823	0.072	N.S.	0.84	NOR-NOR
	Cu	EXPONENCIAL	22	0.161	1.300	0.197	N.S.	2.61	LOG-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	22	0.168	3.880	0.585	N.S.	2.94	NOR-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	22	0.502	4.671	1.448	<.05	25.27	NOR-LOG
	Mn	MULTIPLICATIVO	22	-0.528	2.344	-1.351	<.05	27.67	NOR-LOG
	Pb	MULTIPLICATIVO	22	-0.445	2.688	-1.238	N.S.	19.92	NOR-LOG
	Se	MULTIPLICATIVO	22	0.264	8.440	6.087	N.S.	6.88	NOR-LOG
	Zn	EXPONENCIAL	22	-0.122	3.583	-6.085	N.S.	2.89	LOG-LOG
RIÑON	As	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cd	LINEAL	3	-0.958	928.612	-180.456	N.S.	81.88	NOR-NOR
	Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	MULTIPLICATIVO	3	0.827	6.480	-0.187	N.S.	88.43	NOR-LOG
	Fe	EXPONENCIAL	3	-0.220	9.935	-0.098	N.S.	2.32	LOG-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	3	-0.804	3.804	-0.872	N.S.	64.87	NOR-LOG
	Mn	EXPONENCIAL	3	-0.600	7.285	-0.237	N.S.	25.00	LOG-LOG
	Pb	MULTIPLICATIVO	3	-0.930	4.671	-1.148	N.S.	88.60	NOR-LOG
	Se	MULTIPLICATIVO	3	-0.995	8.232	-2.336	N.S.	68.03	NOR-LOG
	Zn	LINEAL	3	0.406	2649.380	163.867	N.S.	18.44	NOR-NOR
HIGADO	As	LINEAL	6	-0.473	718.560	-233.810	N.S.	22.42	NOR-NOR
	Cd	LINEAL	6	-0.810	1371.968	-612.010	N.S.	63.80	NOR-NOR
	Cr	MULTIPLICATIVO	6	-0.868	43.729	-0.920	N.S.	25.52	NOR-LOG
	Cu	LINEAL	6	-0.495	633.380	-162.480	N.S.	24.88	NOR-NOR
	Fe	LINEAL	6	0.555	11244.800	3257.860	N.S.	31.27	NOR-NOR
	Hg	LINEAL	6	-0.627	44.000	-14.870	N.S.	40.58	NOR-NOR
	Mn	MULTIPLICATIVO	6	-0.831	305.780	-0.610	<.05	68.16	NOR-LOG
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
	Se	MULTIPLICATIVO	6	-0.931	8.890	-1.690	<.05	68.70	NOR-LOG
	Zn	LINEAL	6	-0.649	3895.010	-1356.380	N.S.	42.24	NOR-NOR
PANCREAS	As	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	LINEAL	3	0.719	608.130	-44.970	N.S.	61.72	NOR-NOR
	Fe	EXPONENCIAL	3	0.998	8.820	0.710	<.05	89.82	LOG-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	3	0.985	3.530	6.610	N.S.	97.13	NOR-LOG
	Mn	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	EXPONENCIAL	3	0.611	6.450	0.890	N.S.	66.89	LOG-LOG	
Zn	LINEAL	3	-0.818	6021.400	-1626.410	N.S.	98.02	NOR-NOR	

SIN DATO. * Alfa = 0.05. a y b = CONSTANTES. N.S. = NO SIGNIFICATIVO. n = NUMERO DE DATOS

Cuadro 9.
Prueba de Kruskal-Wallis con alfa de 0.05 para determinar diferencias de concentración según la procedencia
(localidad), para *R. terraenovae*.

MUSCULO			As	Cd	Cr	Cu	METAL					
							Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
TABASCO	n=18	PROMEDIO*	3.197	0.499	0.711	1.022	77.267	0.662	2.474	-	2.294	21.535
CHACHALACAS	n=0	PROMEDIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VERACRUZ	n=3	PROMEDIO	0.574	0.182	0.387	1.092	241.683	1.072	0.836	-	1.275	5.276
		N.S.	<.05	<.01	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	N.S.	<.01
BRANQUIA			As	Cd	Cr	Cu	METAL					
							Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
TABASCO	n=17	PROMEDIO	8.958 (16)	2.532	1.719 (16)	4.054	326.805	0.706	10.156	6.943 (8)	18.226	45.48
CHACHALACAS	n=1	PROMEDIO	1.24 (1)	0.47	1.41 (1)	2.702	164.52	0.605	21.975	1.88 (1)	3.075	47.005
VERACRUZ	n=3	PROMEDIO	.989 (3)	0.992	1.088 (3)	2.484	656.675	0.672	11.672	6.509 (3)	3.824	44.625
		N.S.	<.05	<.05	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	<.05	N.S.
CEREBRO			As	Cd	Cr	Cu	METAL					
							Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
TABASCO	n=18	PROMEDIO	12.378	-	2.022	6.714	91.002	0.518	-	-	12.214	33.652
CHACHALACAS	n=1	PROMEDIO	0.256	-	0.593	0.341	120.542	-	-	-	3.194	19.138
VERACRUZ	n=3	PROMEDIO	2.517	-	2.86	8.205	72.589	0.173	-	-	6.073	21.744
		N.S.	<.05	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	-	N.S.	<.05
HIGADO			As	Cd	Cr	Cu	METAL					
							Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
TABASCO	n=2	PROMEDIO	6.674	5.889	0.449	5.044	173.281	-	3.313	-	9.516	26.999
CHACHALACAS	n=1	PROMEDIO	0.89	-	0.231	4.624	117.924	-	2.427	-	5.618	9.364
VERACRUZ	n=2	PROMEDIO	1.15	0.275	0.232	4.17	198.304	-	2.118	-	2.131	3.602
		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	N.S.	-	N.S.	N.S.

N.S. = NO SIGNIFICATIVO. (n) = NÚMERO DE CASOS. - = SIN DATOS. PÁNCREAS Y RÍDON SIN DATOS. *VALORES EN mg/kg.

Cuadro 18.
 PROMEDIO DE LA CONCENTRACION DE METALES EN *Carcharias limbatus*.
 MUESTRADOS DURANTE EL PERIODO DE 1984/85 EN EL GOLFO DE MEXICO.

SEXO	TEJIDO		METAL									
			As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Mn	Pb	Sa	Zn
HEMBRAS	BRANQUIA n=3	Promedio	2.95	1.51	1.81	7.03	294.27	0.47	8.18	2.69	5.84	68.00
		Mediana	2.18	0.67	1.56	3.51	277.86	0.48	3.88	3.39	7.78	63.16
		Desv. Est.	2.80	2.10	1.05	7.30	235.47	0.47	8.05	2.42	3.39	22.80
		Varianza	7.86	4.39	1.10	53.75	55447.81	0.22	54.82	5.84	11.49	508.32
		Mínimo	0.14	0.00	1.08	2.19	70.18	0.00	3.22	0.00	1.93	48.31
		Máximo	5.68	3.90	3.68	15.42	538.68	0.93	17.48	4.68	7.89	92.53
	CEREBRO n=2	Promedio	4.40	3.99	0.57	6.16	74.87	0.17	1.83	2.29	4.76	34.85
		Mediana	4.40	3.99	0.57	6.16	74.87	0.17	1.83	2.29	4.76	34.85
		Desv. Est.	2.01	4.68	0.09	2.48	55.53	0.07	0.39	3.23	3.66	7.83
		Varianza	4.06	21.68	0.01	6.20	3083.72	0.01	0.13	19.45	13.38	59.22
		Mínimo	2.87	0.68	0.81	4.40	35.85	0.12	1.88	6.00	2.17	29.46
		Máximo	6.52	7.28	0.83	7.92	114.88	0.22	2.19	4.57	7.34	40.26
	HIGADO n=1	Promedio	0.28	0.00	0.22	2.87	434.67	37.14	0.77	9.00	20.41	6.07
		Mediana	0.28	0.00	0.22	2.87	434.67	37.14	0.77	9.00	20.41	6.07
		Desv. Est.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Varianza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Mínimo	0.28	0.00	0.22	2.87	434.67	37.14	0.77	9.00	20.41	6.07
		Máximo	0.28	0.00	0.22	2.87	434.67	37.14	0.77	9.00	20.41	6.07
	MUSCULO n=2	Promedio	2.77	0.33	0.42	1.25	34.90	0.82	1.28	0.06	1.40	14.25
		Mediana	2.72	0.33	0.42	1.25	24.80	0.82	1.28	0.06	1.40	14.25
		Desv. Est.	1.85	0.82	0.23	0.06	12.74	0.36	0.46	0.09	1.82	5.31
		Varianza	2.39	0.00	0.05	0.00	162.18	8.13	0.23	0.01	2.37	28.24
		Mínimo	1.83	0.32	0.25	1.21	15.88	0.39	0.86	0.00	0.37	10.48
		Máximo	3.82	0.35	0.56	1.29	33.90	0.82	1.87	0.13	2.48	19.00
PANCREAS n=1	Promedio	2.32	0.00	1.23	3.88	1785.53	8.01	1.72	9.00	8.83	255.10	
	Mediana	2.32	0.00	1.23	3.88	1785.53	8.01	1.72	9.00	8.83	255.10	
	Desv. Est.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Varianza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mínimo	2.32	0.00	1.23	3.88	1785.53	8.01	1.72	9.00	8.83	255.10	
	Máximo	2.32	0.00	1.23	3.88	1785.53	8.01	1.72	9.00	8.83	255.10	
MACHOS	BRANQUIA n=21	Promedio	3.95	0.67	0.88	2.88	316.97	7.59	6.47	2.78	8.46	50.33
		Mediana	2.72	0.48	0.82	2.71	232.48	8.48	4.23	2.40	5.87	27.17
		Desv. Est.	6.24	0.95	0.90	9.68	287.47	8.82	4.62	1.68	8.24	63.18
		Varianza	67.93	8.71	0.81	0.47	38175.19	43.81	23.22	2.78	95.42	6919.89
		Mínimo	0.00	0.00	0.72	1.51	89.46	9.34	2.49	0.00	0.96	10.78
		Máximo	39.35	4.11	4.50	4.92	1371.90	23.84	21.83	5.78	45.96	408.91
	CEREBRO n=18	Promedio	4.19	0.68	0.88	12.68	244.74	1.55	5.05	1.90	4.82	23.12
		Mediana	2.20	0.58	0.48	7.07	62.24	6.31	2.71	2.00	1.32	24.28
		Desv. Est.	4.58	8.52	9.38	43.84	459.13	4.18	2.70	1.88	19.21	8.88
		Varianza	20.85	8.27	0.14	1830.94	208069.72	17.59	69.27	2.81	104.22	78.79
		Mínimo	0.48	8.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	1.88
		Máximo	17.98	1.68	1.36	182.15	1800.88	17.01	30.81	4.89	42.87	43.82
	HIGADO n=4	Promedio	1.55	8.02	0.42	2.58	141.71	0.44	3.07	1.45	1.12	29.97
		Mediana	1.84	0.00	0.37	2.49	72.84	0.19	2.72	1.42	0.84	5.88
		Desv. Est.	1.38	0.03	0.28	1.02	186.17	9.88	1.94	1.87	1.30	46.87
		Varianza	1.80	0.00	0.04	1.05	38833.68	8.36	1.08	2.78	1.78	2487.28
		Mínimo	0.04	8.00	8.28	1.70	0.00	5.08	2.28	0.00	9.22	3.88
		Máximo	3.91	8.08	0.69	3.74	421.58	1.32	4.80	2.84	2.89	104.76
	MUSCULO n=18	Promedio	3.28	8.30	9.44	1.05	267.12	3.28	1.89	1.89	1.81	47.10
		Mediana	2.89	0.33	9.49	1.04	149.61	3.05	1.84	1.44	1.01	32.00
		Desv. Est.	2.37	0.21	8.29	0.29	283.22	3.38	1.42	2.18	1.27	43.71
		Varianza	5.60	0.04	6.88	0.88	9814.93	11.40	2.00	4.80	1.81	1810.50
		Mínimo	0.00	0.00	0.08	9.49	9.00	0.27	0.23	8.00	0.10	4.42
		Máximo	8.21	0.69	1.23	1.84	895.20	15.78	7.07	5.39	4.74	160.09
PANCREAS n=3	Promedio	3.27	1.08	8.08	9.85	264.86	2.25	2.41	2.23	13.94	37.55	
	Mediana	2.24	1.09	0.00	3.80	152.88	8.73	1.83	1.89	10.04	35.88	
	Desv. Est.	3.80	1.85	0.15	6.77	336.58	2.95	1.55	2.56	18.93	16.01	
	Varianza	12.97	1.11	0.02	45.88	112488.28	8.73	2.39	5.59	260.84	255.35	
	Mínimo	8.29	0.00	0.00	2.33	8.00	0.39	1.48	0.00	8.43	22.44	
	Máximo	7.27	2.10	0.27	14.73	847.01	5.82	4.19	4.21	21.35	54.33	
RIÑÓN n=2	Promedio	4.41	0.34	0.24	5.82	0.00	0.22	3.49	3.95	18.29	23.88	
	Mediana	4.41	0.34	0.24	5.82	0.00	0.22	3.49	3.95	18.29	23.88	
	Desv. Est.	2.39	0.49	0.14	1.49	0.00	0.13	1.87	4.78	15.25	14.88	
	Varianza	5.70	0.24	0.02	2.21	0.00	0.02	3.49	22.80	235.05	218.85	
	Mínimo	2.78	8.00	0.14	4.77	8.00	0.13	3.12	0.88	8.41	13.89	
	Máximo	6.10	0.60	0.34	8.87	8.00	0.32	4.81	7.32	30.11	34.37	

Los valores corresponden a mg/kg (ppm). - Sin dato. Pare el caso del riñón en hembras no hubo datos.

Cuadro 11.
Promedio de metales en los diferentes tejidos de *C. limbatus*.

TEJIDO	METAL	Intervalo de confianza al 95%	Valor máximo reportado un tiburones (parámetro bibliográfico)	Nivel de significancia
Branquia	As	3.788 ± 0.677*	-	N.S.
	Cd	0.771 ± 8.2	0.19	<0.05
	Cr*	0.877 ± 0.347**	-	-
	Cr	1.907 ± 0.087***	-	-
	Cu	3.202 ± 0.802	6.30	<0.05
	Fe	313.171 ± 101.02	21.71	<0.05
	Hg*	7.664 ± 2.488	2.20	<0.05
	Hg	0.469 ± 0.792	2.20	<0.05
	Mn	6.686 ± 1.818	1.26	<0.05
	Pb	2.302 ± 0.61	0.02	<0.05
	Se	8.08 ± 3.096	0.38	<0.05
	Zn*	50.326 ± 31.311	24.00	N.S.
	Zn	88.002 ± 37.931	24.00	N.S.
Cerebro	As	4.134 ± 1.816	10	<0.05
	Cd	1.033 ± 0.521	0.19	<0.05
	Cr	0.866 ± 0.16	-	-
	Cu	18.296 ± 17.446	8.4	N.S.
	Fe	226.857 ± 181.162	-	-
	Hg	1.397 ± 1.665	2.9	N.S.
	Mn	4.704 ± 3.056	-	-
	Pb	1.944 ± 0.743	-	-
	Se	4.646 ± 4.069	-	N.S.
Zn	24.42 ± 3.609	27	N.S.	
Hígado	As	1.384 ± 1.147	20	<0.05
	Cd	0.12 ± 0.022	24.1	-
	Cr	0.377 ± 0.186	0.29	N.S.
	Cu	2.664 ± 0.762	10.1	<0.05
	Fe	200.302 ± 182.857	4.02	N.S.
	Hg	7.778 ± 14.004	3.3	N.S.
	Mn	2.613 ± 1.187	0.37	<0.05
	Pb	1.166 ± 1.35	0.19	N.S.
	Se	4.978 ± 7.418	1.14	N.S.
	Zn	24.893 ± 38.036	29.6	N.S.
	Músculo	As	3.167 ± 0.876	6
Cd		0.302 ± 6.076	2.1	<0.05
Cr		0.437 ± 0.184	0.08	<0.05
Cu		1.066 ± 0.104	2.1	<0.05
Fe		244.066 ± 103.774	8.34	<0.05
Hg		3.011 ± 1.237	3.2	N.S.
Mn		1.89 ± 0.52	1.55	N.S.
Pb		1.787 ± 0.802	0.18	<0.05
Se		1.486 ± 0.482	0.019	<0.05
Zn		43.887 ± 18.021	19	<0.05
Páncreas		As	3.83 ± 3.034	-
	Cd	0.797 ± 1.827	0.018	N.S.
	Cr	0.373 ± 0.594	-	N.S.
	Cu	6.133 ± 6.878	0.74	N.S.
	Fe	647.604 ± 826.139	8.92	N.S.
	Hg	1.897 ± 2.713	-	N.S.
	Mn	2.234 ± 1.334	0.02	<0.05
	Pb	1.876 ± 2.271	6.02	N.S.
	Se	10.681 ± 14.761	-	N.S.
	Zn	81.94 ± 111.623	0.02	N.S.
Riñón	As	4.408 ± 7.645	-	N.S.
	Cd	0.343 ± 1.64	2.6	N.S.
	Cr	0.244 ± 0.446	-	N.S.
	Cu	5.821 ± 4.687	5.7	N.S.
	Fe	-	12.08	N.S.
	Hg	0.221 ± 0.424	3.3	<0.05
	Mn	3.489 ± 6.893	0.02	N.S.
	Pb	3.964 ± 15.058	0.62	N.S.
	Se	19.268 ± 48.441	-	N.S.
	Zn	23.977 ± 46.387	25	N.S.

* Promedio \pm 1(Dev.Est., n°=172). ** Elementos que mostraron diferencias significativas según el sexo. N.S. = no significativo.
- Sin dato ** Intervalo para machos. *** Intervalo para hembras.

Cuadro 12.

Prueba de Kruskal-Wallis con $\alpha = 0.05$ para diferencias de concentración de metales según el sexo en *C. limbatas*.

TEJIDO		n	PROMEDIO*	As	Cd	Cr	Cu	METAL		Mn	Pb	Se	Zn
				Fe	Hg								
MUSCULO	HEMBRAS	n = 2	PROMEDIO*	2.723	0.334	0.419	1.246	24.896	0.616	1.286	0.063	1.398	14.245
	MACHOS	n = 19	PROMEDIO	3.202	0.298	0.439	1.046	267.124	3.263	1.954	1.980	1.506	47.095
				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
BRANQUIA	HEMBRAS	n = 3	PROMEDIO	2.673	1.505	1.907	7.029	294.274	0.469	8.186	2.690	5.840	68.002
	MACHOS	n = 21	PROMEDIO	3.948	0.666	0.877	2.655	315.870	7.554	6.470	2.246	8.400	50.326
				N.S.	N.S.	<.05	N.S.	N.S.	<.05	N.S.	N.S.	N.S.	<.05
CEREBRO	HEMBRAS	n = 2	PROMEDIO	4.395	3.982	0.570	6.161	74.816	0.170	1.931	2.285	4.757	34.850
	MACHOS	n = 16	PROMEDIO	4.102	0.664	0.556	17.562	244.730	1.550	5.051	1.902	4.520	23.116
				N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

N.S. = NO SIGNIFICATIVO. - SIN DATO. n = NÚMERO DE MUESTRAS. HIGADO, PÁNCREAS Y RIÑÓN SIN SUFICIENTES DATOS. *VALORES EN mg/ta.

Cuadro 13.
RELACION FUNCIONAL DE LA CONCENTRACION DE METALES CON RESPECTO A
LA LONGITUD TOTAL PARA C. Imbatuz.

TEJIDO	METAL	MODELO	n	COEFICIENTE DE CORRELACION (%)*	a (INTERCEPTO)	b (PENDIENTE)	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	r CUADRADA (%)	RELACION
BRANQUIA	As	LINEAL	24	0.127	-0.024	0.028	N.S.	1.840	NOR-NOR
	Cd	MULTIPLICATIVO	22	-0.802	8.884	-2.168	<.01	84.460	NOR-LOG
	Cr	EXPONENCIAL	24	-0.588	1.337	-0.012	<.01	34.370	LOG-LOG
	Cu	MULTIPLICATIVO	24	-0.234	2.613	-0.327	N.S.	6.480	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	24	0.086	4.404	0.214	N.S.	0.750	NOR-LOG
	Hg	EXPONENCIAL	24	0.811	-1.422	0.021	<.05	32.450	LOG-LOG
	Mn	EXPONENCIAL	24	-0.262	2.384	-0.005	N.S.	8.550	LOG-LOG
	Pb	LINEAL	24	-0.328	7.128	-0.038	<.05	52.738	NOR-NOR
	Se	LINEAL	24	0.184	1.554	0.048	N.S.	3.780	NOR-NOR
	Zn	MULTIPLICATIVO	24	-0.158	5.328	-0.355	N.S.	2.518	NOR-LOG
MUSCULO	As	LINEAL	28	0.183	1.856	0.811	N.S.	3.370	LOG-NOR
	Cd	LINEAL	21	0.191	0.238	0.001	N.S.	3.880	NOR-NOR
	Cr	LINEAL	21	0.158	0.290	0.001	N.S.	2.530	NOR-NOR
	Cu	EXPONENCIAL	21	0.081	-0.060	0.001	N.S.	0.678	LOG-LOG
	Fe	EXPONENCIAL	19	0.787	9.823	0.935	<.01	62.070	LOG-LOG
	Hg	EXPONENCIAL	21	0.591	-2.914	0.820	<.05	47.170	LOG-LOG
	Mn	EXPONENCIAL	21	0.458	-0.691	0.009	<.05	22.920	LOG-LOG
	Pb	EXPONENCIAL	15	0.551	-2.425	0.022	<.05	30.390	LOG-LOG
	Se	LINEAL	21	0.136	8.898	0.004	N.S.	1.820	NOR-NOR
	Zn	EXPONENCIAL	21	0.592	1.178	0.018	<.85	35.100	LOG-LOG
CEREBRO	As	MULTIPLICATIVO	18	-0.169	3.280	-0.484	N.S.	2.850	NOR-LOG
	Cd	MULTIPLICATIVO	14	0.760	9.984	-0.460	<.01	57.848	NOR-LOG
	Cr	EXPONENCIAL	17	-0.055	-0.570	-0.001	N.S.	0.318	LOG-LOG
	Cu	EXPONENCIAL	17	0.287	1.341	0.005	N.S.	7.178	LOG-LOG
	Fe	LINEAL	19	0.840	-391.636	8.388	N.S.	29.190	NOR-NOR
	Hg	LINEAL	18	-0.272	8.262	-0.029	N.S.	7.458	NOR-NOR
	Mn	LINEAL	18	0.204	-0.568	0.040	N.S.	3.240	NOR-NOR
	Pb	LINEAL	18	-0.179	3.731	-0.008	N.S.	4.250	NOR-NOR
	Se	MULTIPLICATIVO	17	-0.213	4.134	-0.704	N.S.	4.578	NOR-LOG
	Zn	LINEAL	18	-0.688	44.099	-0.149	<.05	34.430	NOR-NOR
RIÑON	As	-	2	-	-	-	-	-	-
	Cd	-	2	-	-	-	-	-	-
	Cr	-	2	-	-	-	-	-	-
	Cu	-	2	-	-	-	-	-	-
	Fe	-	2	-	-	-	-	-	-
	Hg	-	2	-	-	-	-	-	-
	Mn	-	2	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	2	-	-	-	-	-	-
	Se	-	2	-	-	-	-	-	-
	Zn	-	2	-	-	-	-	-	-
HIGADO	As	LINEAL	5	-0.818	5.753	-0.038	<.05	84.380	LOG-NOR
	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	MULTIPLICATIVO	5	-0.888	5.767	-1.437	<.05	17.800	NOR-LOG
	Cu	MULTIPLICATIVO	5	0.968	-4.530	1.168	<.01	83.750	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	4	0.859	-21.885	5.483	N.S.	76.830	NOR-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	5	0.583	-25.404	5.723	N.S.	34.000	NOR-LOG
	Mn	LINEAL	5	0.248	1.420	0.008	N.S.	6.070	NOR-NOR
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
	Se	MULTIPLICATIVO	5	0.309	-8.327	2.007	N.S.	8.600	NOR-LOG
	Zn	EXPONENCIAL	5	0.131	-1.388	0.029	N.S.	63.828	LOG-LOG
PANCREAS	As	LINEAL	-	-0.973	14.176	-0.879	N.S.	94.630	NOR-NOR
	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	LINEAL	3	0.459	3.701	0.073	N.S.	21.130	NOR-NOR
	Fe	LINEAL	3	-0.080	6968.530	-40.743	N.S.	99.228	NOR-NOR
	Hg	EXPONENCIAL	4	0.407	-4.661	0.028	N.S.	18.580	LOG-LOG
	Mn	LINEAL	-	6.411	0.238	0.014	N.S.	16.828	NOR-NOR
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
	Se	LINEAL	3	0.289	-4.931	0.115	N.S.	8.300	NOR-NOR
	Zn	EXPONENCIAL	4	-0.421	5.793	-0.012	N.S.	17.788	LOG-LOG

* SIN DATO. * Alfa=0.05. a y b = CONSTANTES. N.S. = NO SIGNIFICATIVO. n = NUMERO DE DATOS.

Cuadro 14.
RELACION FUNCIONAL DE LA CONCENTRACION DE METALES
CON RESPECTO A LA EDAD PARA C. Nubatus.

TEJIDO	METAL	MODELO	n	r	a	b	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	r	RELACION
				COEFICIENTE DE CORRELACION (%)*	INTERCEPTO	(PENDIENTE)			CUADRADA (%)
BRANQUIA	As	LINEAL	24	0.173	0.978	0.528	N.S.	2.99	NOR-NOR
	Cd	MULTIPLICATIVO	24	-0.812	0.780	-0.931	<.05	66.09	NOR-LOG
	Cr	EXPONENCIAL	24	0.592	0.816	-0.166	<.05	35.14	LOG-LOG
	Cu	MULTIPLICATIVO	24	-0.242	1.238	-0.143	N.S.	6.88	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	24	0.193	8.289	0.098	N.S.	6.88	NOR-LOG
	Hg	EXPONENCIAL	24	8.602	-8.131	0.285	<.05	39.31	LOG-LOG
	Mn	EXPONENCIAL	24	-0.288	2.078	-0.072	N.S.	8.93	LOG-LOG
	Pb	LINEAL	24	-0.735	8.247	-0.412	<.05	64.13	NOR-NOR
	Se	LINEAL	24	0.217	4.098	0.748	N.S.	4.74	NOR-NOR
	Zn	MULTIPLICATIVO	24	-0.155	3.819	-0.147	N.S.	2.41	NOR-LOG
MUSCULO	As	LINEAL	21	8.162	2.591	0.138	N.S.	2.65	NOR-NOR
	Cd	LINEAL	21	0.219	0.279	0.014	N.S.	4.97	NOR-NOR
	Cr	LINEAL	21	0.149	0.358	0.015	N.S.	2.28	NOR-NOR
	Cu	EXPONENCIAL	21	8.104	-6.034	0.011	N.S.	1.09	LOG-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	21	0.227	2.367	1.630	<.05	60.38	NOR-LOG
	Hg	EXPONENCIAL	21	0.681	-0.782	0.774	<.05	48.39	LOG-LOG
	Mn	EXPONENCIAL	21	0.494	-0.184	0.121	<.05	74.41	LOG-LOG
	Pb	EXPONENCIAL	21	0.873	-1.132	0.378	<.05	37.8	LOG-LOG
	Se	LINEAL	21	0.182	1.041	0.087	N.S.	3.34	NOR-NOR
	Zn	EXPONENCIAL	21	0.583	2.180	0.227	<.05	35.18	LOG-LOG
CEREBRO	As	MULTIPLICATIVO	18	0.167	1.273	-0.198	N.S.	2.78	NOR-LOG
	Cd	MULTIPLICATIVO	18	-0.785	0.820	-0.620	<.05	58.55	NOR-LOG
	Cr	EXPONENCIAL	18	-0.953	-0.522	-0.012	N.S.	6.29	LOG-LOG
	Cu	EXPONENCIAL	18	0.292	1.684	0.080	N.S.	8.87	LOG-LOG
	Fe	EXPONENCIAL	18	0.573	4.008	0.240	N.S.	32.93	LOG-LOG
	Hg	LINEAL	19	-0.289	3.789	-0.439	N.S.	8.37	NOR-NOR
	Mn	LINEAL	18	0.242	1.004	0.054	N.S.	8.59	NOR-NOR
	Pb	LINEAL	18	-0.290	3.566	-0.130	N.S.	9.77	NOR-NOR
	Se	MULTIPLICATIVO	18	0.213	1.157	-0.298	N.S.	4.58	NOR-LOG
	Zn	LINEAL	18	-0.568	35.278	-2.023	<.05	32.36	NOR-NOR
RIÑON	As	-	2	-	-	-	-	-	-
	Cd	-	2	-	-	-	-	-	-
	Cr	-	2	-	-	-	-	-	-
	Cu	-	2	-	-	-	-	-	-
	Fe	-	2	-	-	-	-	-	-
	Hg	-	2	-	-	-	-	-	-
	Mn	-	2	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	2	-	-	-	-	-	-
HIGADO	As	LINEAL	5	-0.900	3.383	-0.477	<.05	79.08	NOR-NOR
	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	MULTIPLICATIVO	5	-0.867	-0.287	-0.518	N.S.	75.27	NOR-LOG
	Cu	MULTIPLICATIVO	5	8.981	0.284	0.807	<.05	82.43	NOR-LOG
	Fe	MULTIPLICATIVO	5	0.858	1.417	2.372	N.S.	73.23	NOR-LOG
	Hg	MULTIPLICATIVO	5	6.558	-3.384	2.224	N.S.	32.14	NOR-LOG
	Mn	LINEAL	5	8.370	1.268	0.704	N.S.	13.25	NOR-NOR
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
PANCREAS	As	LINEAL	3	-0.992	9.136	-1.000	N.S.	88.44	NOR-NOR
	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cu	LINEAL	3	6.519	0.594	0.988	N.S.	27.62	NOR-NOR
	Fe	LINEAL	3	-0.989	3438.830	-388.319	N.S.	87.63	NOR-NOR
	Hg	LINEAL	3	0.532	-0.671	0.471	N.S.	28.3	NOR-NOR
	Mn	LINEAL	3	6.403	1.226	0.178	N.S.	16.31	NOR-NOR
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-
PULMON	As	LINEAL	3	0.378	0.202	1.827	N.S.	14.35	NOR-NOR
	Zn	EXPONENCIAL	3	-0.553	6.112	-0.194	N.S.	30.85	LOG-LOG

* SIN DATO. * ALFA DE 0.05 DE CONFIABILIDAD. a y b = CONSTANTES. N.S. = NO SIGNIFICATIVO. n = TAMAÑO DE MUESTRA.

Cuadro 15.
Prueba de Kruskal-Wallis con alfa de 0.05 para determinar diferencias de concentración según la procedencia (localidad), para C. imbatius.

MUSCULO			As	Cd	Cr	Cu	METAL					Zn
						Fe	Hg	Mn	Pb	Se		
TAMAULIPAS	n=2	PROMEDIO*	2.939 (2)	0.367 (2)	0.21	0.978	17.522 (2)	0.387	1.052	0.188 (2)	0.502	11.448
VERACRUZ	n=10	PROMEDIO	2.498 (9)	0	0.505	1.117	104.135 (8)	3.021	2.181	1.654 (4)	2.12	41.535
TABASCO	n=9	PROMEDIO	4.214 (9)	0.458 (9)	0.412	1.027	473.003 (9)	4.337	1.753	3.417 (9)	1.022	53.896
			N.S.	<.05	N.S.	N.S.	<.01	N.S.	N.S.	<.05	N.S.	N.S.
BRANQUIA			As	Cd	Cr	Cu	METAL					Zn
						Fe	Hg	Mn	Pb	Se		
TAMAULIPAS	n=2	PROMEDIO	5.215	0.823 (2)	2.791	2.623	404.765	0.408 (2)	6.237	3.392 (1)	6.13	73.093
VERACRUZ	n=13	PROMEDIO	4.914	1.123 (11)	1.104	3.548	398.216	8.708 (12)	8.977	3.357 (9)	10.183	68.551
TABASCO	n=9	PROMEDIO	1.645	0.5 (9)	0.467	2.831	169.973	7.036 (9)	3.473	2.404 (9)	5.475	25.291
			N.S.	N.S.	<.01	N.S.	N.S.	N.S.	<.01	N.S.	N.S.	<.01
CEREBRO			As	Cd	Cr	Cu	METAL					Zn
						Fe	Hg	Mn	Pb	Se		
TAMAULIPAS	n=1	PROMEDIO	5.819	0.677 (1)	0.507	4.401 (1)	-	0.119 (1)	1.675	4.57 (1)	2.17 (1)	29.455
VERACRUZ	n=8	PROMEDIO	4.124	2.177 (5)	0.879	28.947 (8)	-	2.916 (8)	8.382	3.817 (2)	8.096 (8)	24.56
TABASCO	n=8	PROMEDIO	3.457	0.764 (7)	0.283	198.37 (7)	-	0.198 (7)	1.575	2.699 (8)	1.007 (7)	21.213
			N.S.	N.S.	<.01	N.S.	-	N.S.	<.01	N.S.	<.05	N.S.

N.S. = NO SIGNIFICATIVO. (n) = NÚMERO DE CASOS. - SIN DATOS. PÁNCREAS, HÍGADO Y RIÑÓN SIN DATOS. *VALORES EN mg/kg.

Cuadro 16.
 Prueba de Kolmogorov-Smirnov con alfa de 0.05 para comparar la concentración de metales en hembras, según el tejido, tomando a la especie como unidad de estudio.

TEJIDO	ESPECIE	n		METAL									
				As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
BRANQUIA	<i>C. limbatas</i>	3	PROMEDIO	2.67	1.51	1.91	7.03	294.27	0.47	8.19	2.69	5.84	68.00
	<i>R. terraenovae</i>	10	PROMEDIO	8.18	2.32	1.79	4.03	319.06	0.75	13.84	4.12	19.33	44.45
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	< .01	N.S	N.S
CEREBRO	<i>C. limbatas</i>	2	PROMEDIO	4.40	3.98	0.57	6.16	74.82	0.17	1.93	2.29	4.76	34.86
	<i>R. terraenovae</i>	11	PROMEDIO	10.60	1.69	1.09	6.10	103.20	0.60	4.14	1.76	14.54	29.80
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	< .01	N.S	N.S
HIGADO	<i>C. limbatas</i>	1	PROMEDIO	0.28	0.00	0.22	2.87	434.67	37.14	0.77	0.00	20.41	5.07
	<i>R. terraenovae</i>	2	PROMEDIO	1.16	0.11	0.27	3.56	146.20	0.20	2.24	0.00	4.17	4.76
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MUSCULO	<i>C. limbatas</i>	2	PROMEDIO	2.72	0.33	0.42	1.25	24.90	0.62	1.29	0.06	1.40	14.25
	<i>R. terraenovae</i>	10	PROMEDIO	4.75	0.36	0.52	1.06	26.36	0.73	1.35	4.14	2.68	12.22
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
PANCREAS	<i>C. limbatas</i>	1	PROMEDIO	2.32	0.00	1.23	3.68	795.53	0.01	1.72	0.00	0.83	255.10
	<i>R. terraenovae</i>	2	PROMEDIO	1.11	0.24	0.85	5.23	305.88	0.51	5.50	0.00	47.19	25.72
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

N.S. NO SIGNIFICATIVO. VALORES DADOS EN mg/kg. SIN DATO. RINÓN SIN DATOS.

Cuadro 17.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov con alfa de 0.05 para comparar la concentración de metales en machos, según el tejido, tomando a la especie como unidad de estudio.

TEJIDO	ESPECIE	n		METAL									
				As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
BRANQUIA	<i>C. limbatas</i>	21	PROMEDIO	3.95	0.67	0.88	2.66	315.97	7.56	6.47	2.25	8.40	50.33
	<i>R. terraenovae</i>	11	PROMEDIO	5.57	1.68	1.30	3.53	409.06	0.57	9.30	3.25	11.92	46.32
				<.05	<.01	N.S	N.S	N.S	<.01	N.S	N.S	N.S	N.S
CEREBRO	<i>C. limbatas</i>	15	PROMEDIO	4.10	0.66	0.56	17.56	244.74	1.55	5.05	1.90	4.52	23.12
	<i>R. terraenovae</i>	11	PROMEDIO	10.17	2.19	0.82	7.15	68.20	0.30	3.44	3.99	7.39	32.81
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	<.05	<.05	N.S	N.S
HIGADO	<i>C. limbatas</i>	4	PROMEDIO	1.66	0.02	0.42	2.60	141.71	0.44	3.07	1.45	1.12	29.67
	<i>R. terraenovae</i>	3	PROMEDIO	4.67	4.03	0.35	5.31	189.56	0.13	2.94	1.21	6.86	20.35
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MUSCULO	<i>C. limbatas</i>	19	PROMEDIO	3.20	0.30	0.44	1.05	267.12	3.26	1.95	1.98	1.51	47.10
	<i>R. terraenovae</i>	11	PROMEDIO	2.72	0.44	0.65	1.03	107.16	0.74	2.18	3.55	2.11	18.76
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	<.01	N.S	N.S	N.S	<.01
RINCN	<i>C. limbatas</i>	2	PROMEDIO	4.41	0.34	0.24	5.92	0.00	0.22	3.49	3.95	19.26	23.98
	<i>R. terraenovae</i>	3	PROMEDIO	0.36	4.25	0.62	6.13	173.21	0.42	10.98	0.91	94.97	32.13
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
PANCREAS	<i>C. limbatas</i>	3	PROMEDIO	3.27	1.06	0.09	6.95	264.96	2.28	2.41	2.23	13.94	37.55
	<i>R. terraenovae</i>	1	PROMEDIO	0.00	1.93	0.00	5.80	125.58	0.26	0.00	3.66	12.27	48.30
				N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

|| = NO SIGNIFICATIVO. VALORES DADOS EN mg/kg. SN DATO

Cuadro 18.
Prueba de Kolmogorov-Smirnov con alfa de 0.05 para comparar la concentración de metales para sexos combinados, según el tejido,
tomando a la especie como unidad de estudio.

TEJIDO	ESPECIE	n		METAL									
				As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Se	Zn
BRANQUIA	<i>C. limbatas</i>	24	PROMEDIO	2.31	0.77	0.92	3.20	313.17	6.67	6.68	2.30	8.08	37.20
	<i>R. terraenovae</i>	21	PROMEDIO	7.02	1.98	1.53	3.76	366.20	0.65	10.93	3.66	15.44	45.43
CEREBRO	<i>C. limbatas</i>	18	PROMEDIO	<.01	<.01	<.01	N.S	N.S	<.01	<.05	N.S	N.S	N.S
	<i>R. terraenovae</i>	22	PROMEDIO	4.13	1.03	0.55	16.29	225.85	1.39	4.70	1.94	4.54	24.42
HIGADO	<i>C. limbatas</i>	5	PROMEDIO	10.48	1.94	0.95	6.62	85.70	0.45	3.78	2.87	10.96	31.80
	<i>R. terraenovae</i>	5	PROMEDIO	<.01	N.S	<.05	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	<.01	<.05
MUSCULO	<i>C. limbatas</i>	5	PROMEDIO	1.38	0.01	0.37	2.65	200.30	7.77	2.61	1.15	4.97	24.99
	<i>R. terraenovae</i>	5	PROMEDIO	3.26	2.46	0.31	4.61	172.91	0.15	2.65	0.72	5.78	14.11
RINON	<i>C. limbatas</i>	21	PROMEDIO	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
	<i>R. terraenovae</i>	21	PROMEDIO	3.15	0.30	0.43	1.06	244.05	3.01	1.89	1.79	1.49	43.96
PANCREAS	<i>C. limbatas</i>	21	PROMEDIO	3.68	0.40	0.58	1.04	68.66	0.73	1.78	3.35	2.38	15.64
	<i>R. terraenovae</i>	3	PROMEDIO	N.S	N.S	N.S	N.S	<.01	<.05	<.05	N.S	N.S	<.01
PÁNCREAS	<i>C. limbatas</i>	2	PROMEDIO	4.40	0.34	0.24	5.82	-	0.22	3.48	3.95	19.25	23.97
	<i>R. terraenovae</i>	3	PROMEDIO	0.35	4.24	0.62	6.12	173.20	0.42	10.97	0.91	94.96	32.13
PÁNCREAS	<i>C. limbatas</i>	4	PROMEDIO	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
	<i>R. terraenovae</i>	3	PROMEDIO	3.03	0.79	0.37	6.13	647.60	1.69	2.23	1.67	10.66	91.94
PÁNCREAS	<i>C. limbatas</i>	3	PROMEDIO	0.74	0.80	0.56	5.41	245.78	0.42	3.66	1.28	35.54	33.24
	<i>R. terraenovae</i>	3	PROMEDIO	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

N.S = NO SIGNIFICATIVO. VALORES DADOS EN mg/kg. SIN DATO

Cuadro 19.
CANTIDAD MINIMA NECESARIA DE MUSCULO DE TIBURÓN CUYA INGESTA PRODUZCA ALGÚN SIGNO DE INTOXICACIÓN.

METAL	As	Cd	Hg	Pb
INGESTA MAXIMA TOLERABLE*	0.05 mg/kg/día	0.008 mg/kg/semana	0.003 mg/kg/día	2.5 mg/kg/día
CONCENTRACION DETECTADA. EN <i>C.limbatus</i> .	3.15 mg/kg	0.30 mg/kg	3.01 mg/kg	1.79 mg/kg
CONCENTRACION DETECTADA. EN <i>R.terraenovae</i> .	3.68 mg/kg	0.40 mg/kg	0.75mg/kg	3.35 mg/kg
INGESTA MAXIMA TOLERABLE ** DE CARNE DE <i>C.limbatus</i> .	1.11 kg/día	1.86 kg/semana	0.0697 kg/día	97.76 kg/día
INGESTA MAXIMA TOLERABLE ** DE CARNE DE <i>R.terraenovae</i> .	0.951 kg/día	1.40 kg/semana	0.287 kg/día	52.23 kg/día

* Según los límites establecidos por la FAO/OMS. ** Considerados para una persona adulta de 70 kg. de peso.

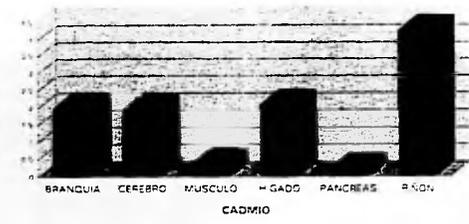
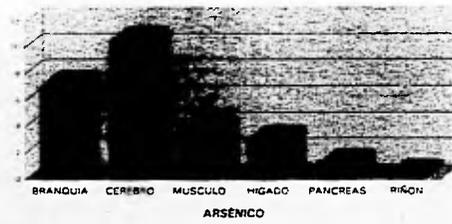


Fig. 5 Distribución promedio de As, Cd, Cr y Cu, según el tejido en *R. terraenovae*.

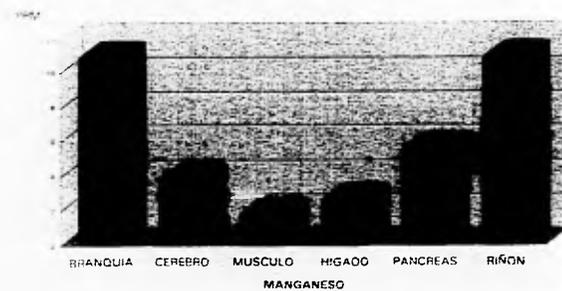
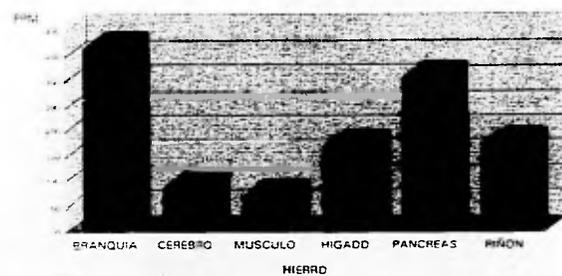


Fig. 6 Distribución promedio de Fe, Hg, Pb y Mn según el tejido en *R. terraenovae*.

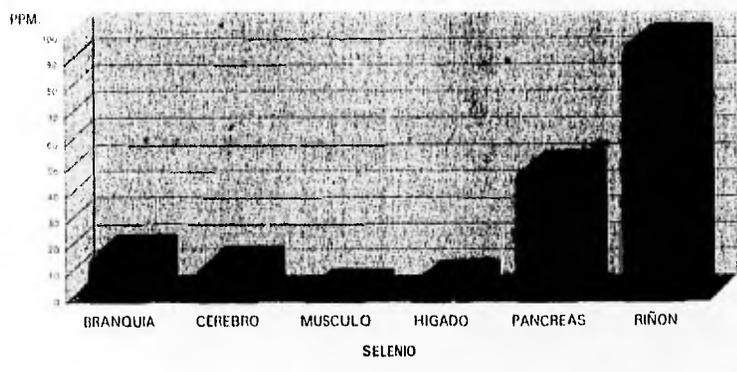
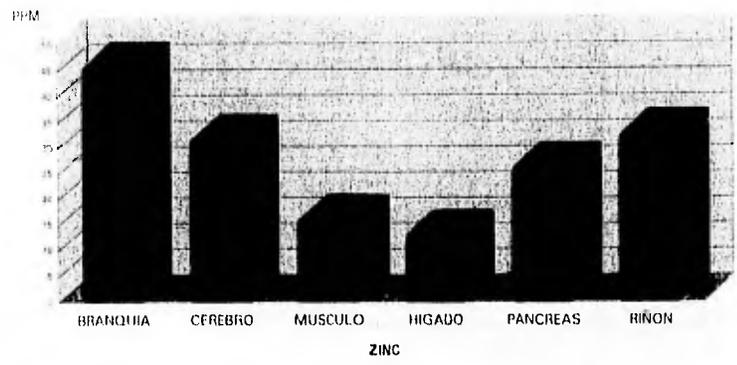


Fig. 7 Distribución promedio de Se y Zn, según el tejido en *R.terraenovae*.

Modelo de crecimiento de Von Bertalanffy calculado para *C.limbatus*.

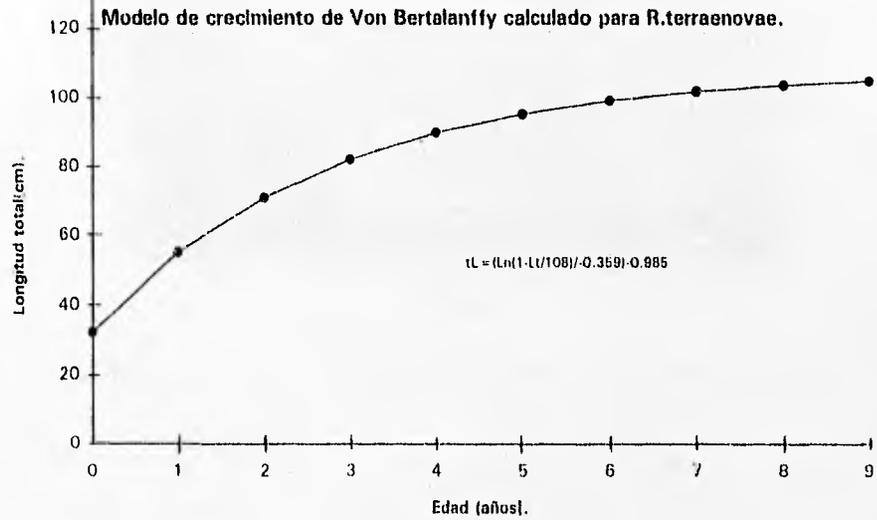
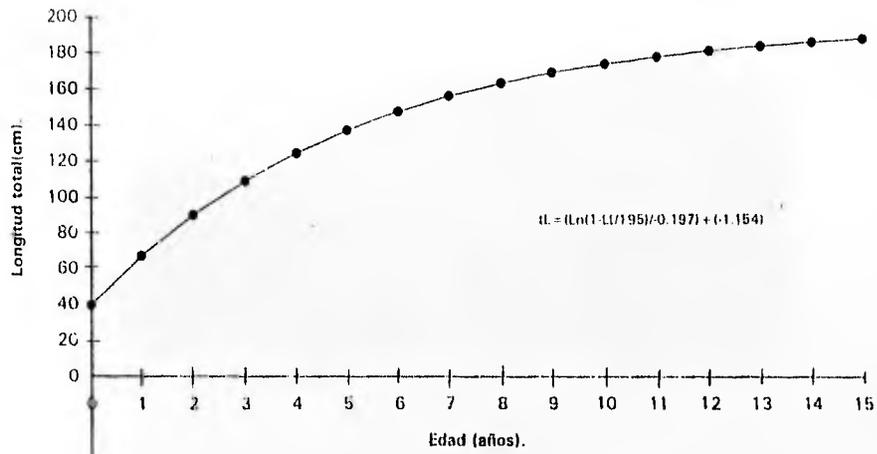


Figura 8. Modelo de crecimiento para la estimación de la edad a partir de la longitud (tomados de Killam-Parson, 1989 y Branstetter, 1987).

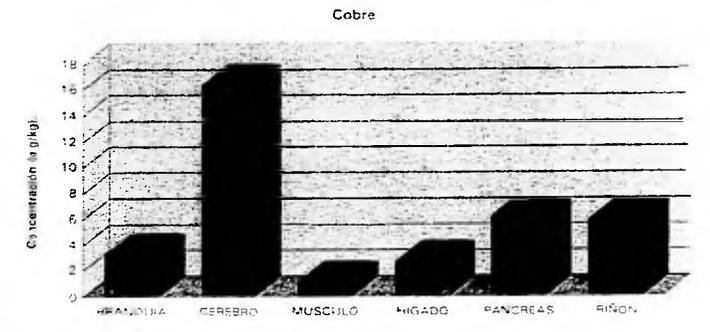
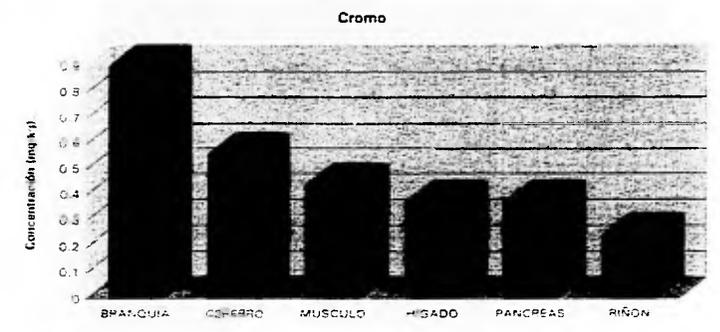
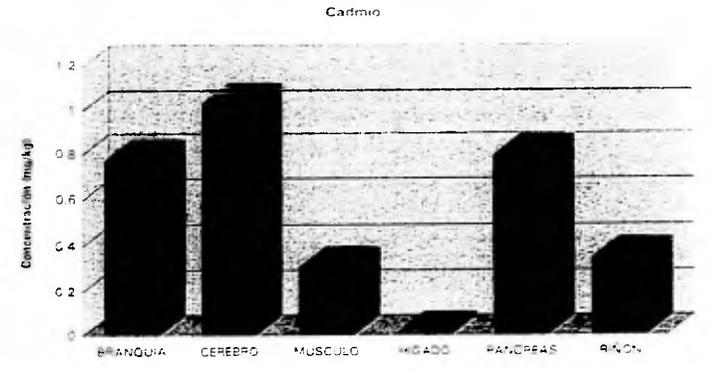
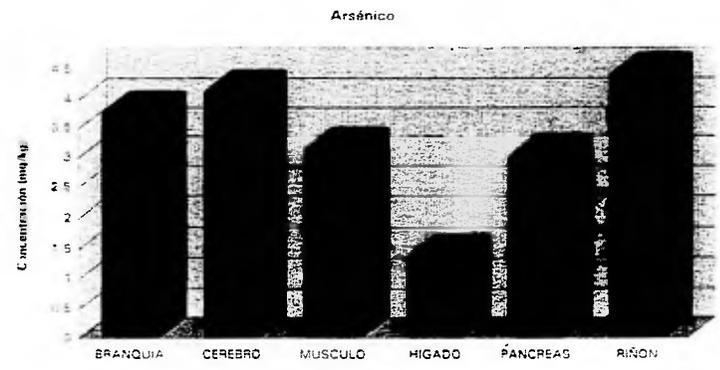


Fig. 9. Distribución promedio de As, Cd, Cr y Cu en seis tejidos de *C. limbatus*

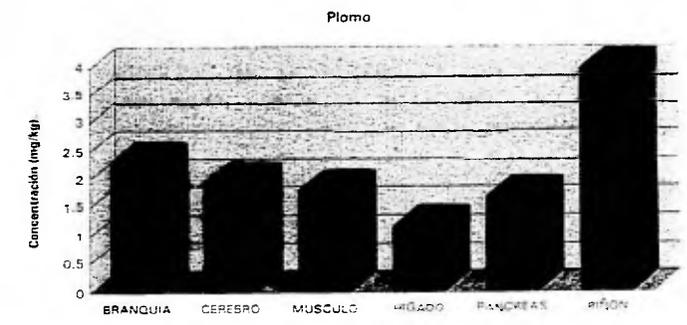
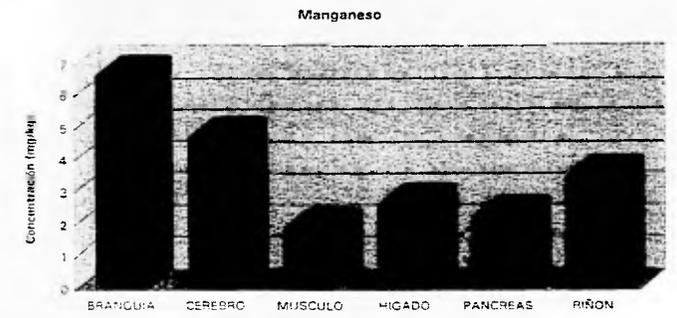
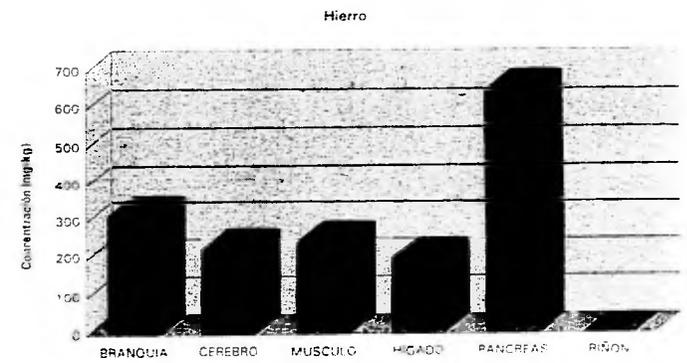
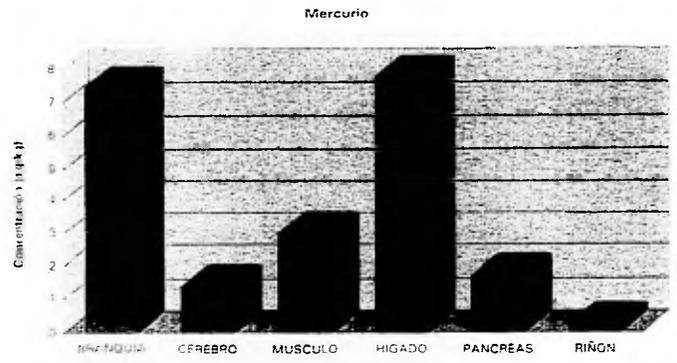


Fig. 10 Distribución promedio de Fe, Hg, Mn y Pb en seis tejidos de *C. limbatus*.

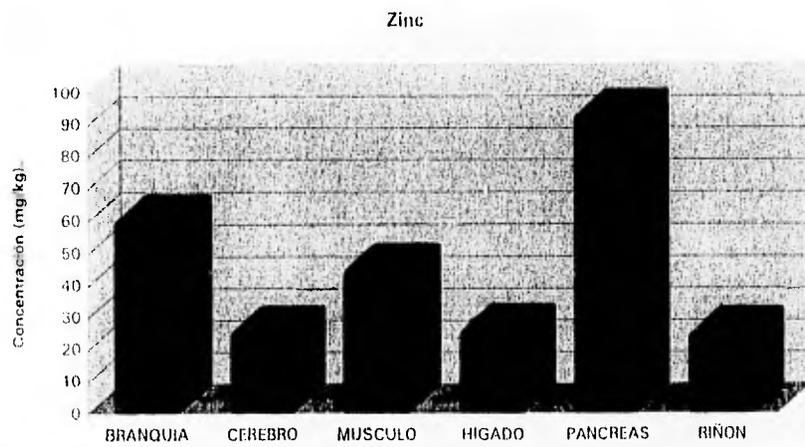
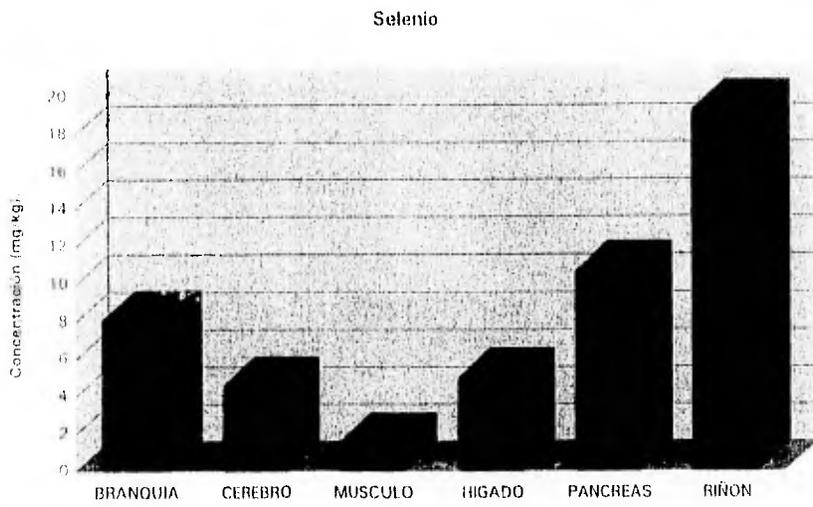


Fig. 11 Distribución promedio de Se y Zn en seis tejidos de *C.limbatus*.

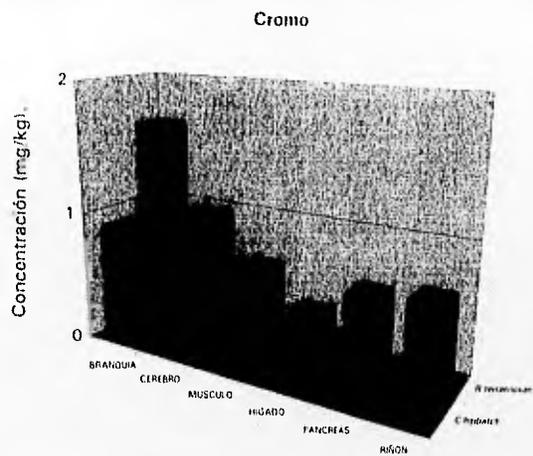
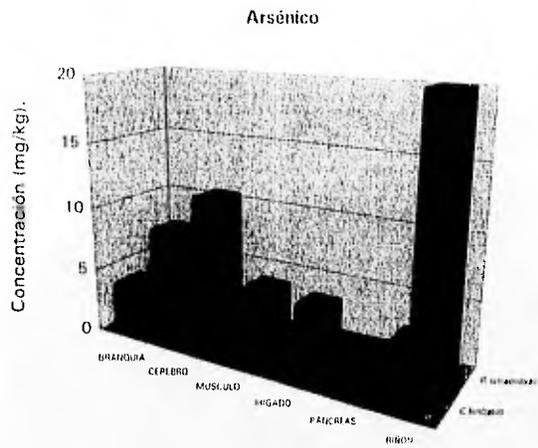


Fig. 12 Comparación de las concentraciones promedio de As y Cr, según el tejido entre *C. limbatus* y *R. terraenovae*.

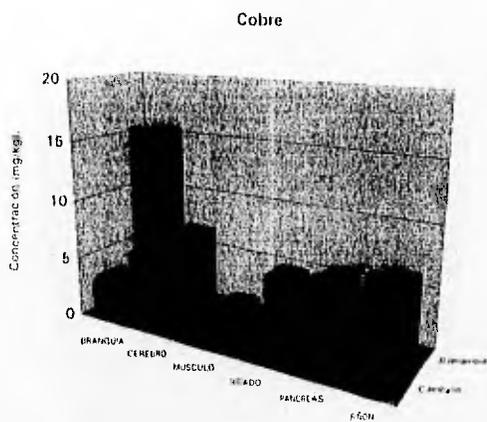
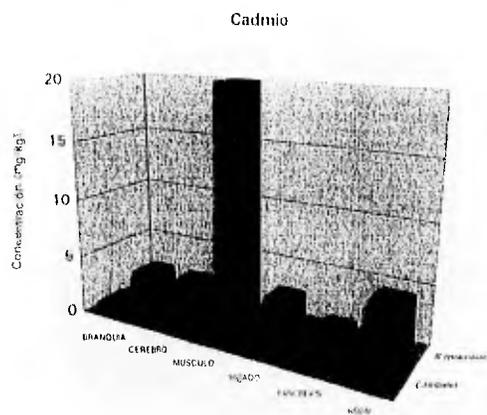
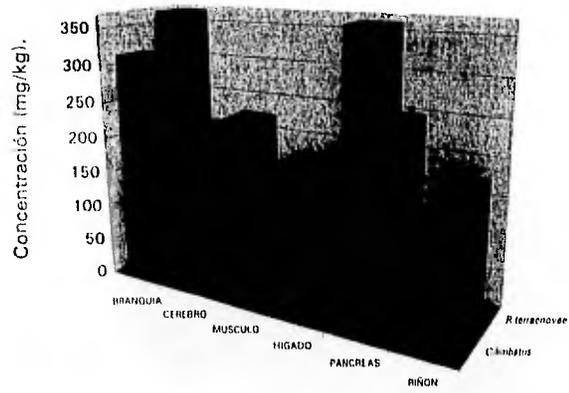


Fig. 13 Comparación de las concentraciones promedio de Cd y Cu, según el tejido, entre *C. limbatus* y *R. terraenovae*.

Hierro



Manganeso

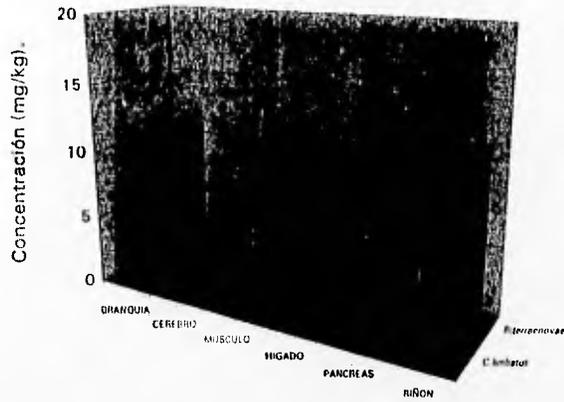
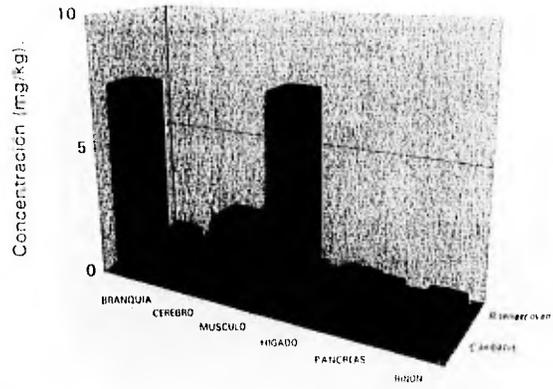


Fig. 14 Comparación de las concentraciones promedio de Fe y Mn, según el tejido, entre *C. limbatus* y *R. terraenovae*.

Mercurio



Plomo

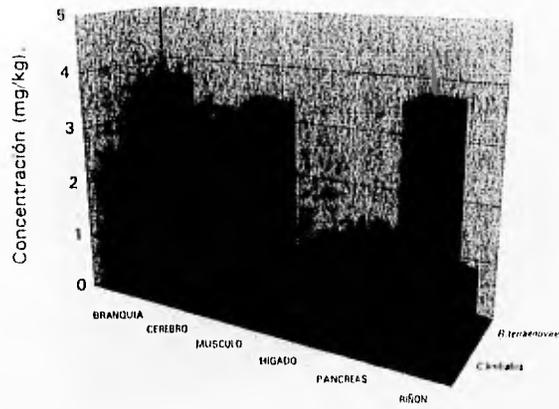
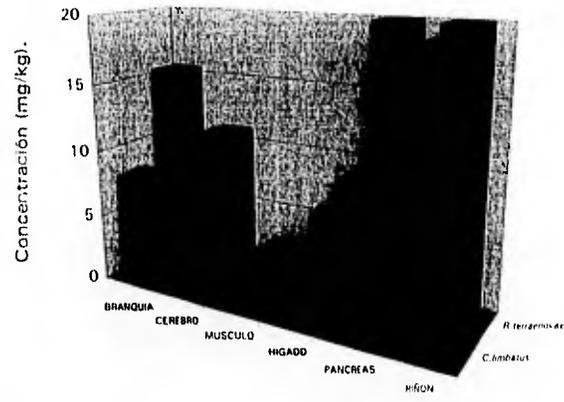


Fig. 15 Comparación de las concentraciones promedio de Hg y Pb, según el tejido, entre *C. limbatus* y *R. terraenovae*.

Selenio



Zinc

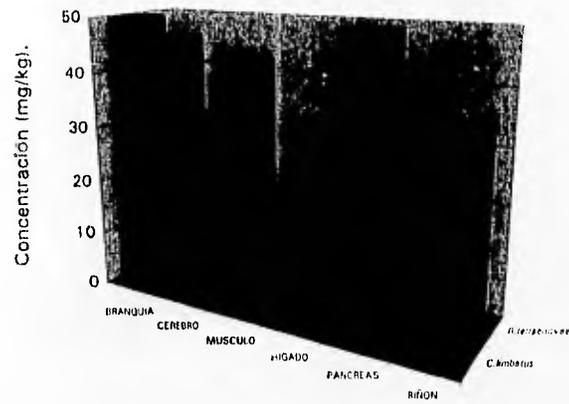


Fig. 16 Comparación de las concentraciones promedio de Se y Zn, según el tejido, entre *C.limbatus* y *R.terraenovae*.

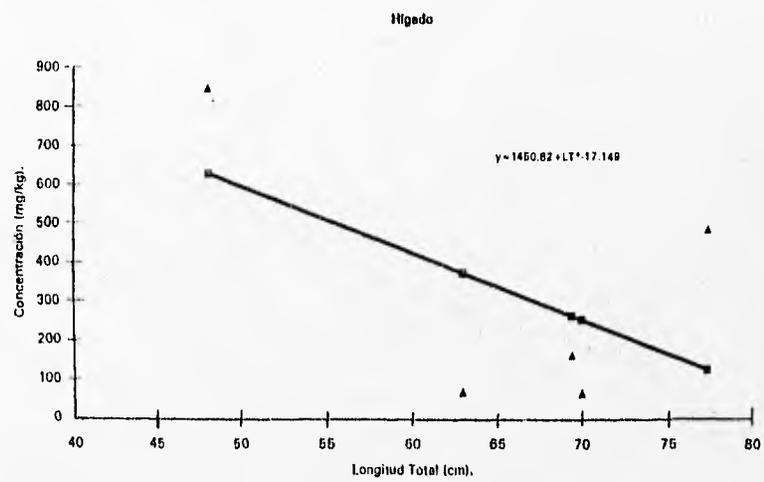
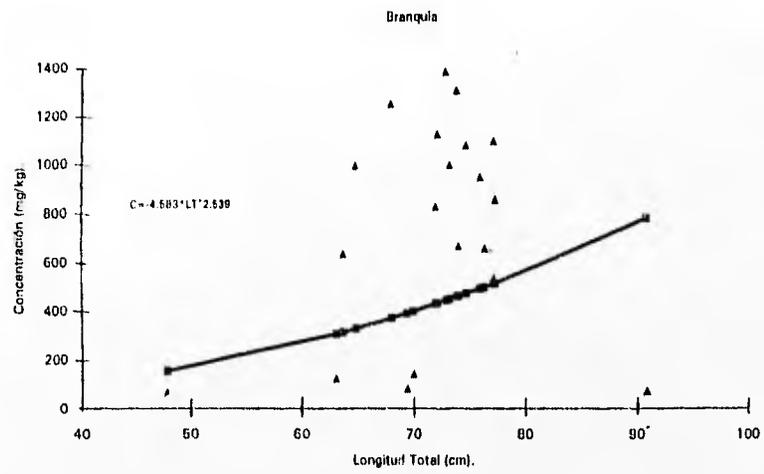


Fig. 17 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la longitud total del tiburón.

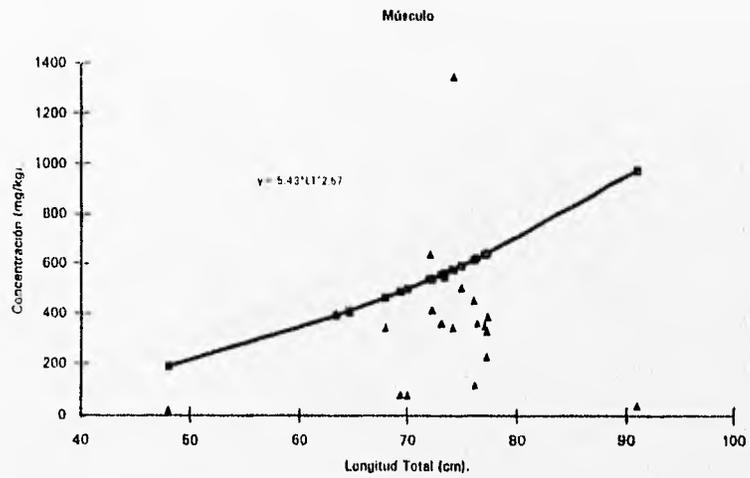
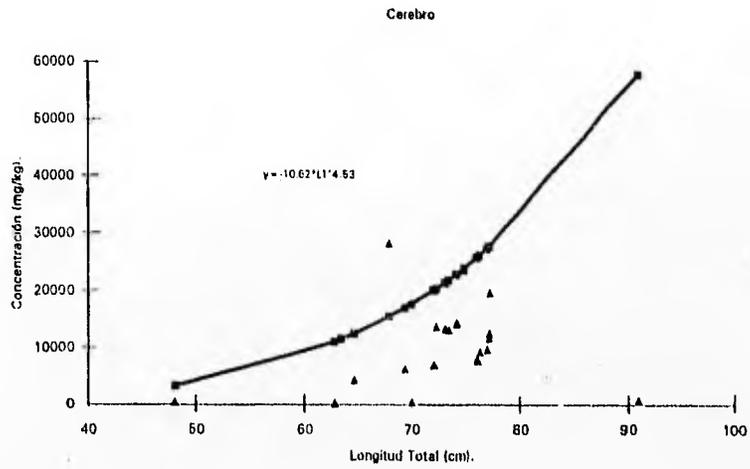


Fig.18 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

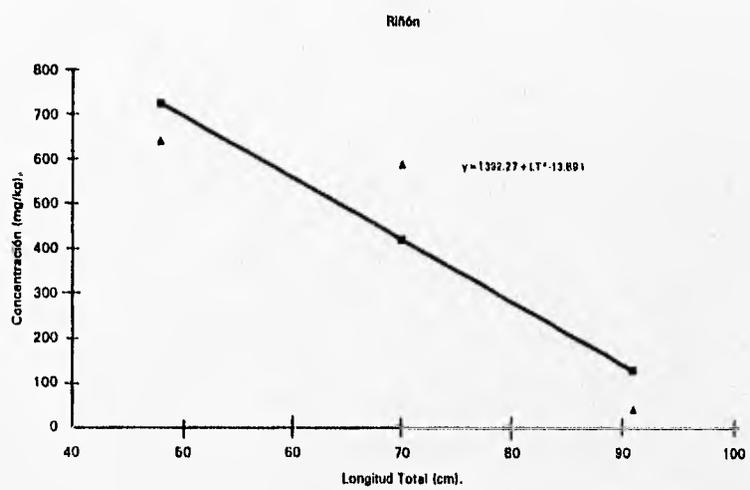
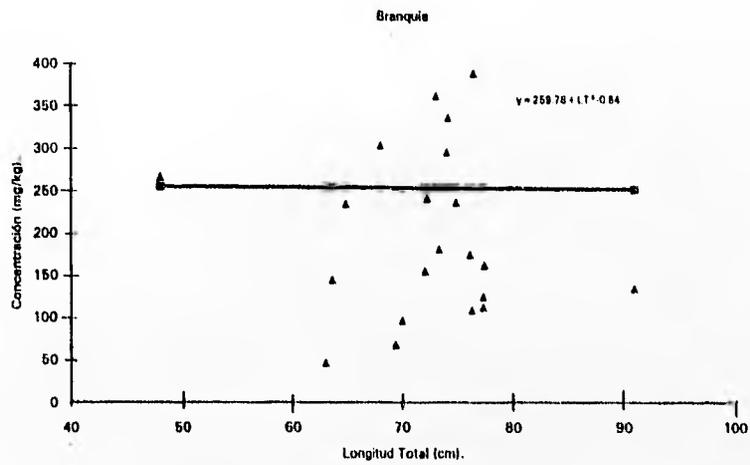


Fig.19 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cadmio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

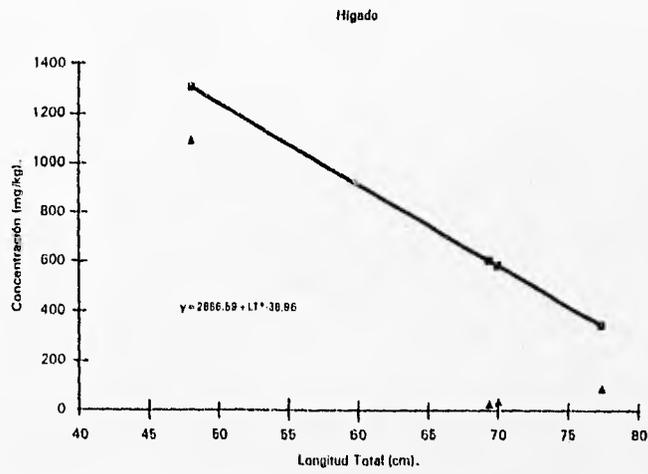
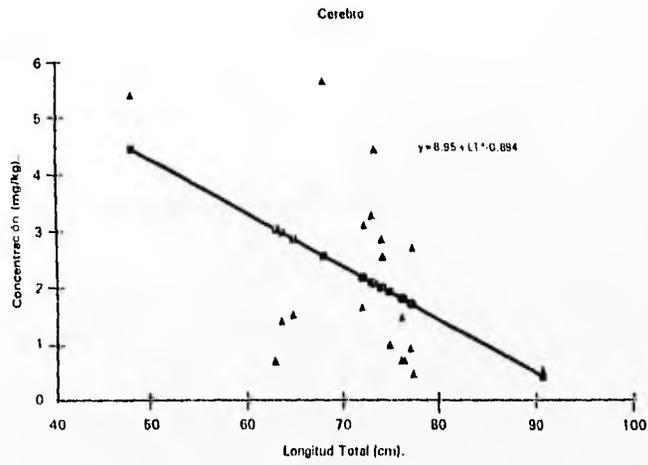


Fig.20 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cadmio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

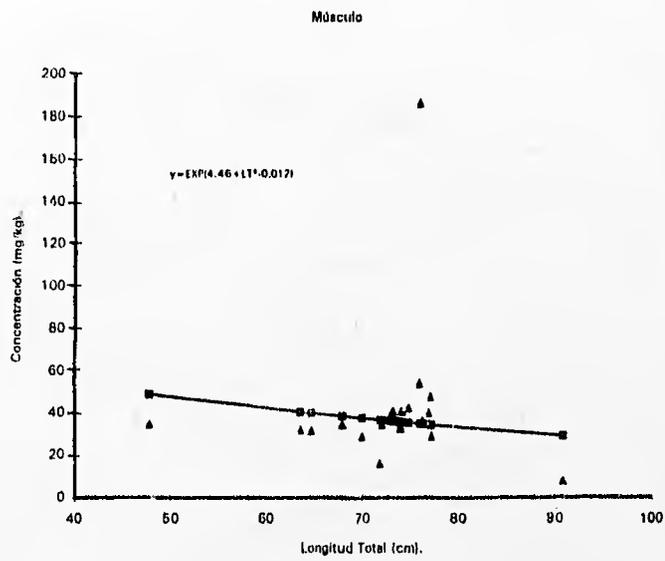


Fig.21 Curva de regresión que describe la relación entre el Cadmio total detectado en músculo de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

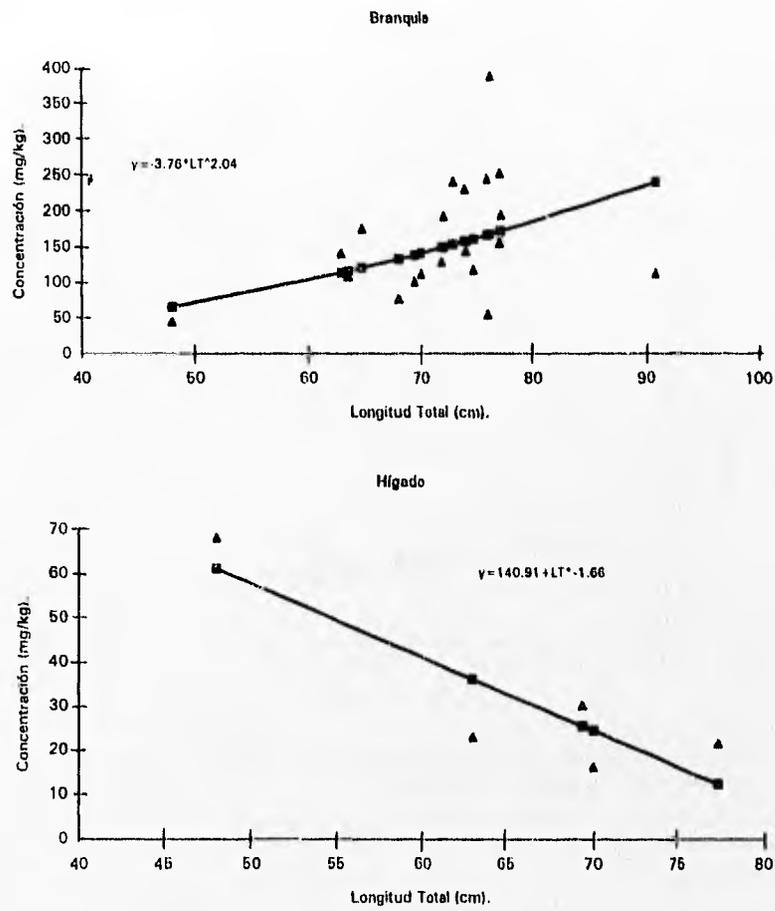


Fig.22 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

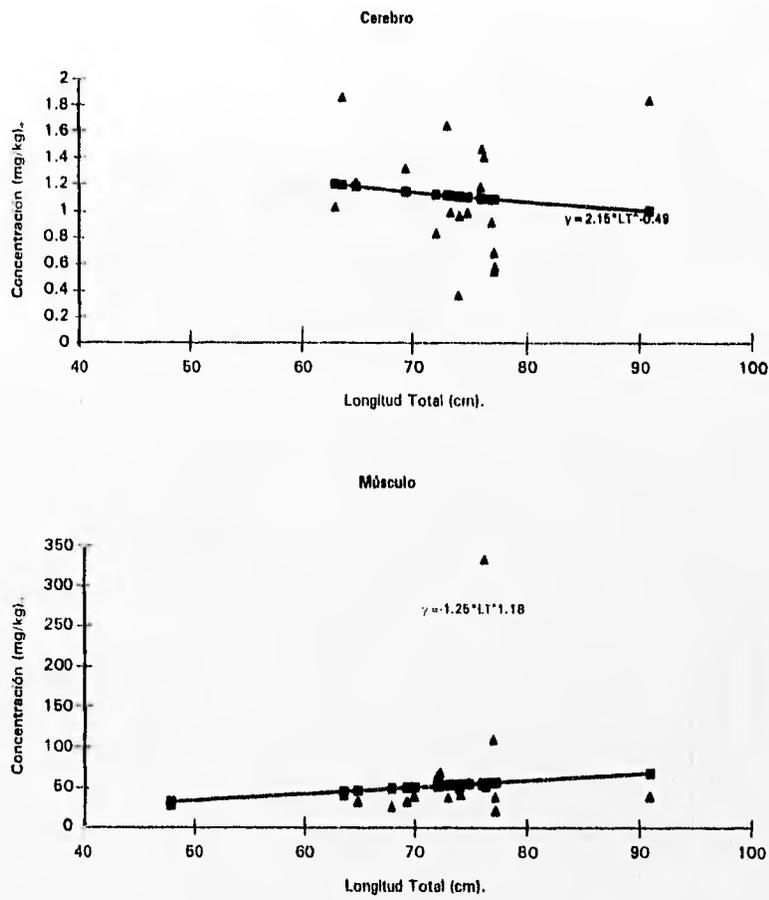


Fig.23 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

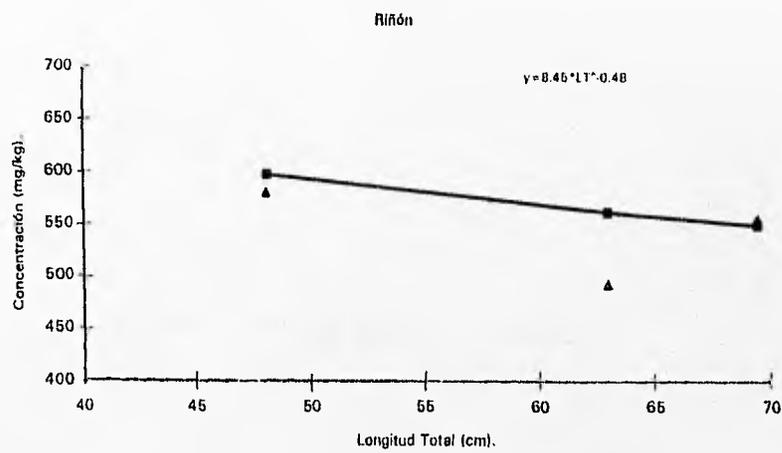
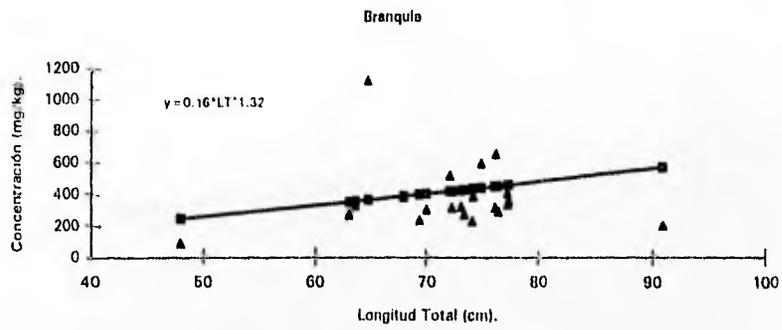


Fig.24 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

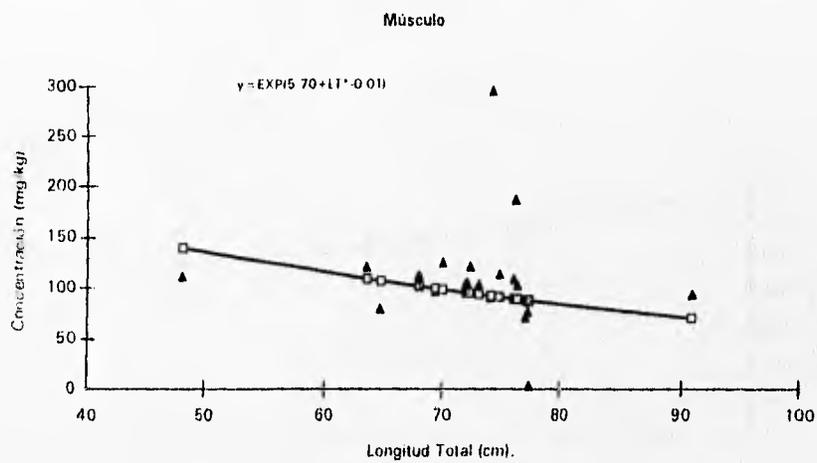
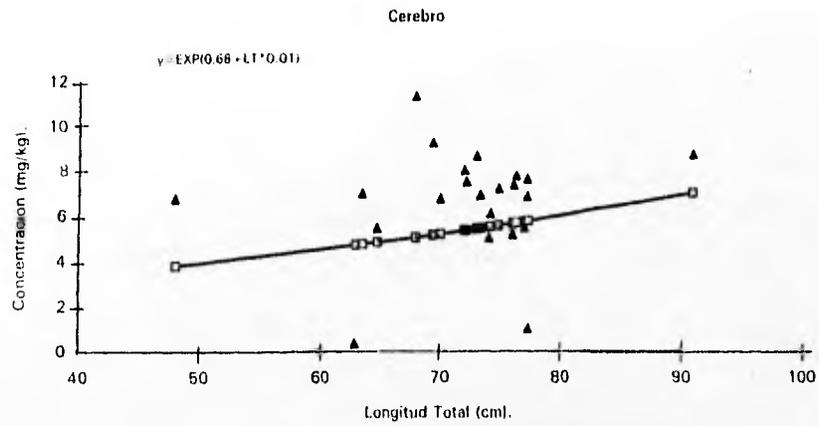


Fig.25 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

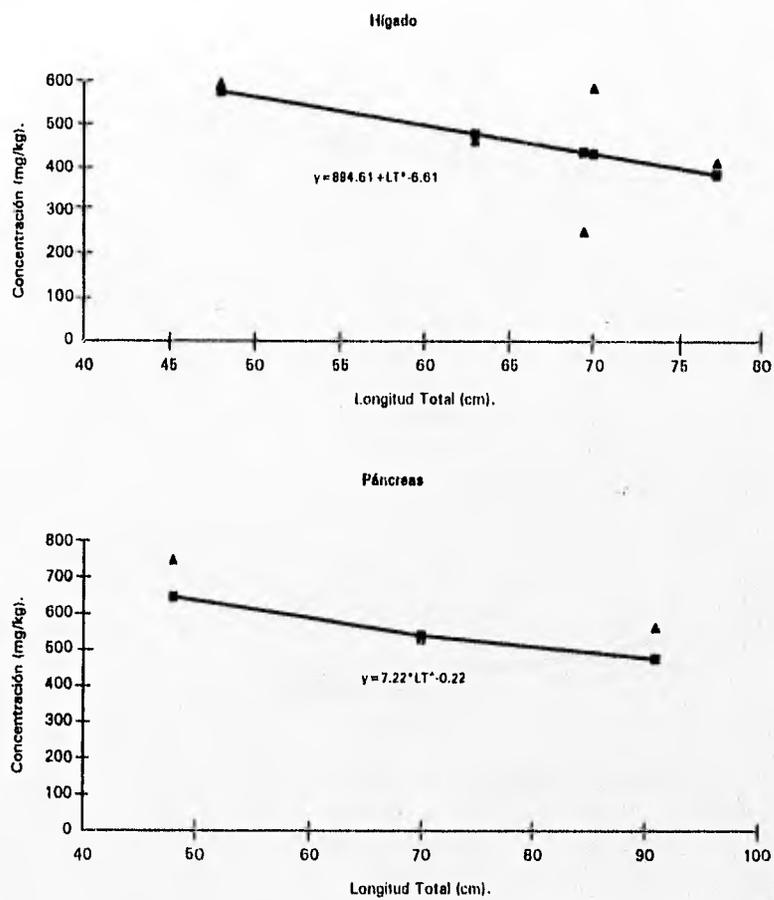


Fig.26 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

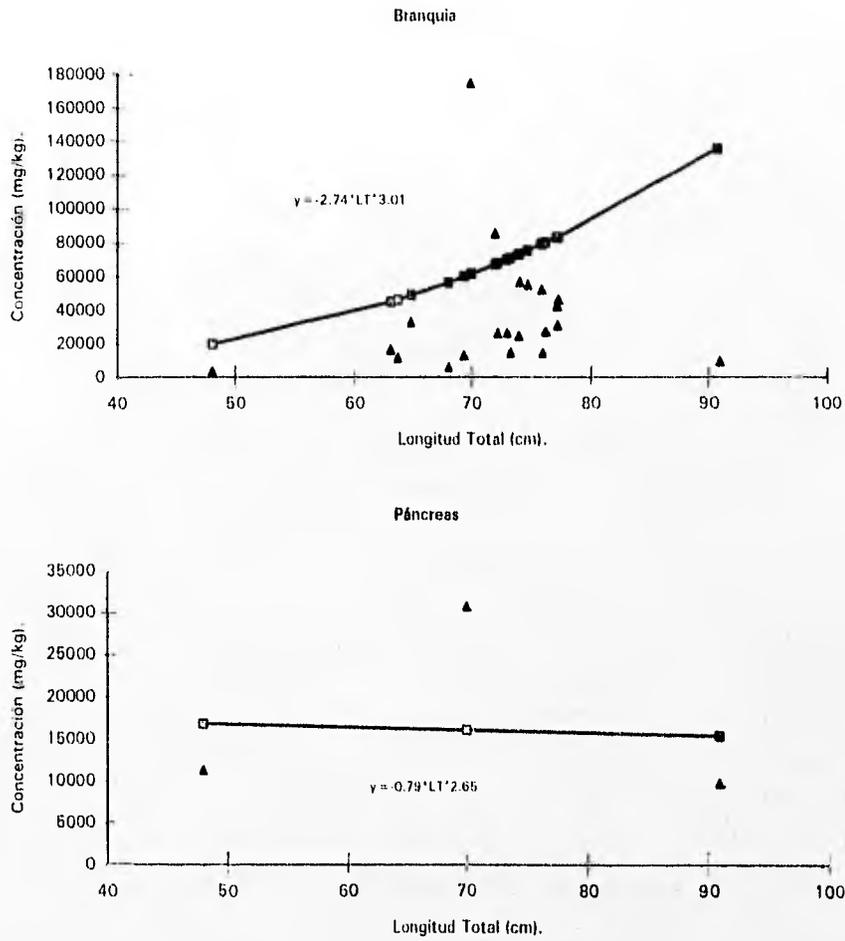


Fig.27 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

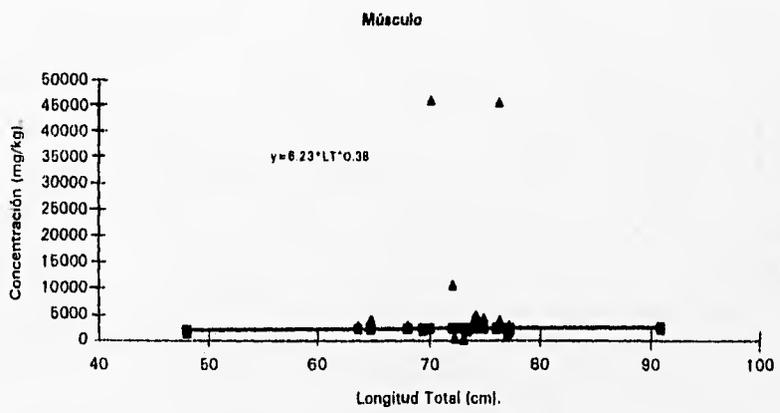
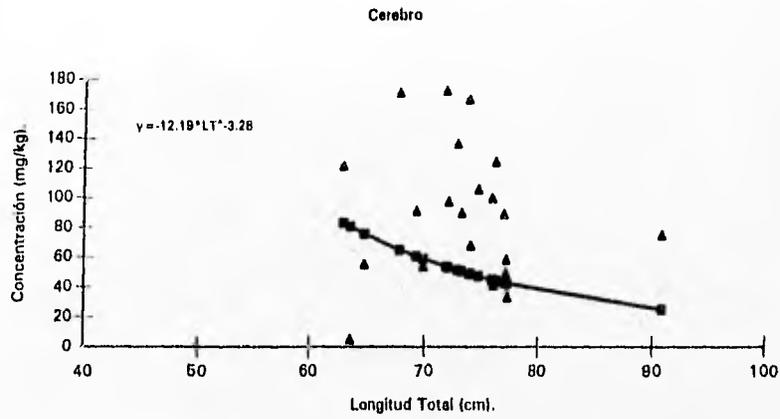


Fig.28 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

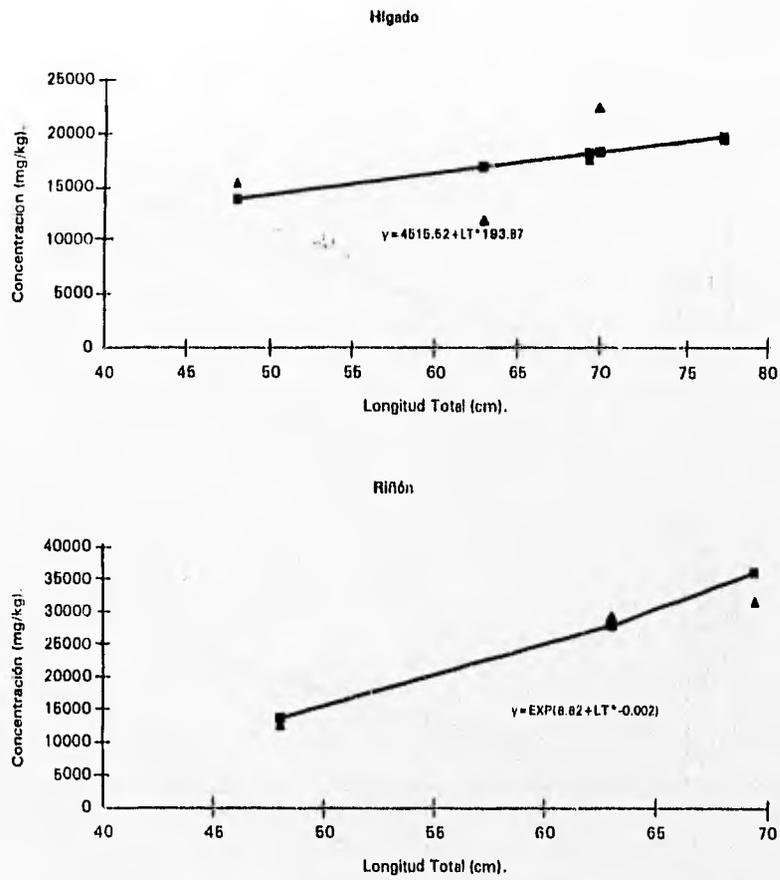


Fig.29 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

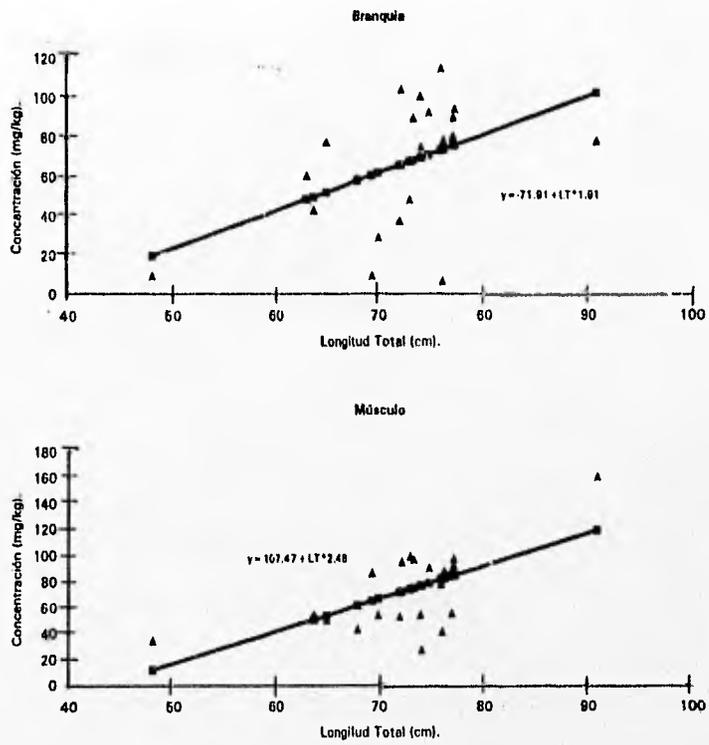


Fig.30 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

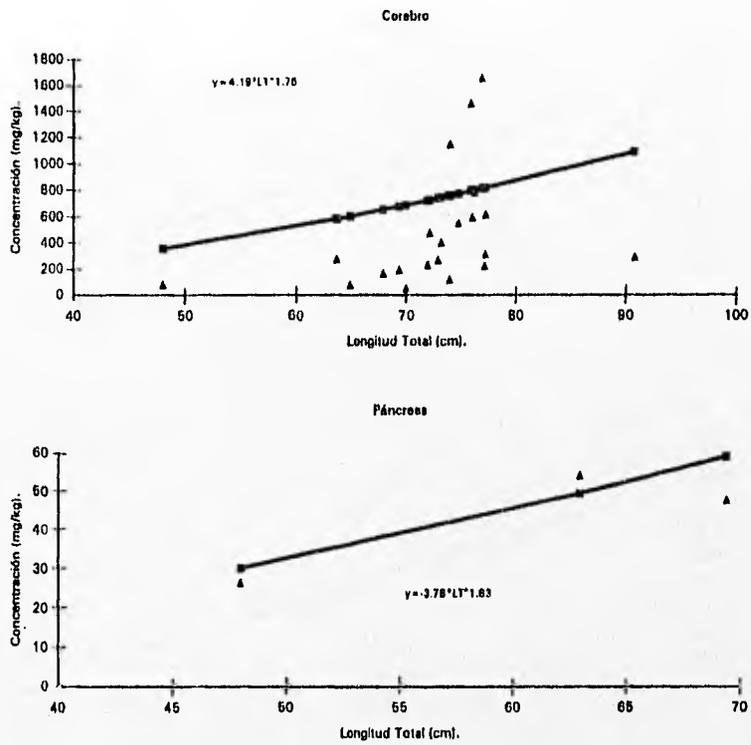


Fig.31 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la longitud total del tiburón.

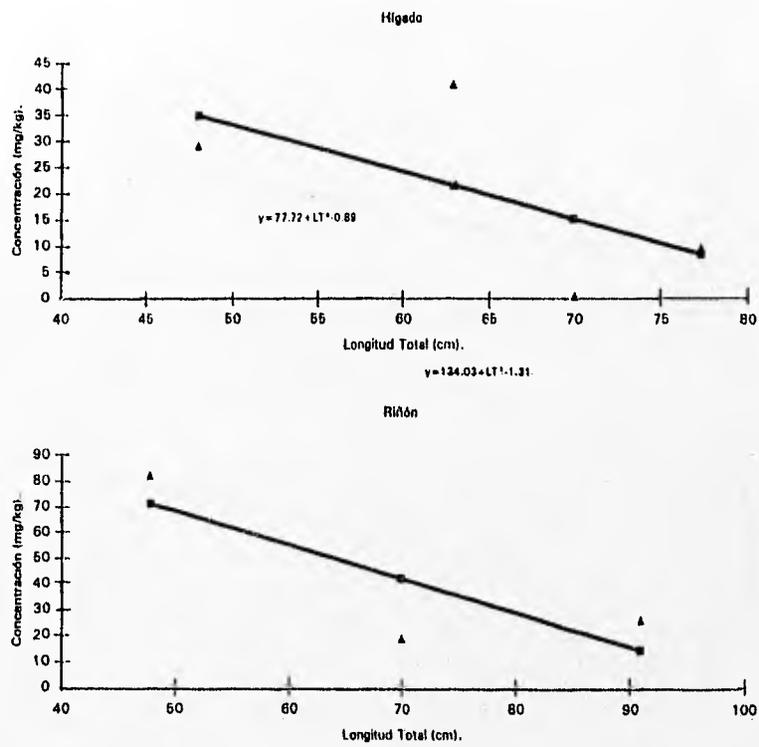


Fig.32 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

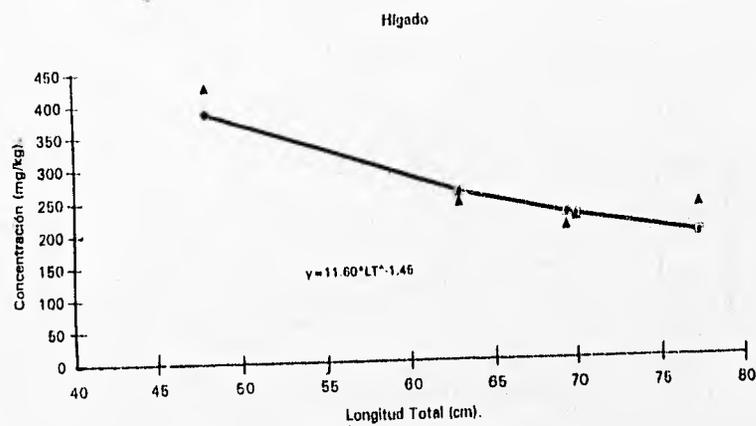
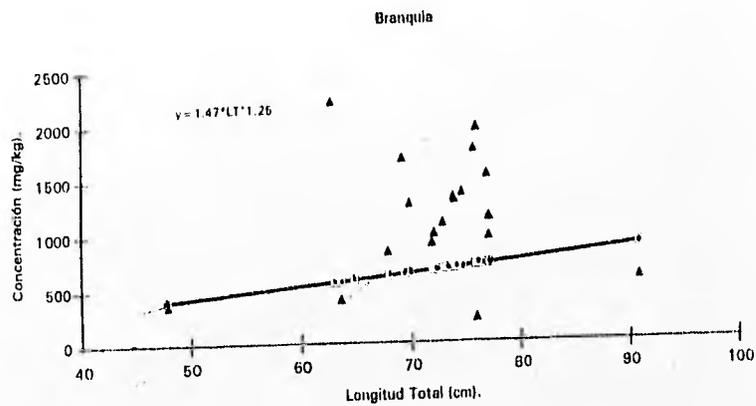


Fig.33 Curvas de regresión que describen la relación entre el Manganeso total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

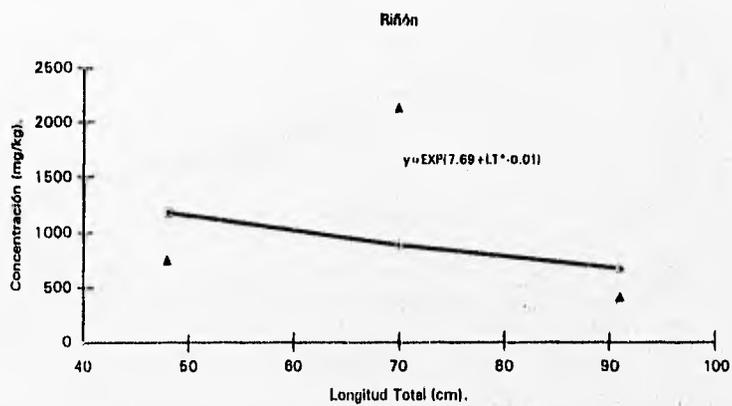
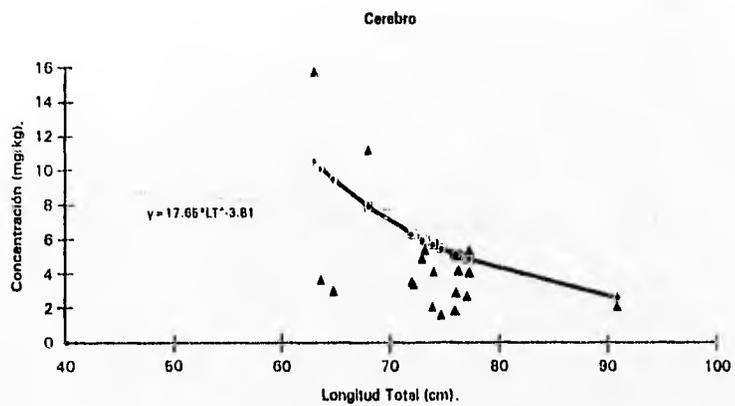


Fig.34 Curvas de regresión que describen la relación entre el Manganeso total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la longitud total del tiburón.

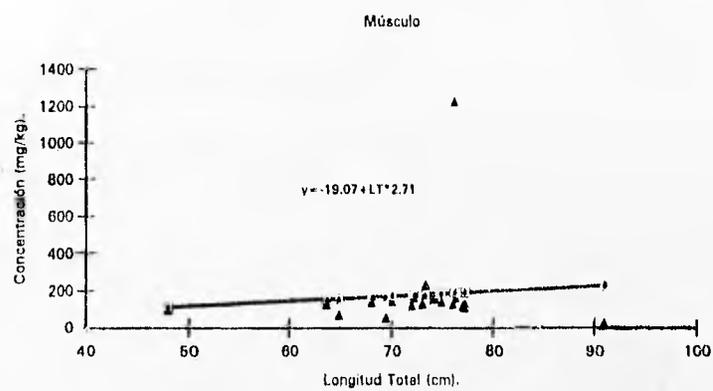


Fig.36 Curva de regresión que describe la relación entre el Manganeso total detectado en músculo de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

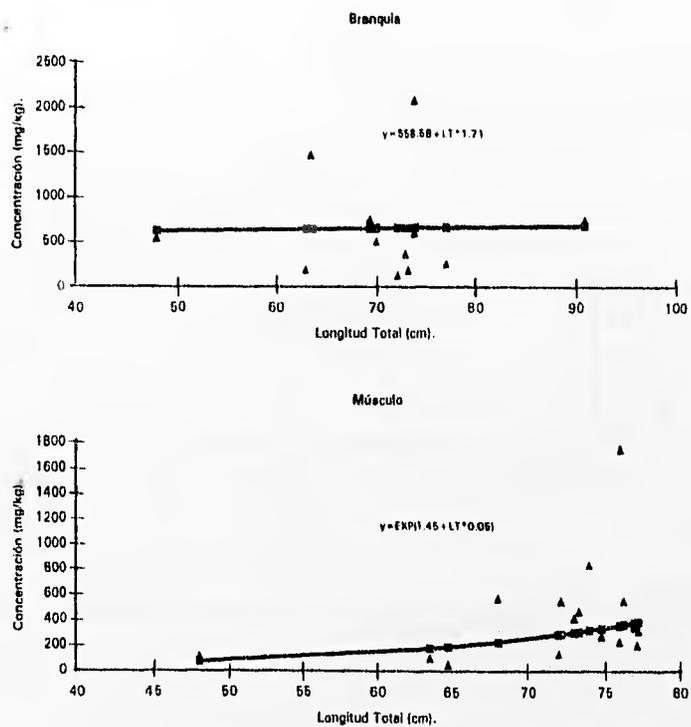


Fig.36 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud del tiburón.

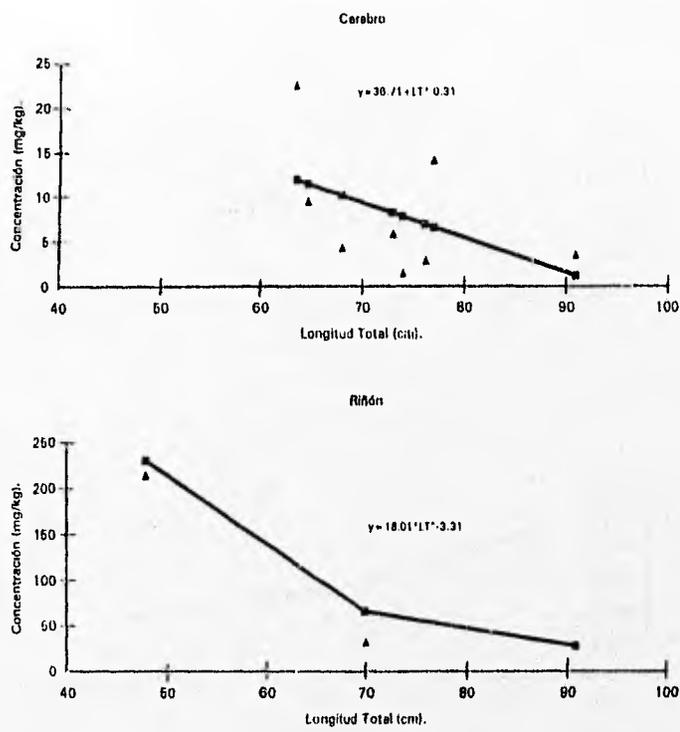


Fig.37 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud del tiburón.

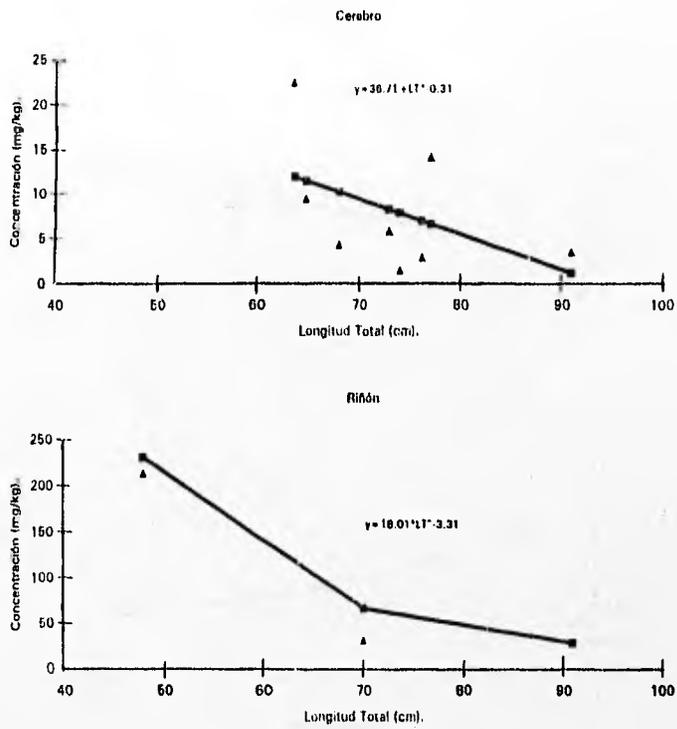


Fig.37 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud del tiburón.

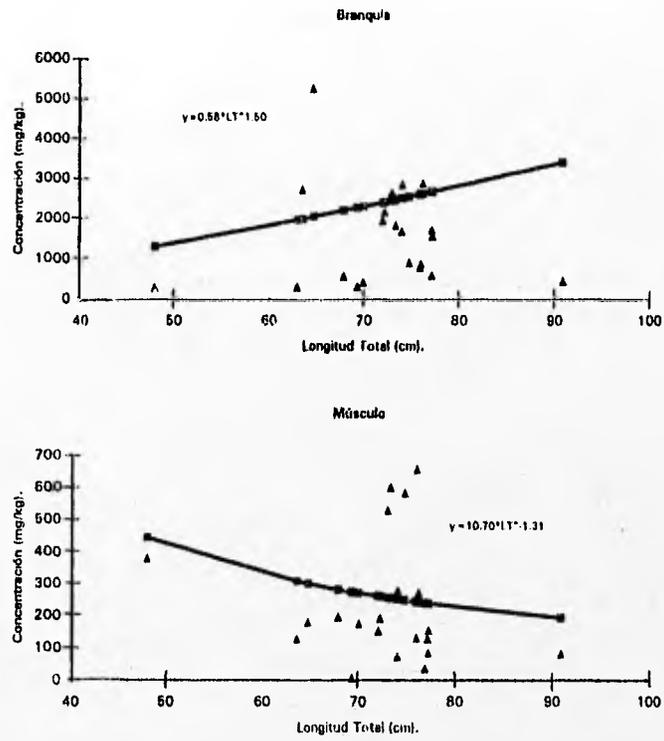


Fig.38 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la longitud total del tiburón.

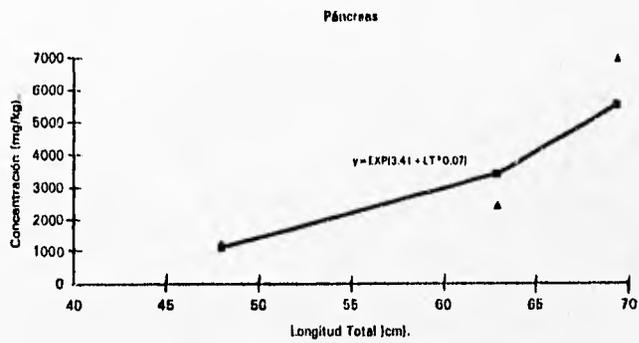
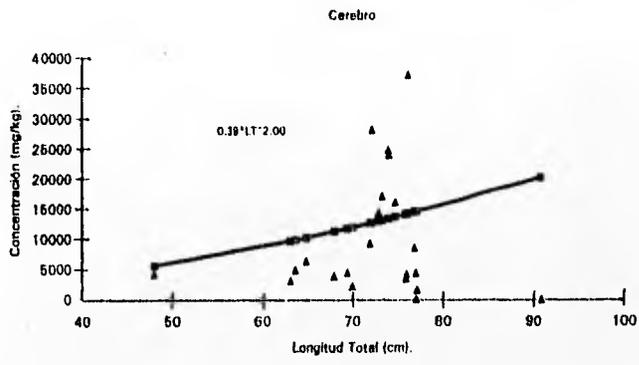


Fig.39 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

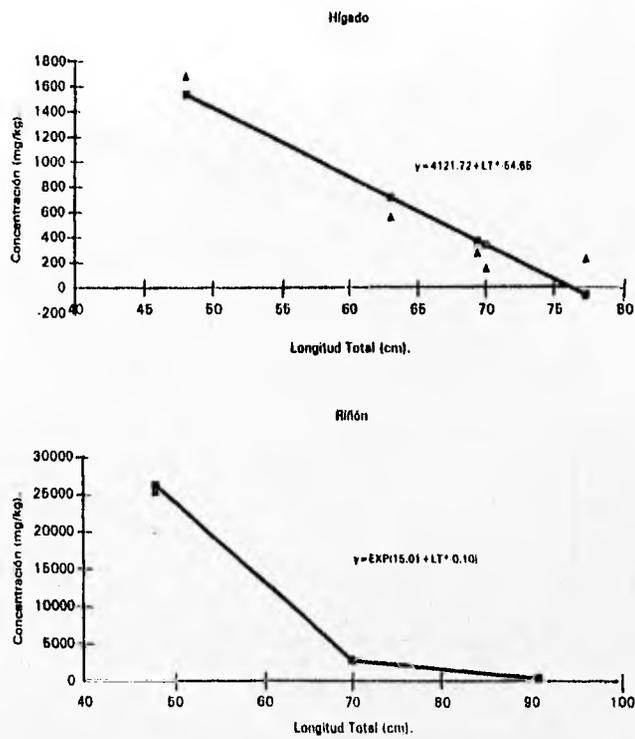


Fig.40 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

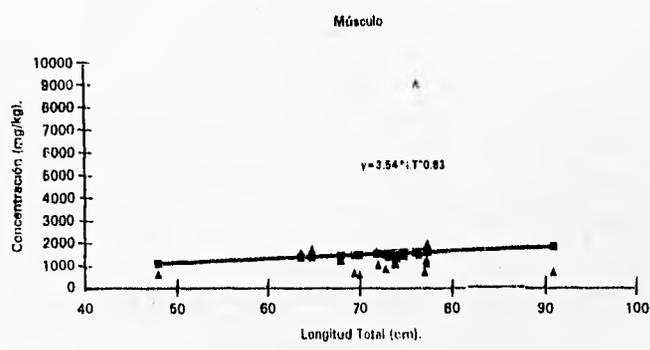
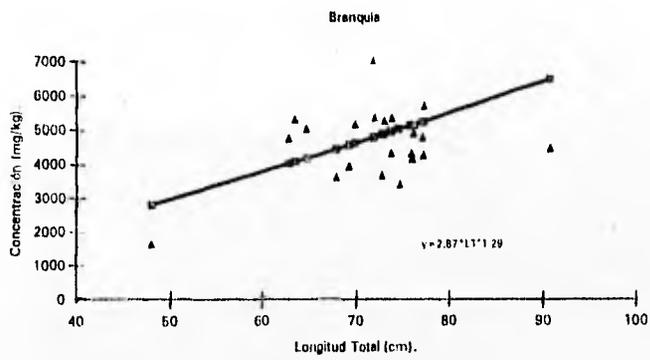


Fig. 41 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

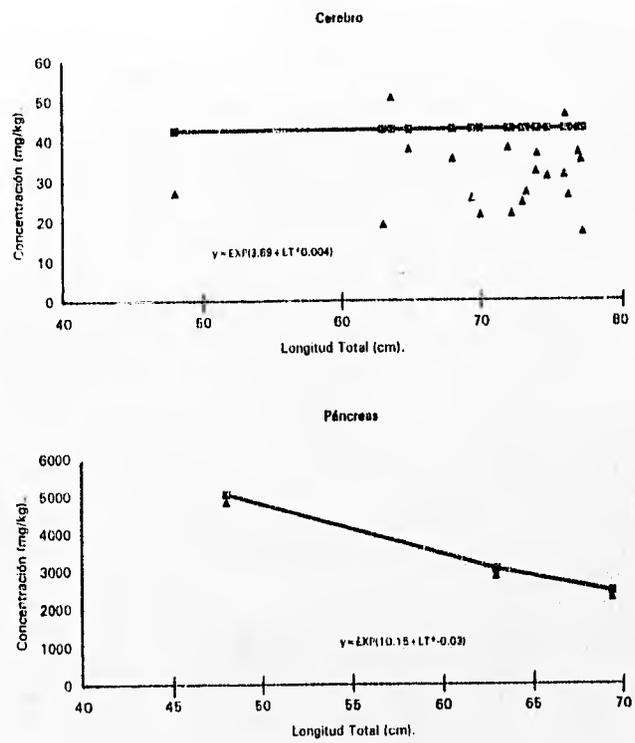


Fig.42 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

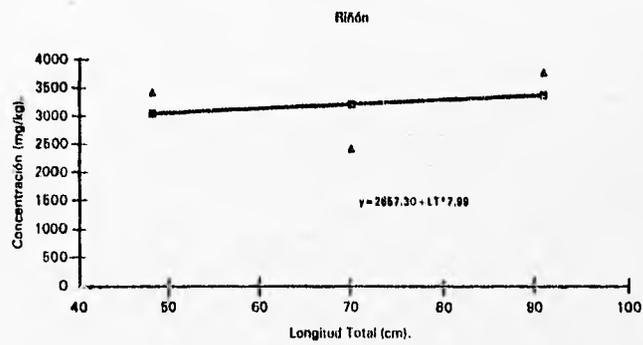
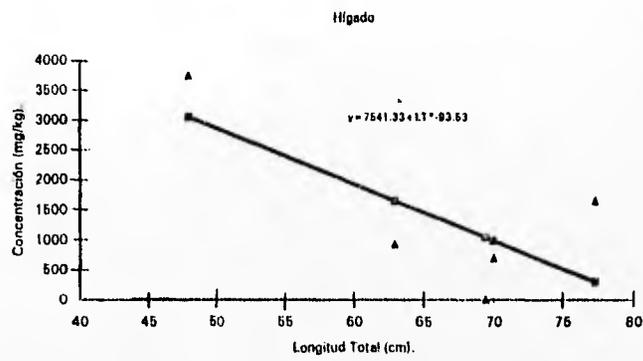


Fig.43 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la longitud total del tiburón.

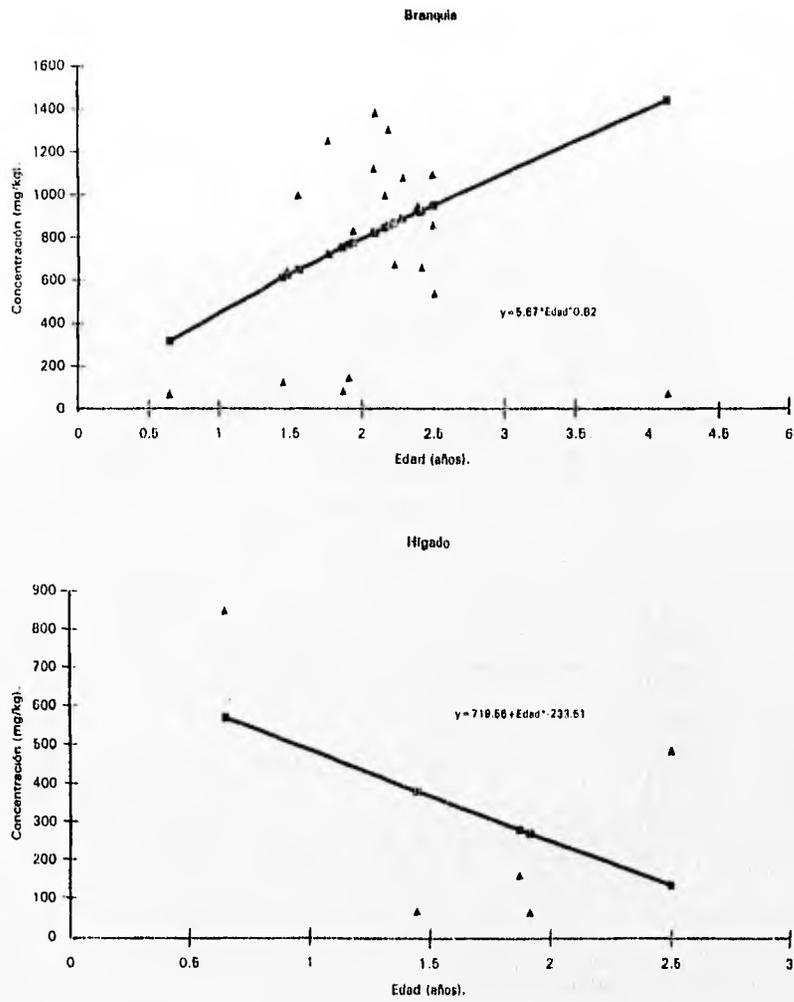


Fig.44 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

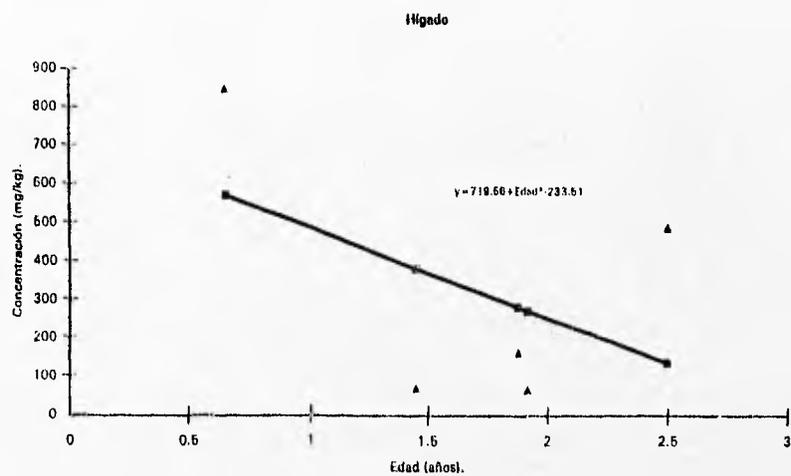
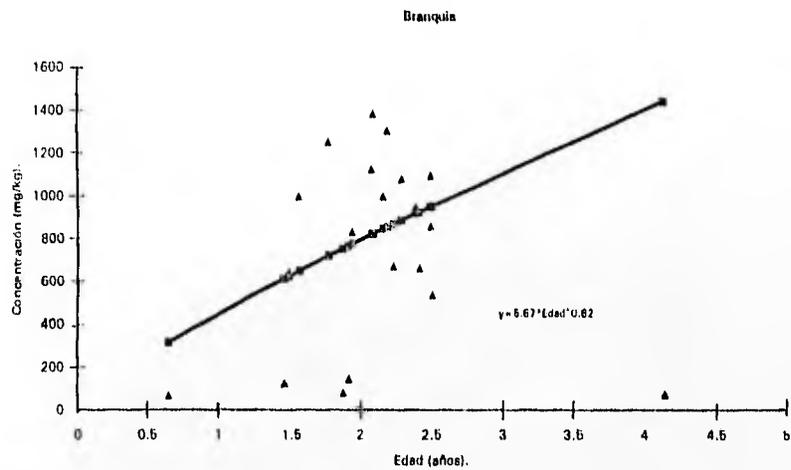


Fig.44 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

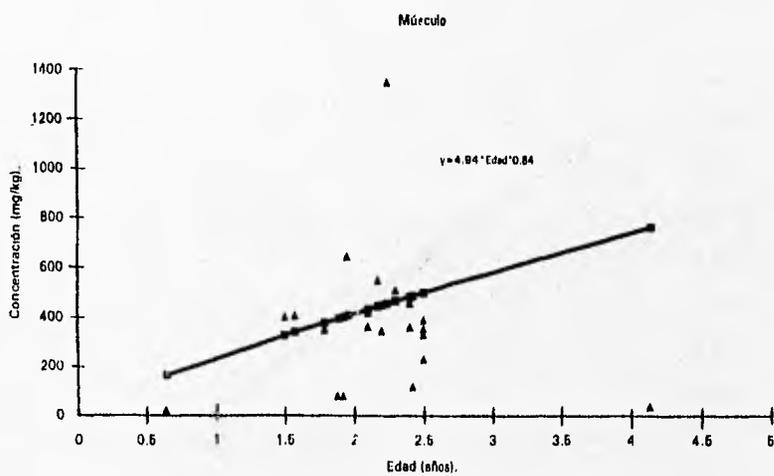
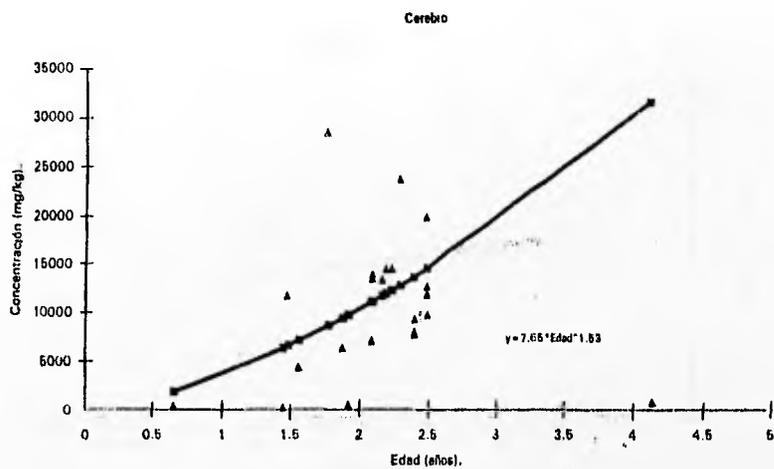


Fig.45 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

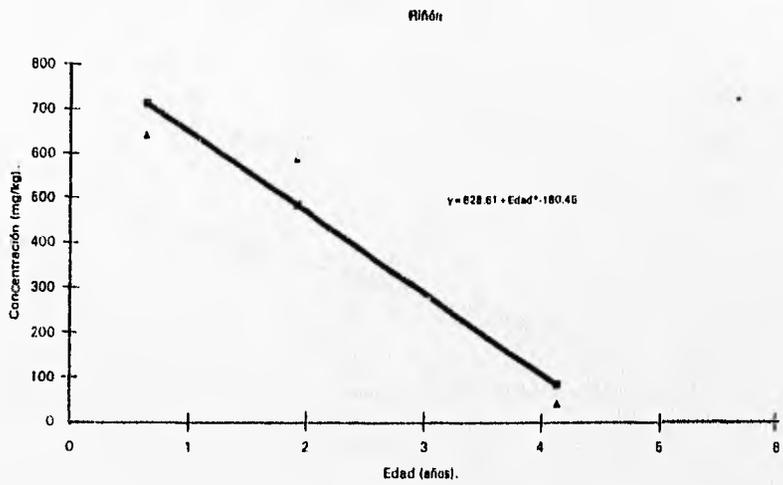
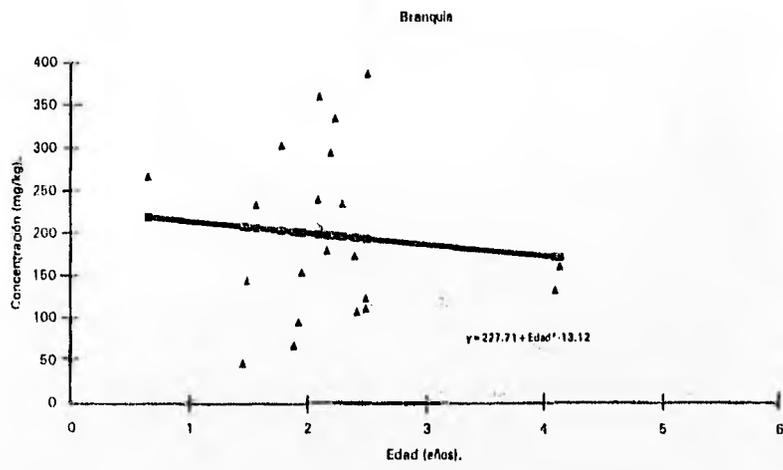


Fig.46 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cadmio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

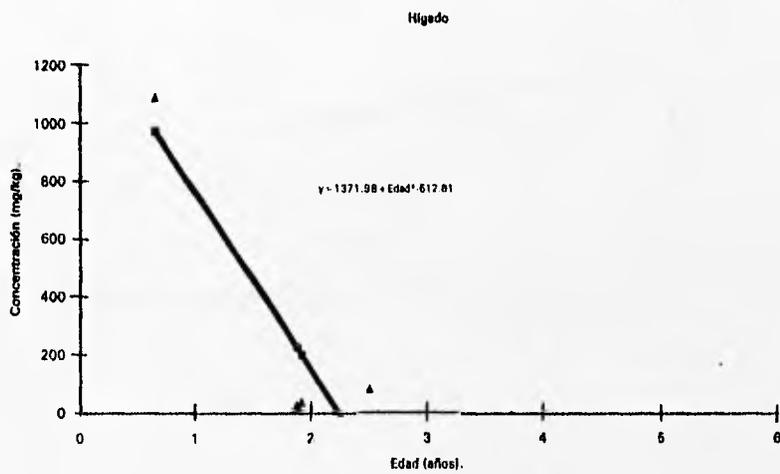
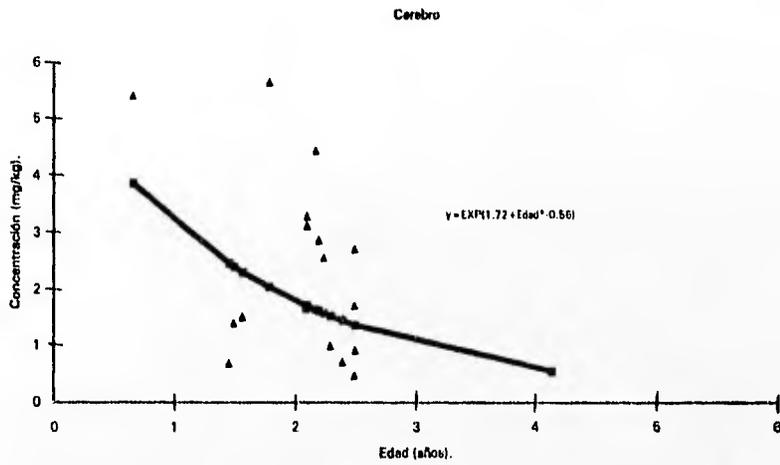


Fig.47 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cadmio total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

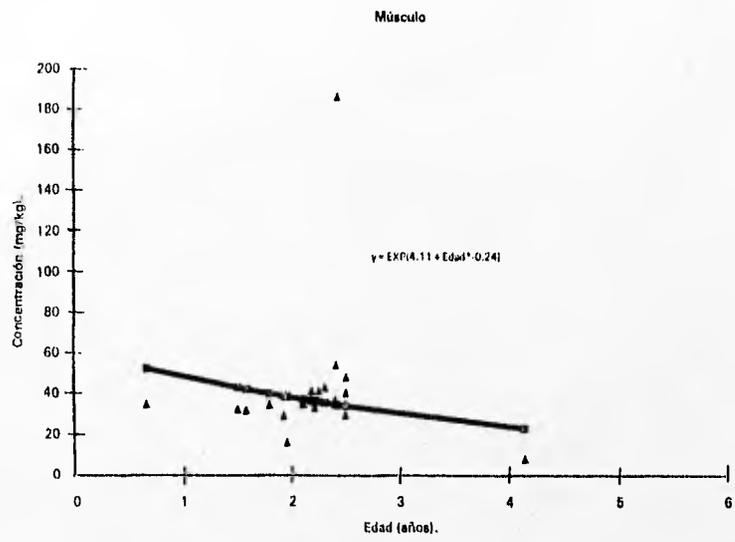


Fig.48 Curva de regresión que describe la relación entre el Cadmio total detectado en músculo de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

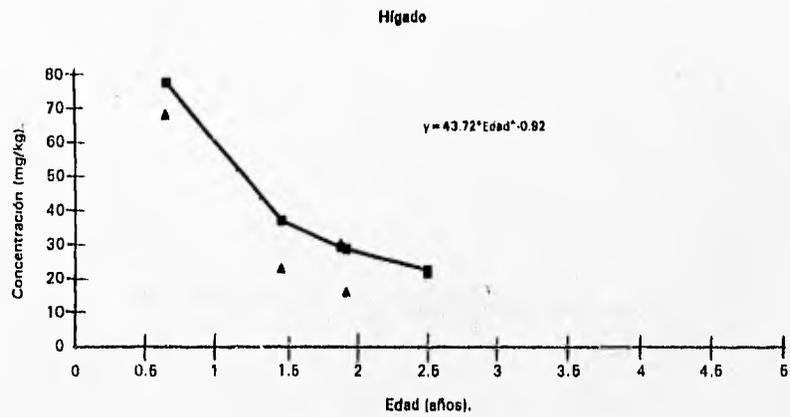
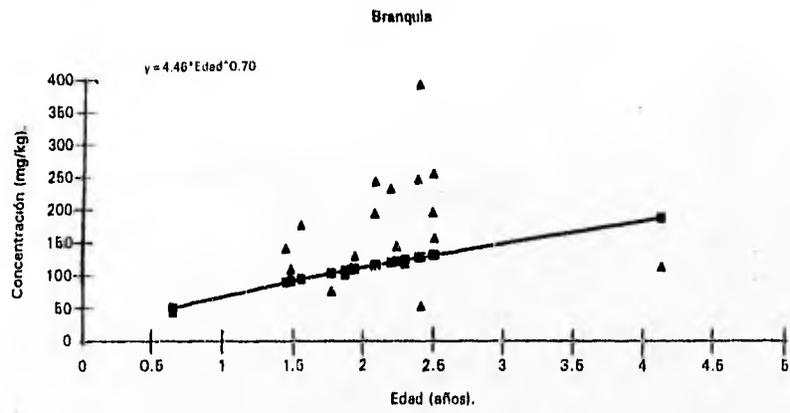


Fig.49 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

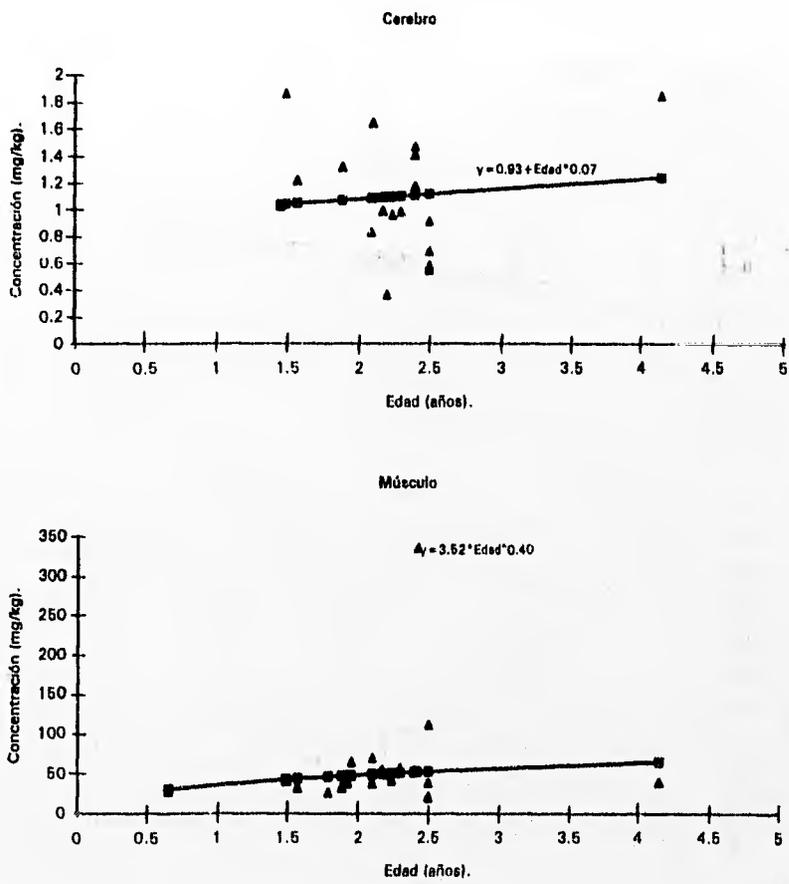


Fig.50 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

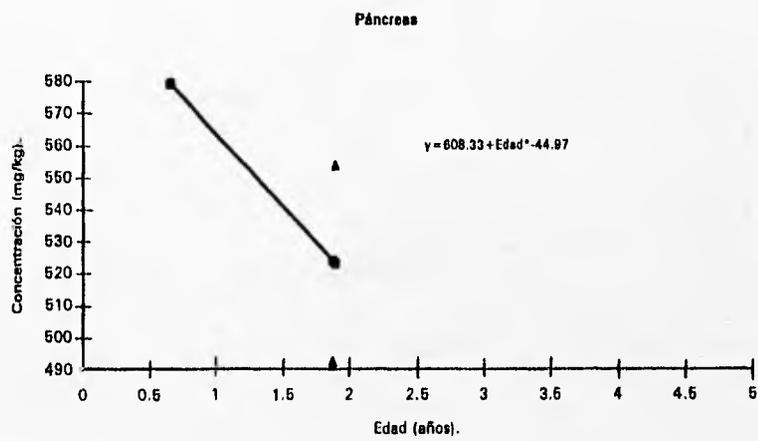
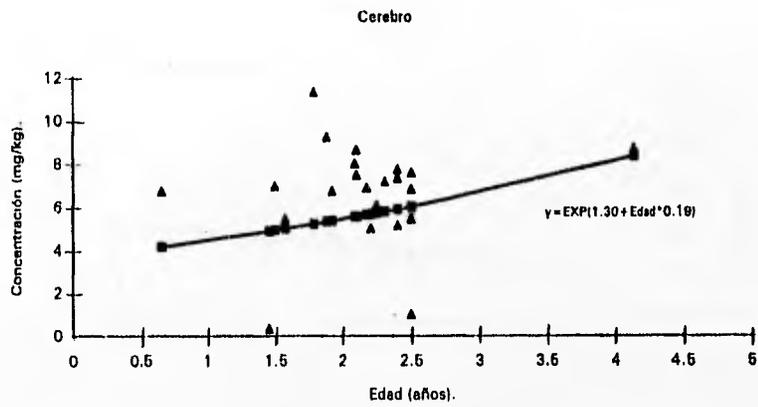


Fig.51 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

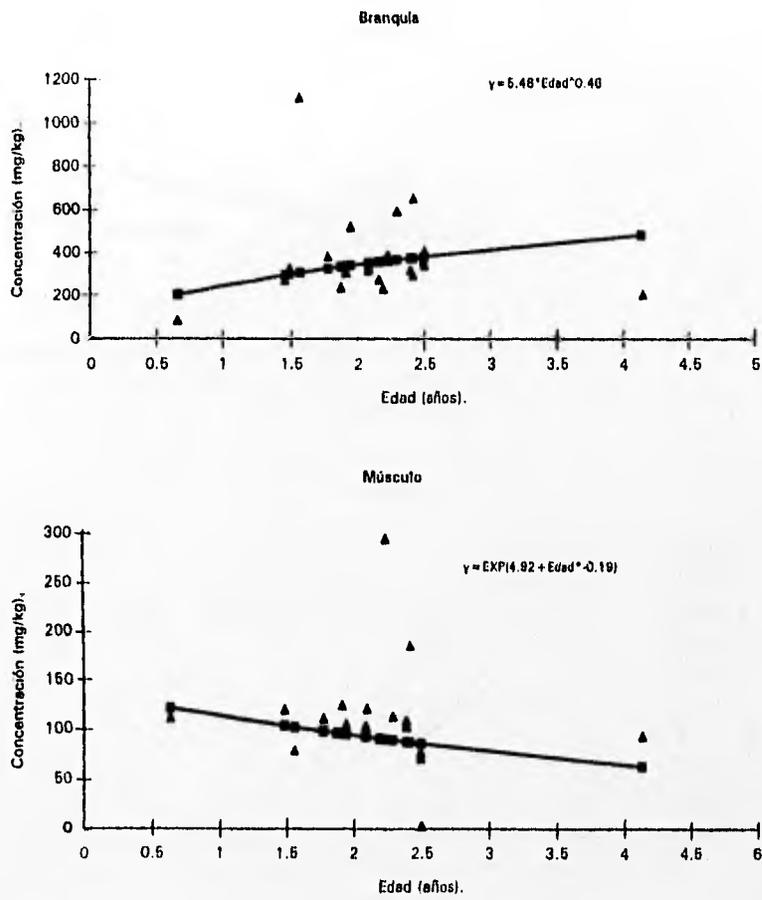


Fig.52 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

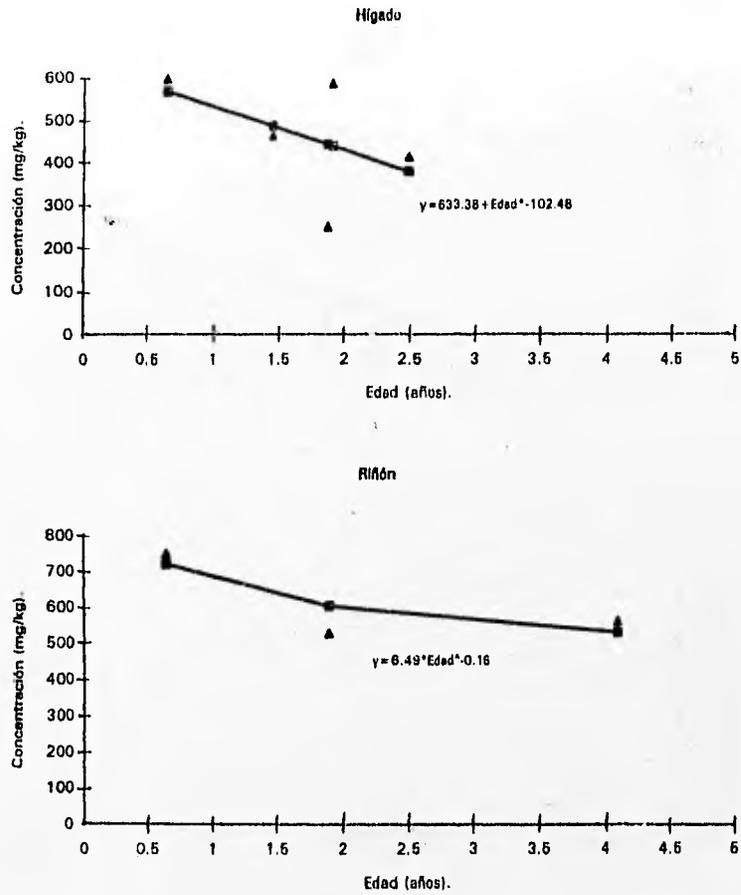


Fig.53 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de R.terraenovae con la edad del tiburón.

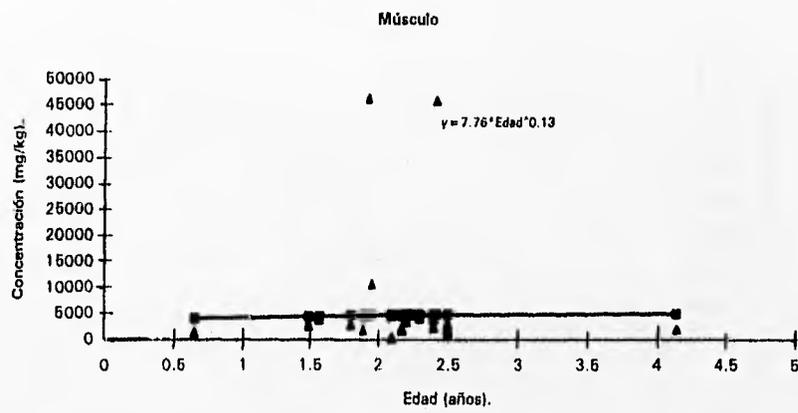
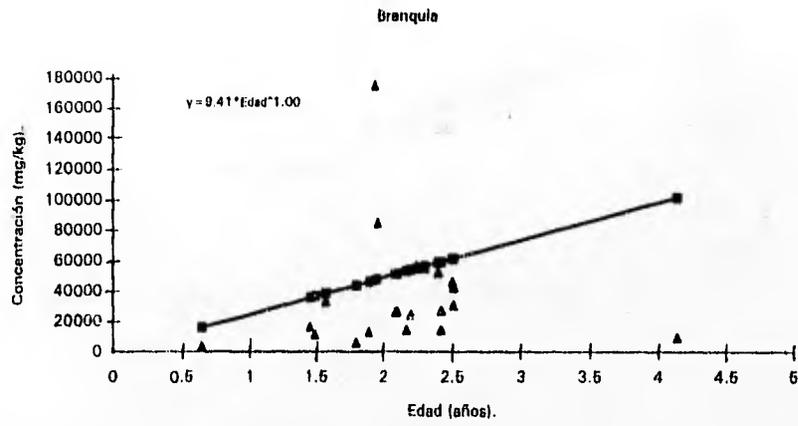


Fig.54 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

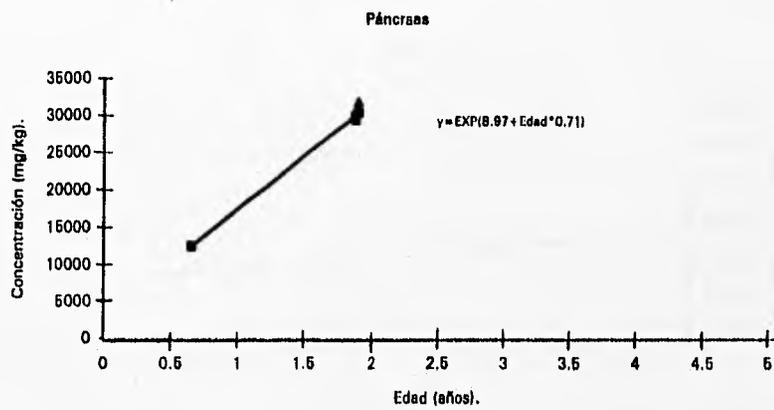
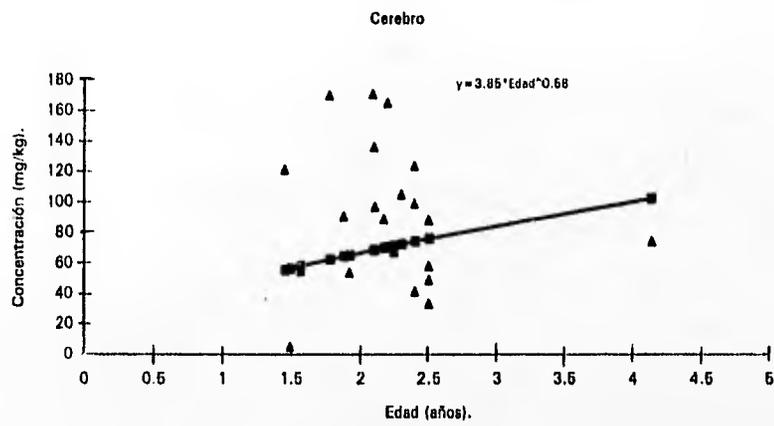


Fig.55 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

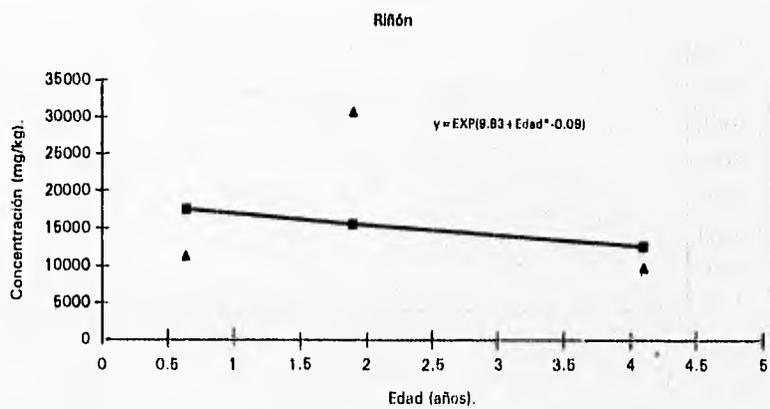
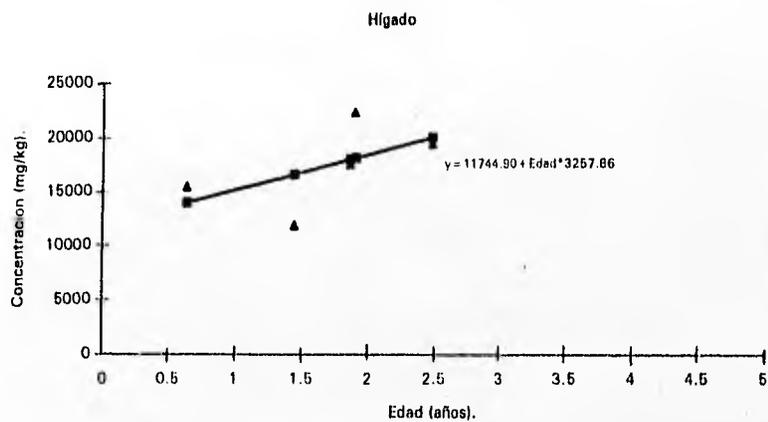


Fig.56 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

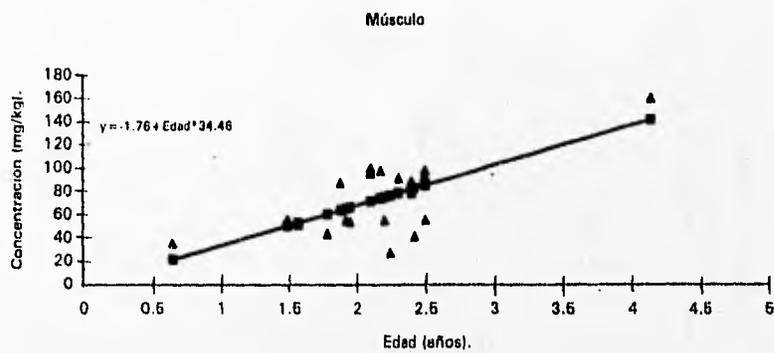
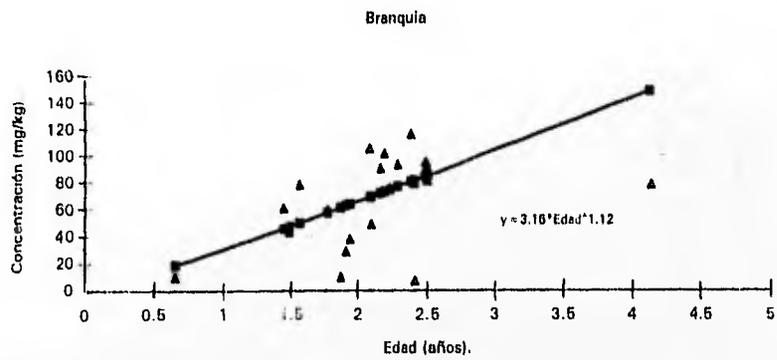


Fig.57 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

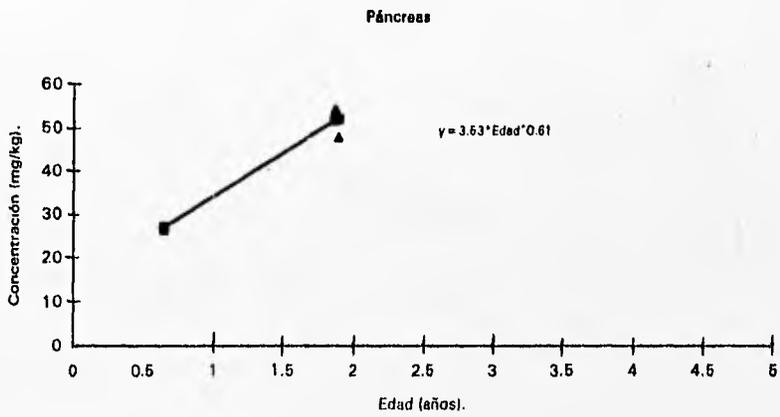
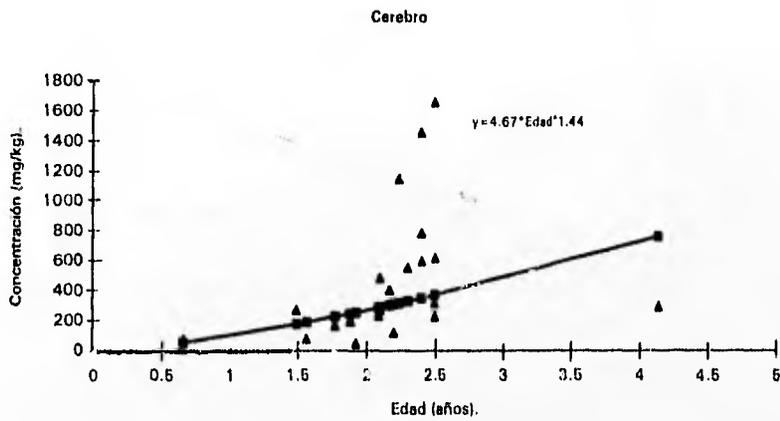


Fig.58 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

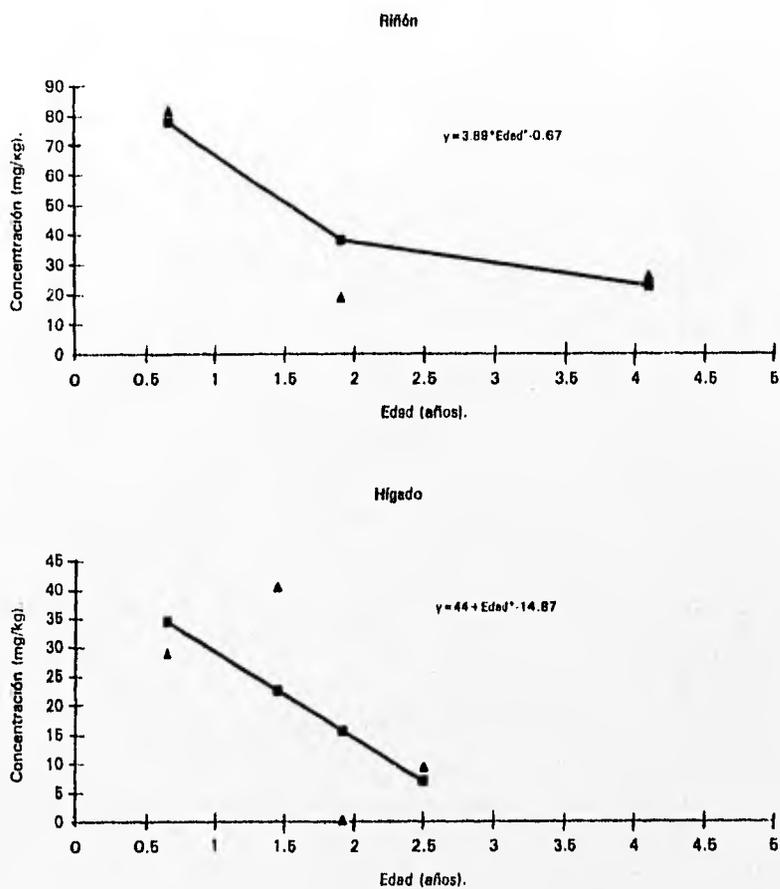


Fig.59 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

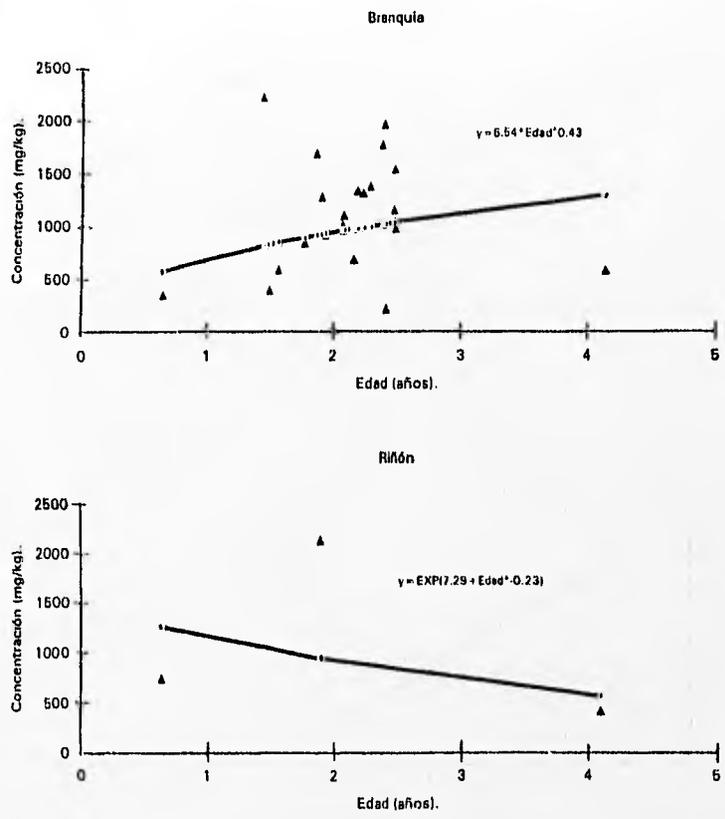


Fig.60 Curvas de regresión que describen la relación entre el Manganeso total detectado en dos tejidos de R.terraenovae con la edad del tiburón.

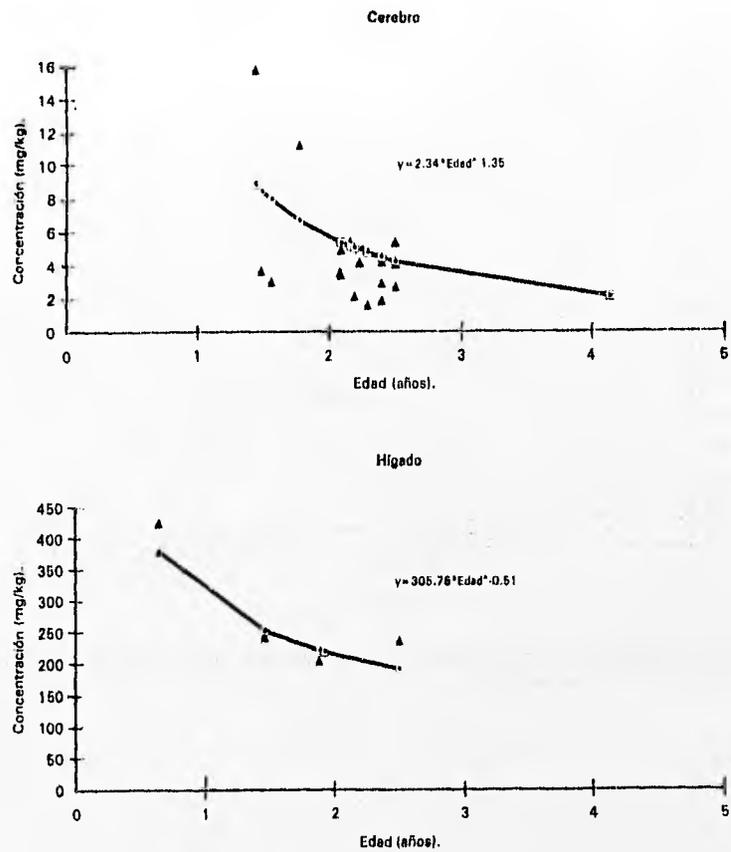


Fig.61 Curvas de regresión que describen la relación entre el Manganeso total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

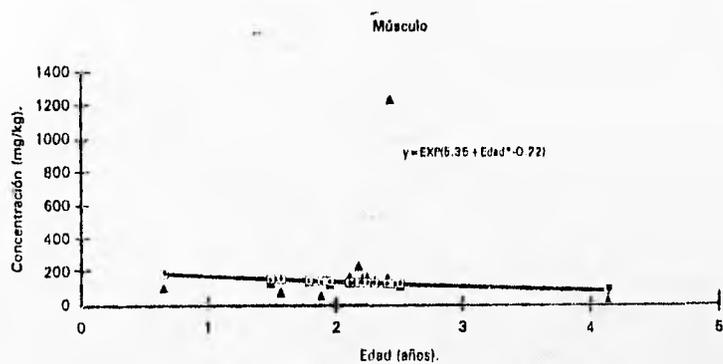


Fig.62 Curva de regresión que describe la relación entre el Manganeso total detectado en músculo de R.terraenovae con la edad del tiburón.

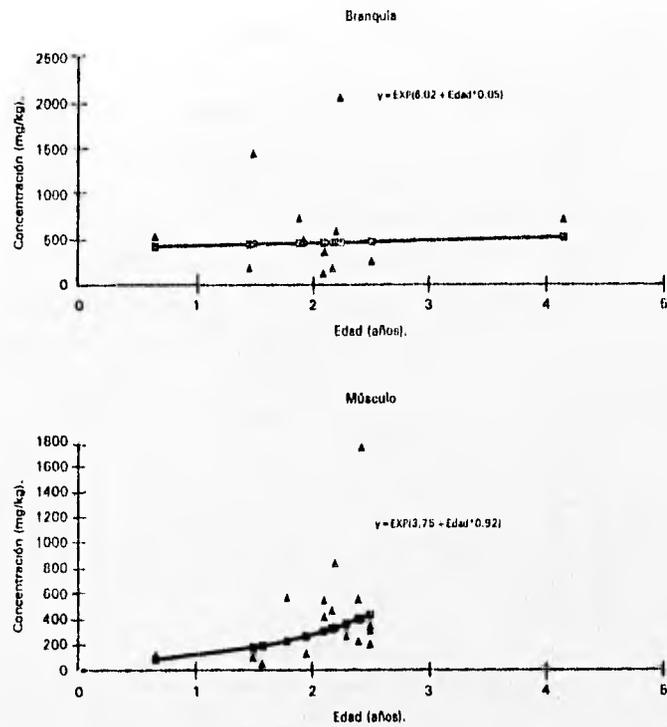


Fig.63 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

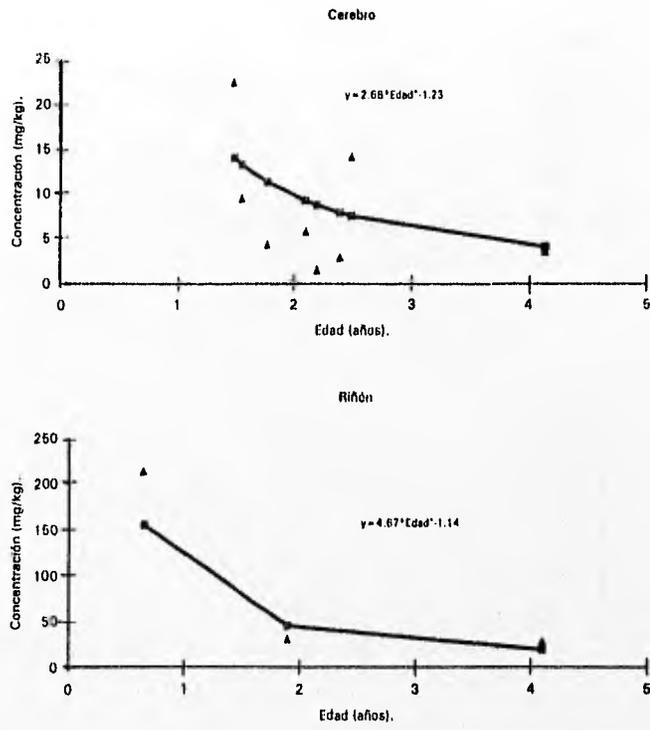


Fig.64 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

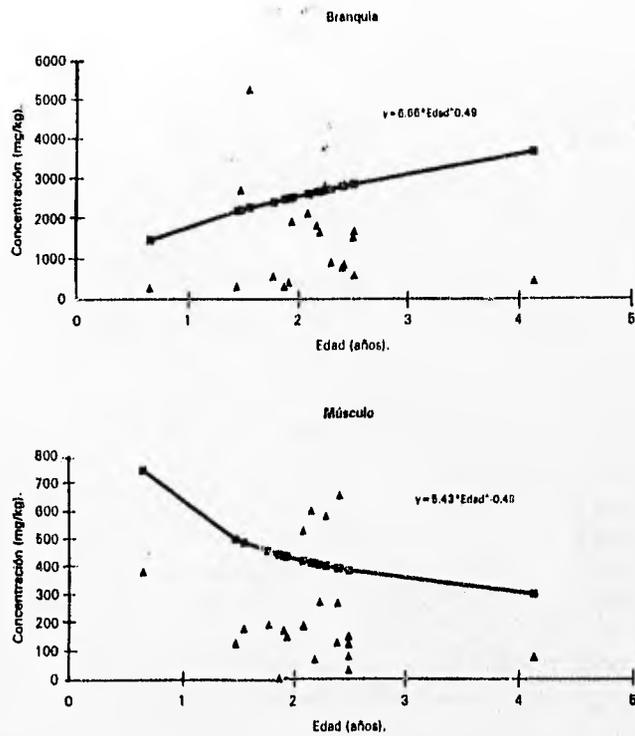


Fig.65 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

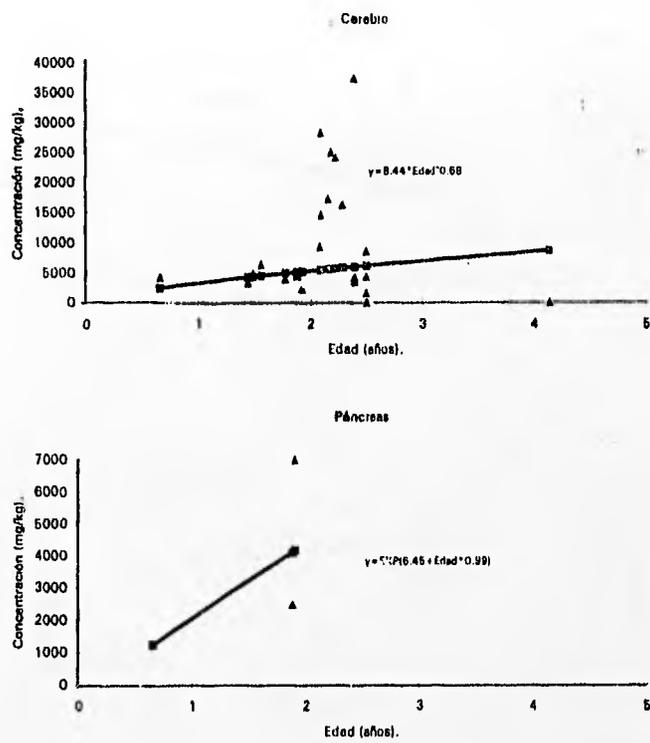


Fig.66 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

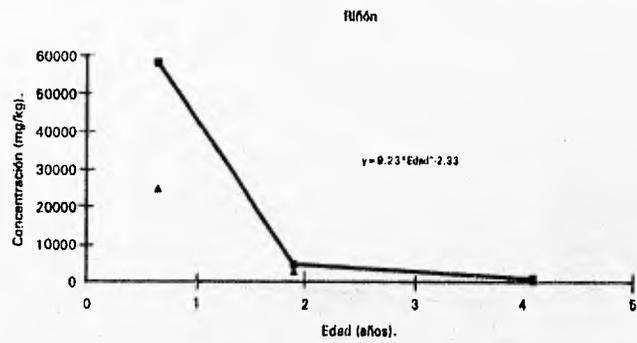
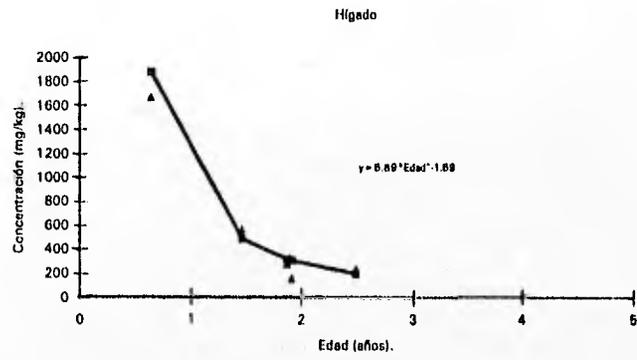


Fig. 67 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *R. terraenovae* con la edad del tiburón.

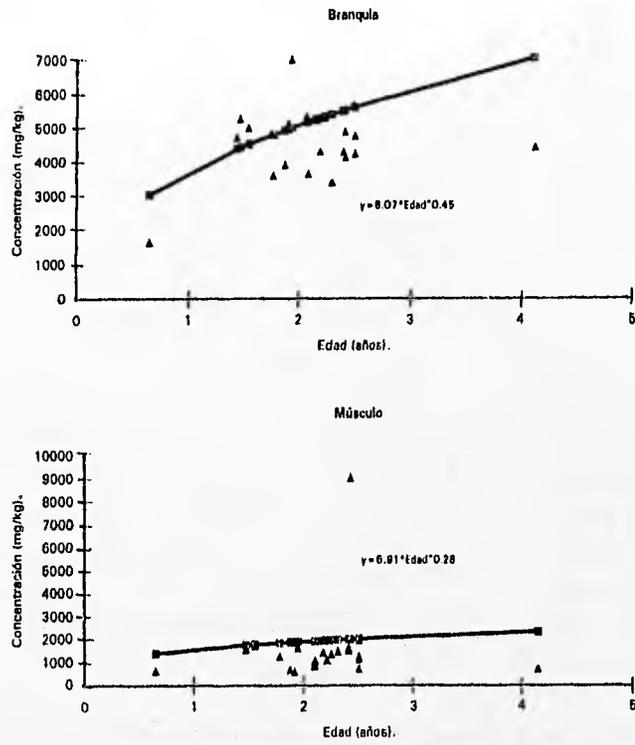


Fig.68 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

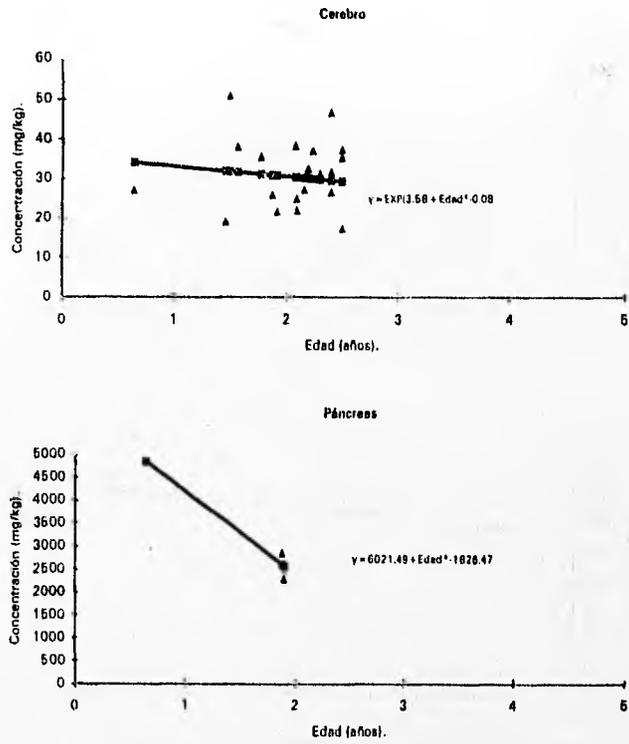


Fig.69 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *R. terrenewae* con la edad del tiburón.

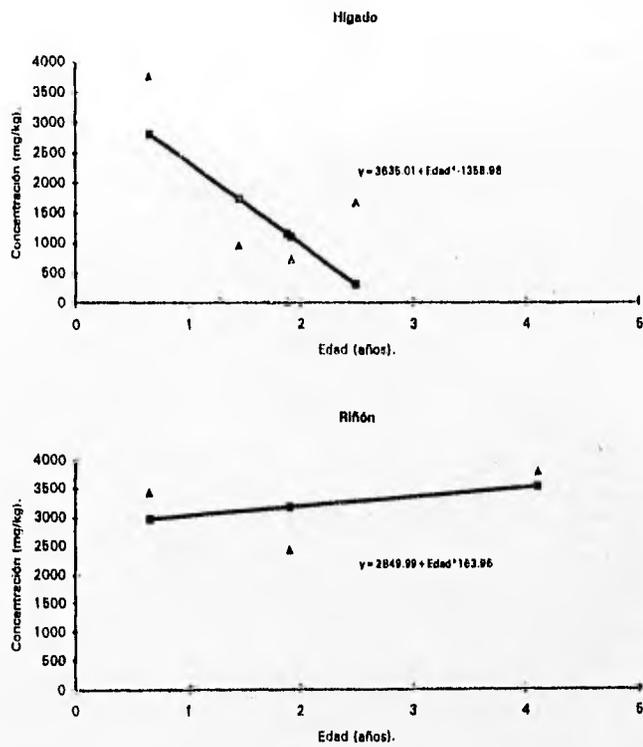


Fig.70 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *R.terraenovae* con la edad del tiburón.

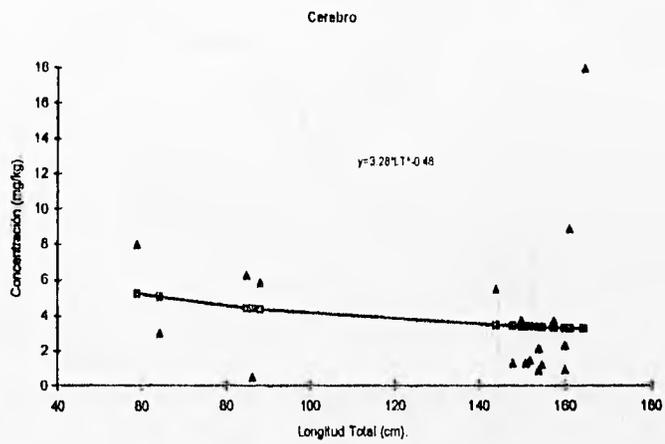
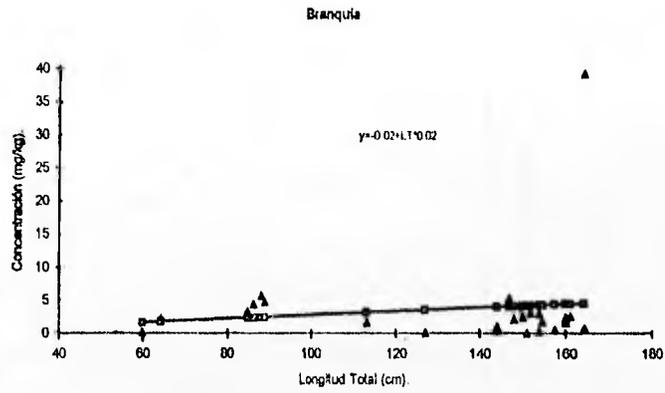


Fig.71 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la longitud total del tiburón.

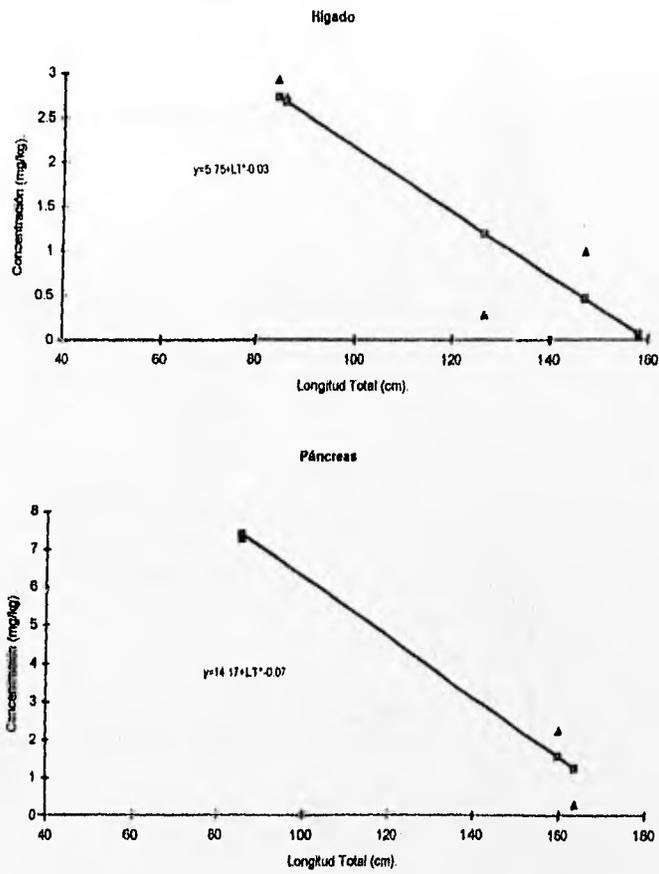


Fig.72 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

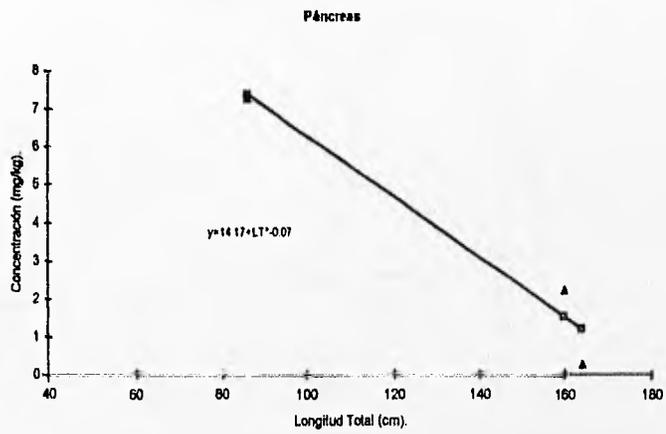
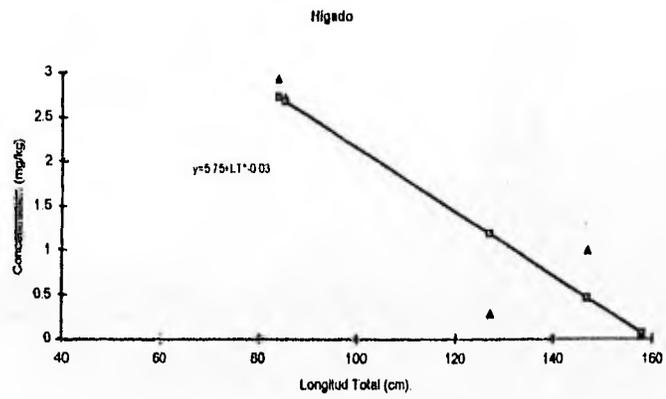


Fig.72 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

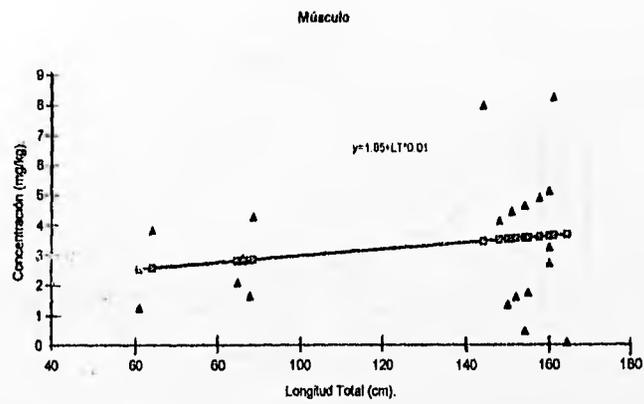


Fig.73 Curva de regresión que describe la relación entre el Arsénico total detectado en músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

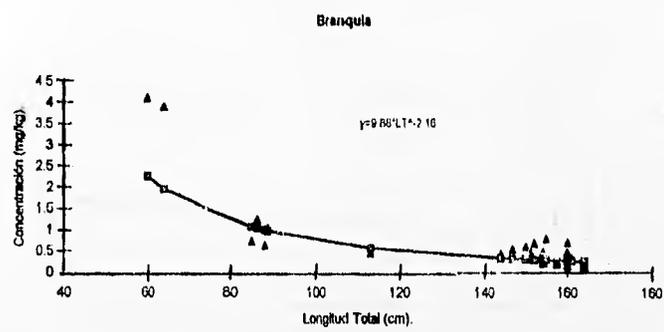


Fig.74 Curva de regresión que describe la relación entre el Cadmio total detectado en branquia de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

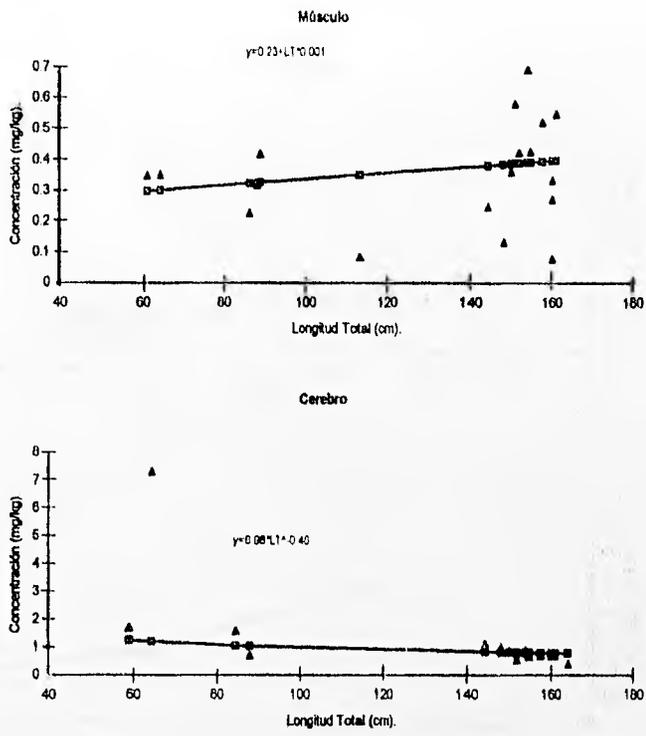


Fig.75 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cadmio total detectado en dos tejidos de *C. limbatulus* con la longitud total del tiburón.

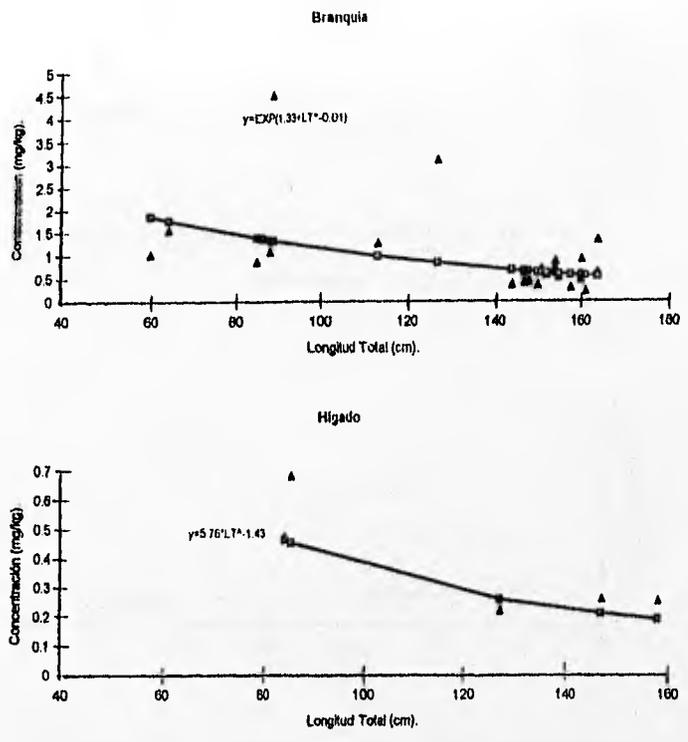


Fig. 76 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la longitud total del tiburón.

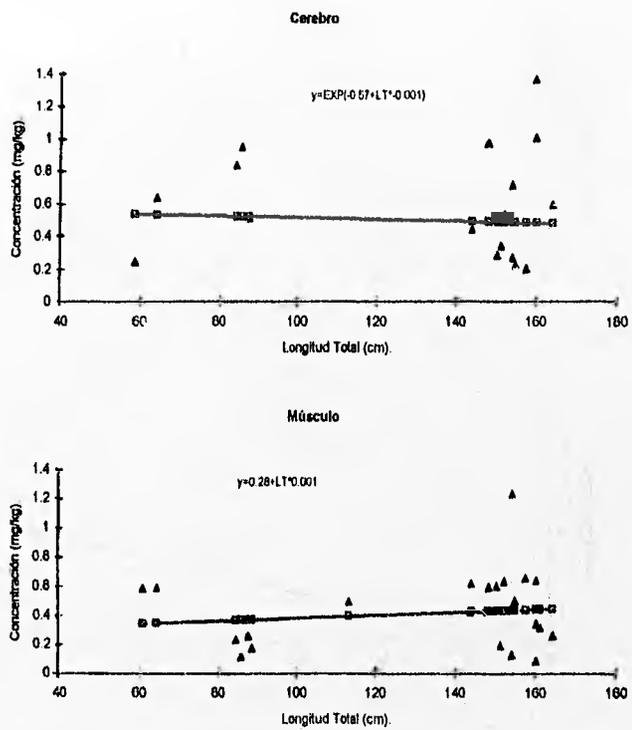


Fig.77 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la longitud total del tiburón.

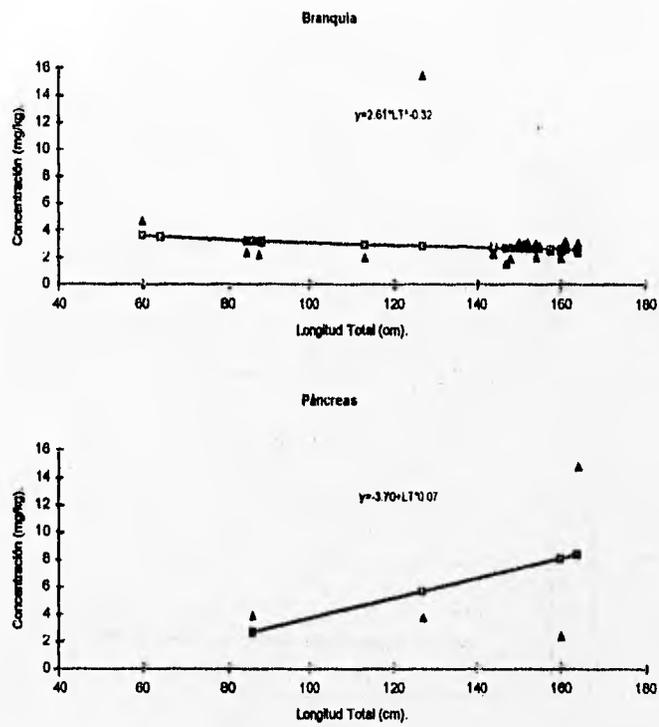


Fig.78 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

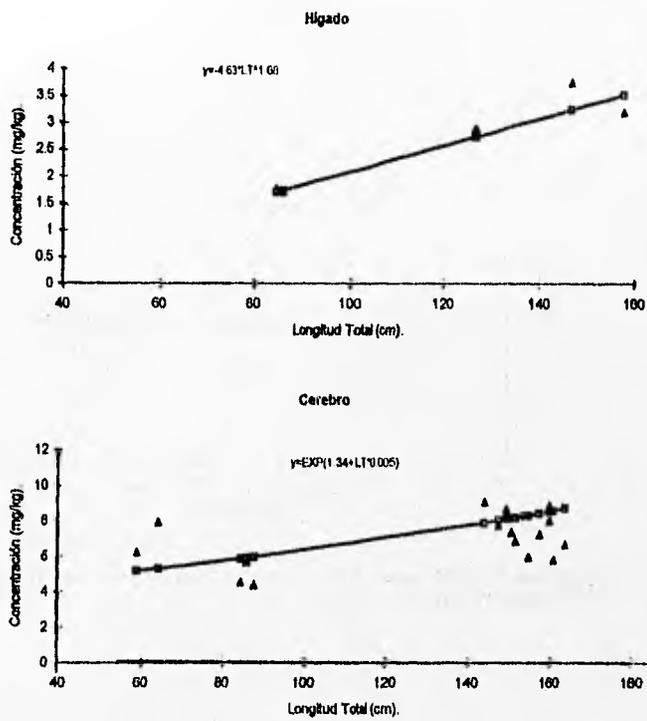


Fig.79 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

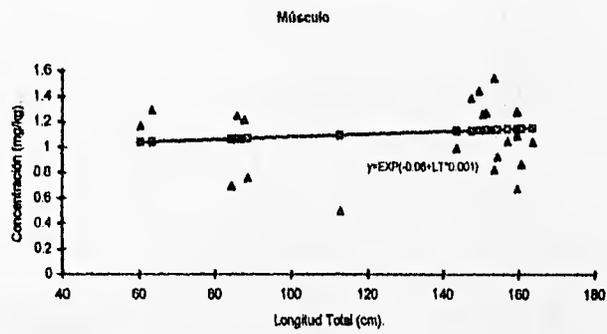


Fig.80 Curva de regresión que describe la relación entre el Cobre total detectado en músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

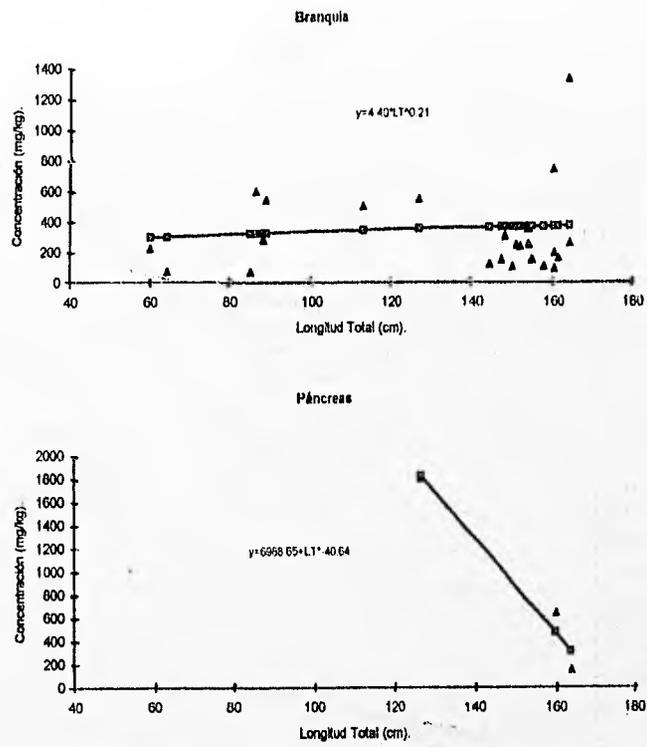


Fig.61 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

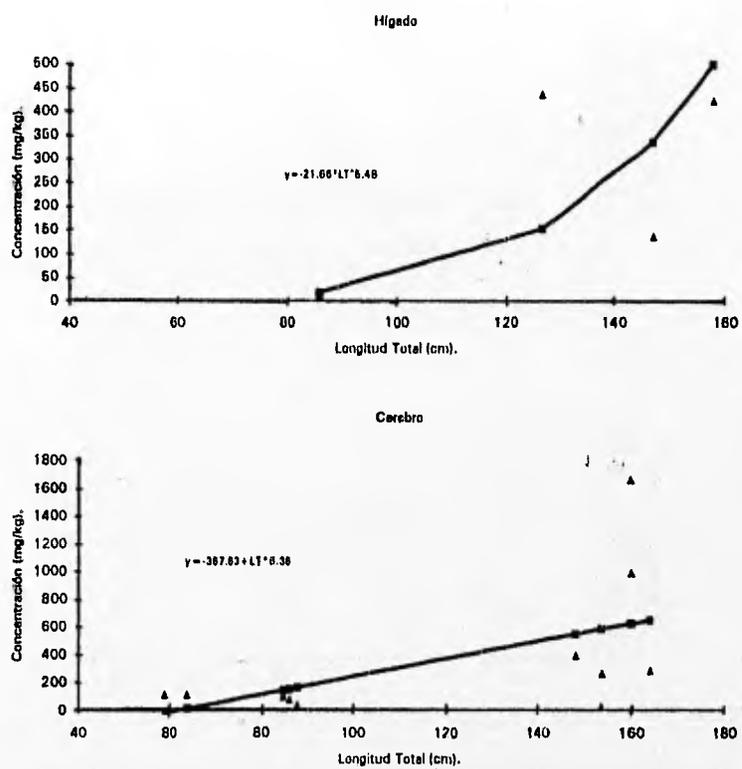


Fig.82 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

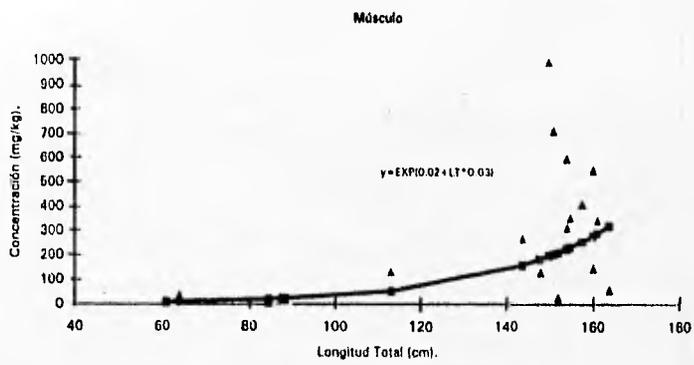


Fig.83 Curva de regresión que describe la relación entre el Hierro total detectado en músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

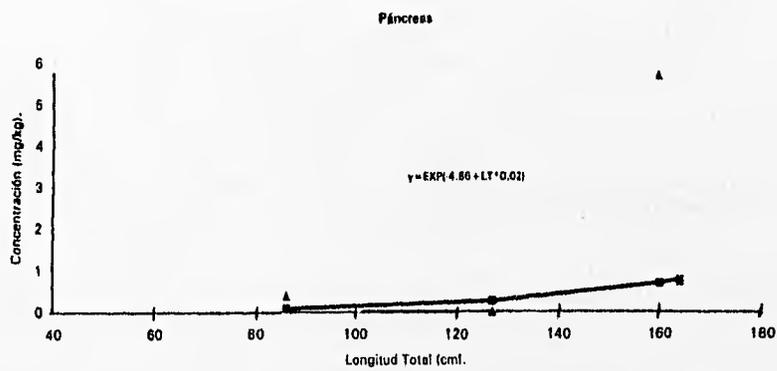
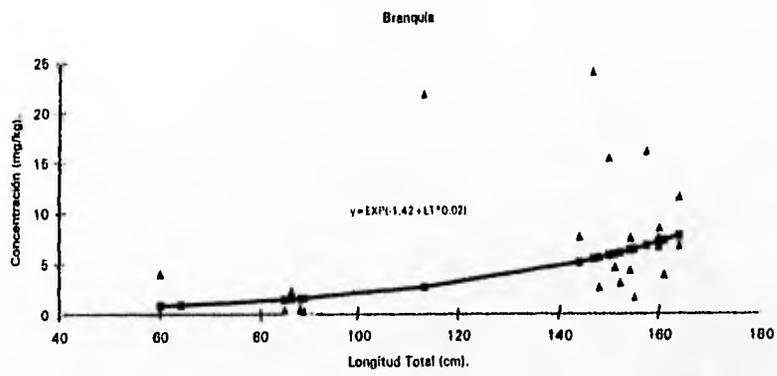


Fig.84 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

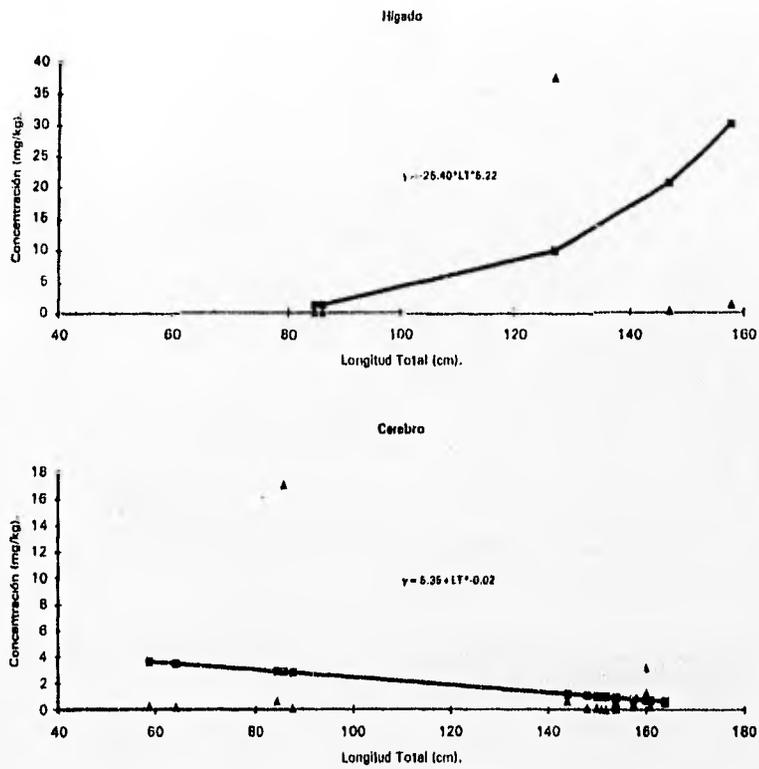


Fig.85 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

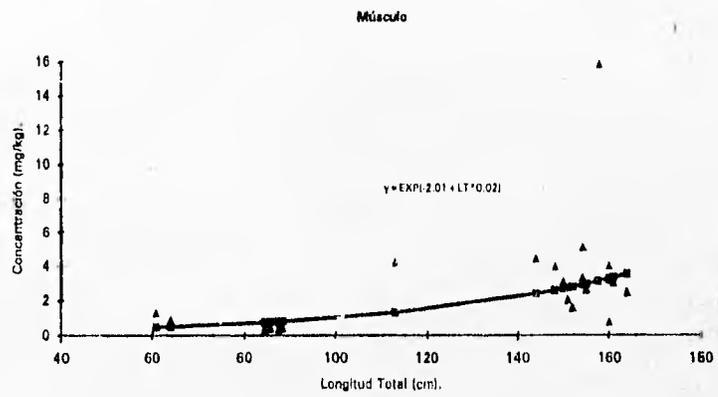


Fig.86 Curva de regresión que describe la relación entre el Mercurio total detectado en músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

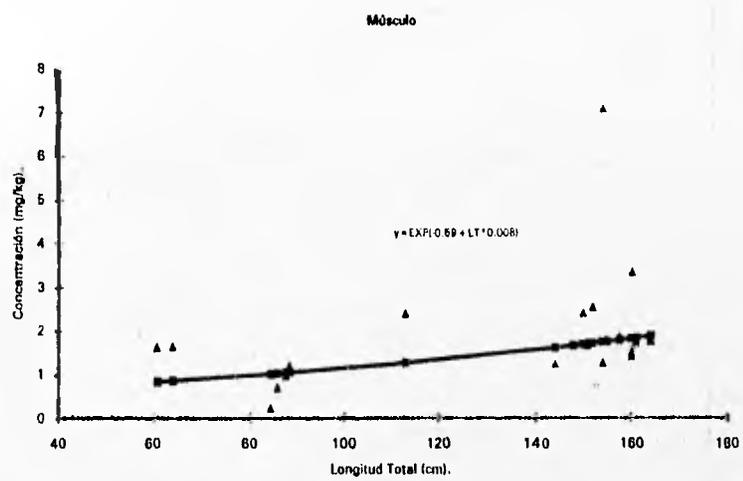


Fig.87 Curva de regresión que describe la relación entre el Manganeso total detectado en músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

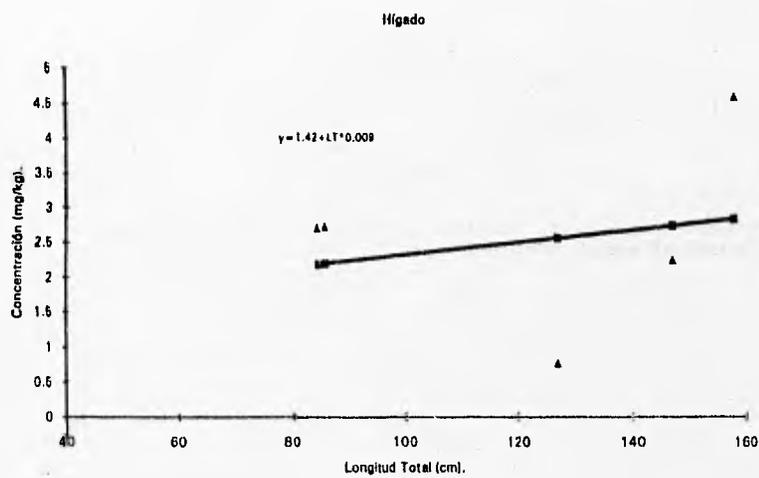
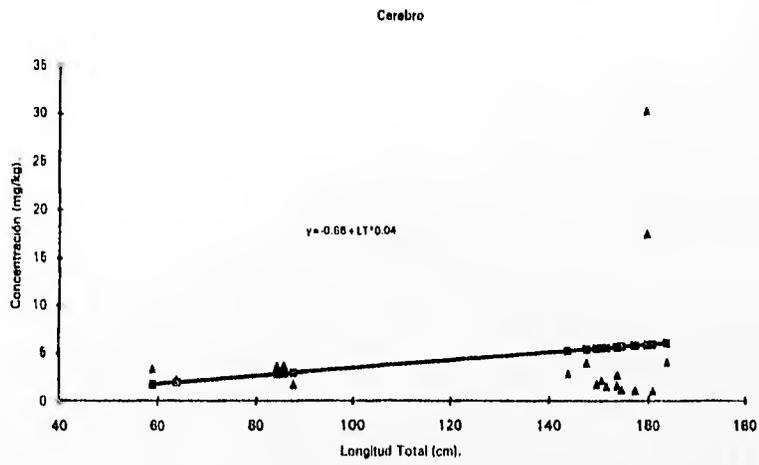


Fig.8B Curvas de regresión que describen la relación entre el Manganeso total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la longitud total del tiburón.

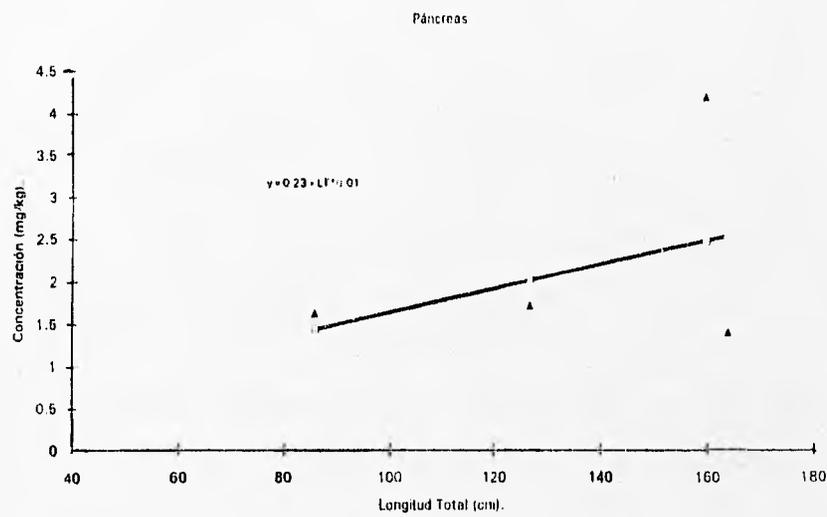
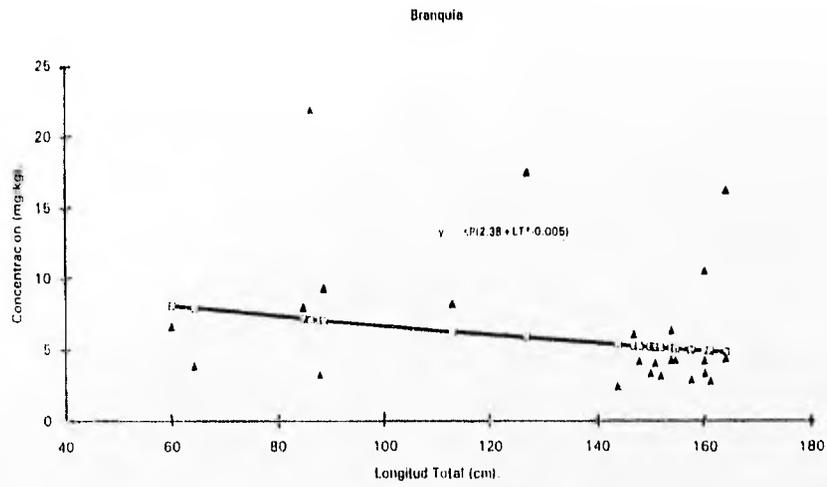


Fig.89 Curvas de regresión que describen la relación entre el Manganese total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

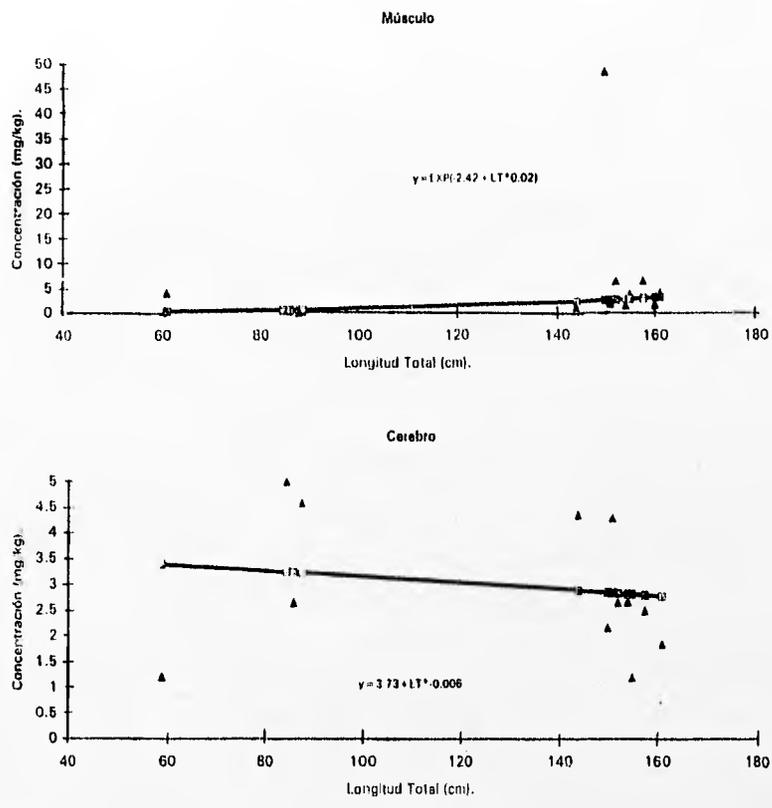


Fig.90 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

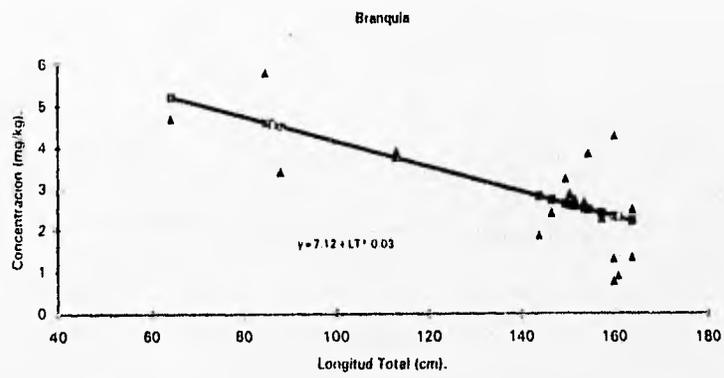


Fig.91 Curva de regresión que describe la relación entre el Plomo total detectado en branquia de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

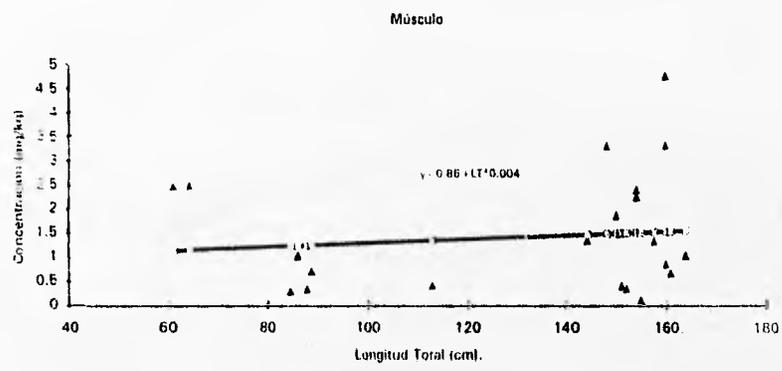


Fig.92 Curva de regresión que describe la relación entre el Selenio total detectado en músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

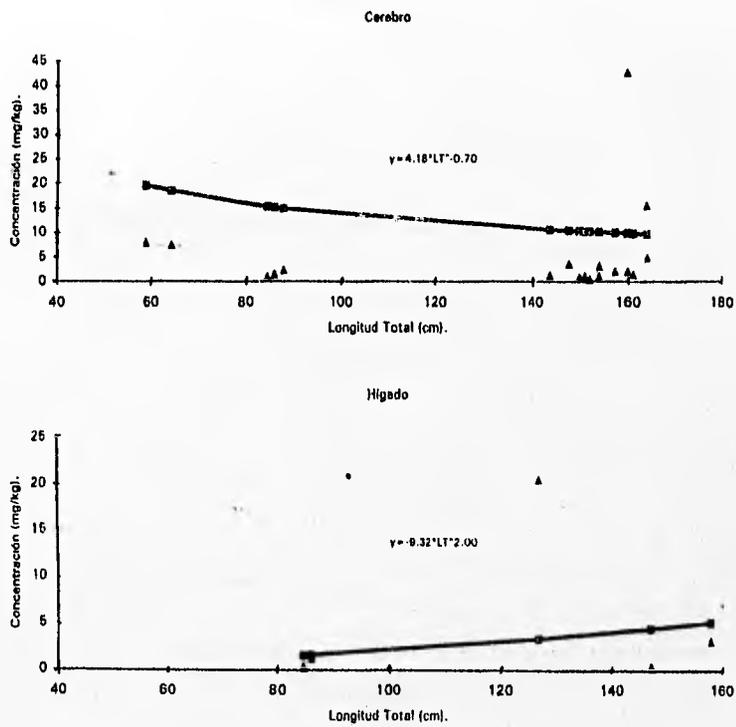


Fig.93 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

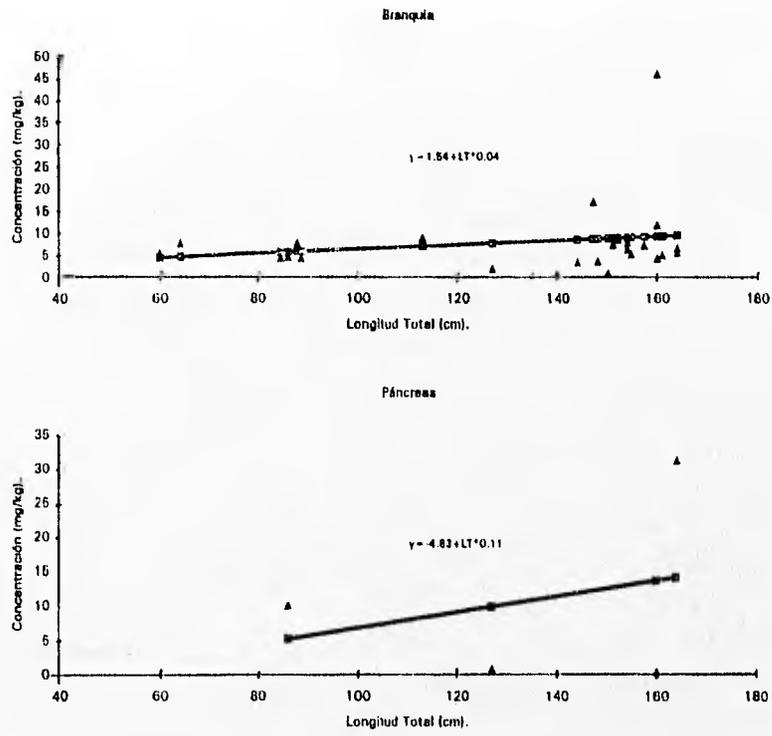


Fig.94 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

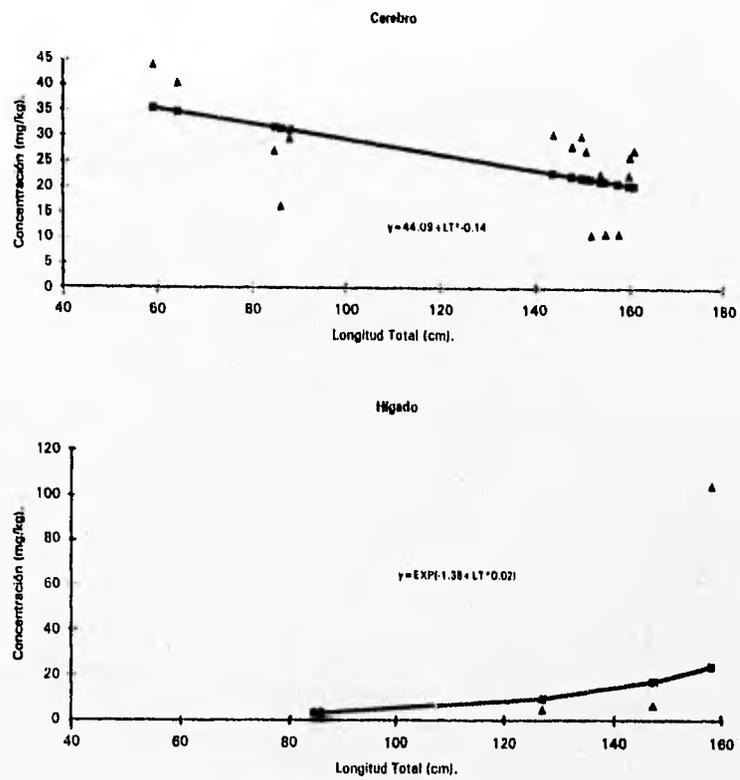


Fig.96 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la longitud total del tiburón.

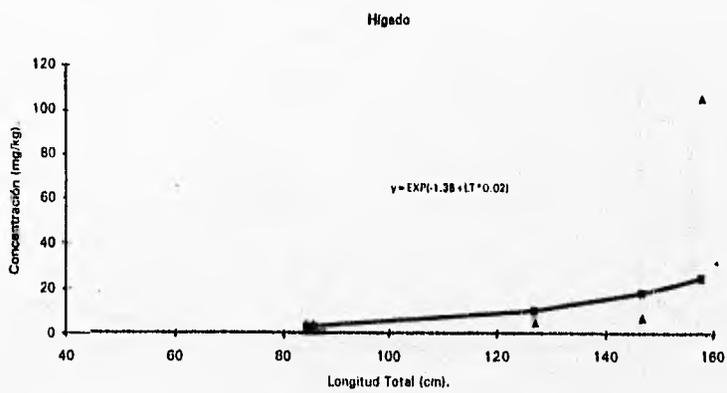
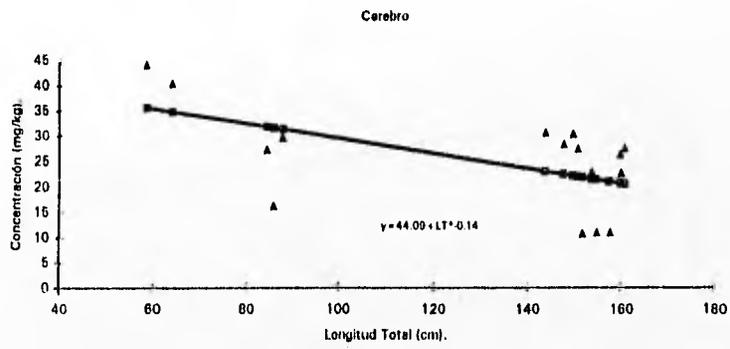


Fig.96 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *C. limbatas* con la longitud total del tiburón.

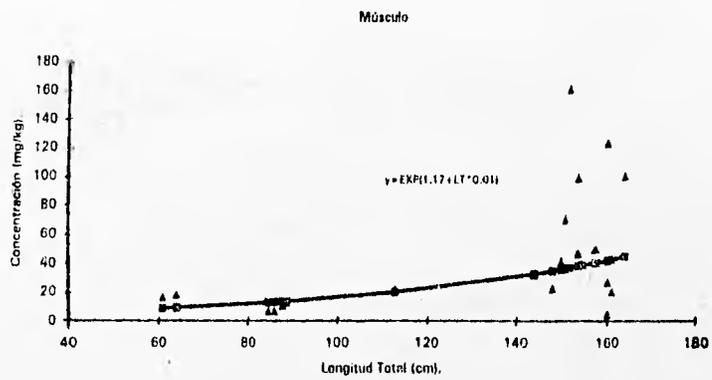


Fig.97 Curva de regresión que describe la relación entre el Zinc total detectado an músculo de *C.limbatus* con la longitud total del tiburón.

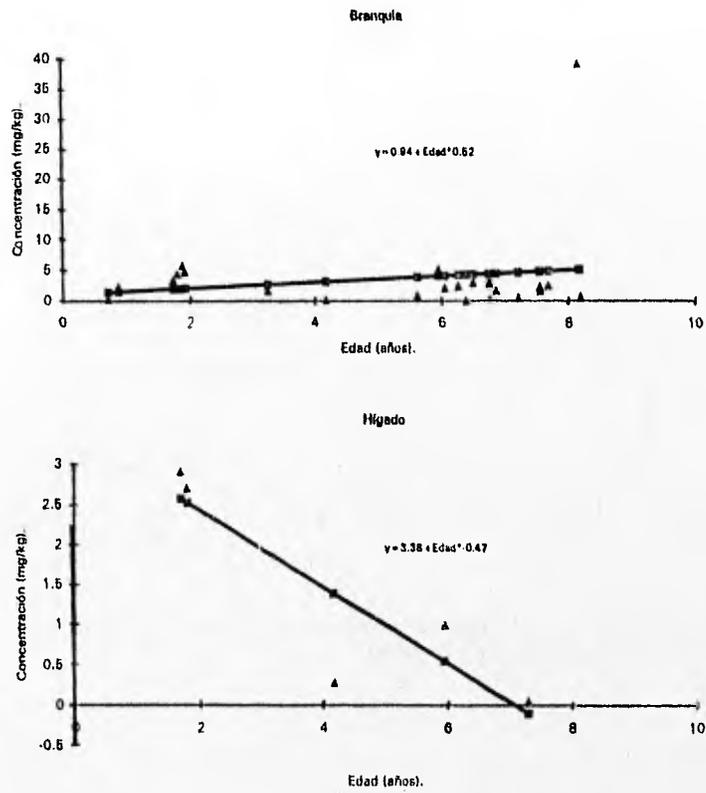


Fig.98 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

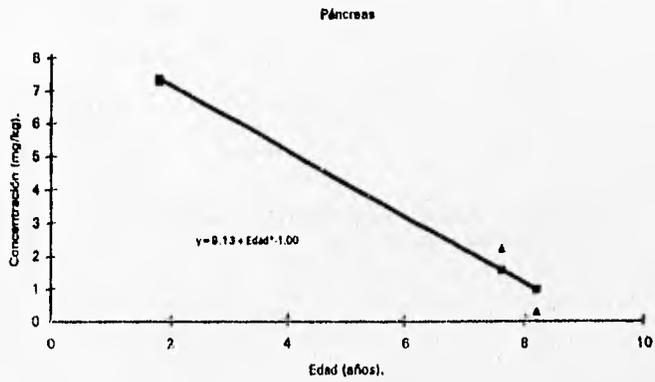
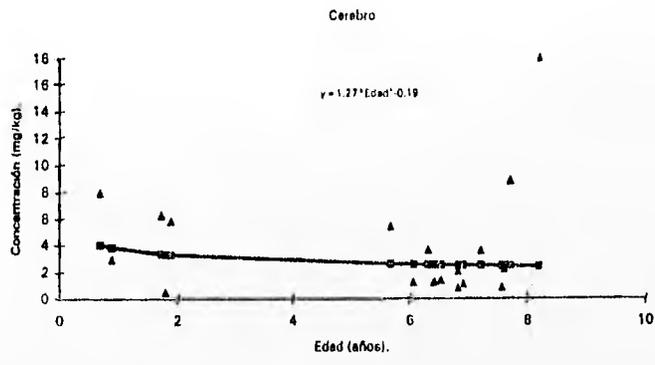


Fig.99 Curvas de regresión que describen la relación entre el Arsénico total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

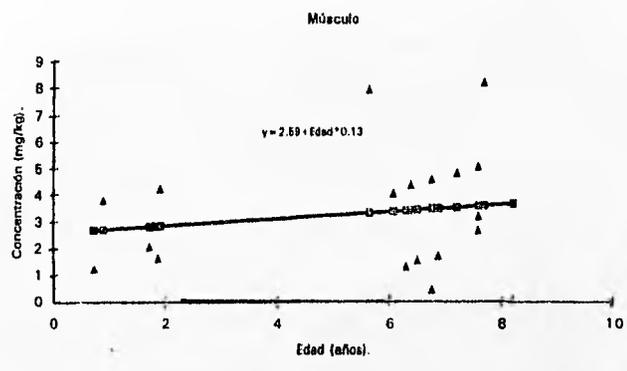


Fig.100 Curva de regresión que describe la relación entre el Arsénico total detectado en músculo de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

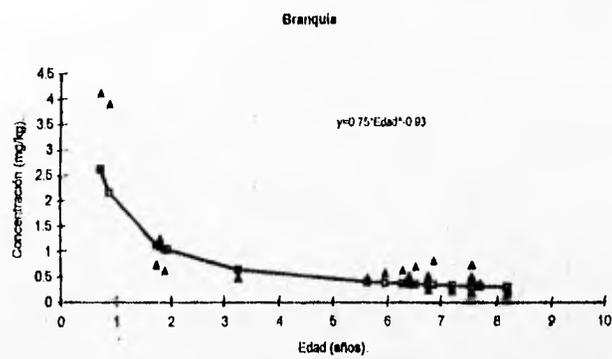


Fig.101 Curva de regresión que describe la relación entre el Cadmio total detectado en branquia de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

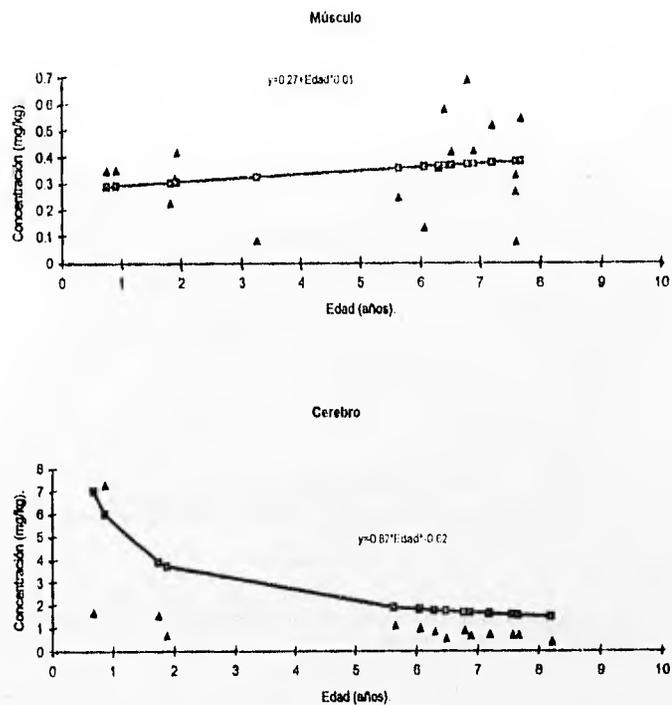


Fig.102 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cadmio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

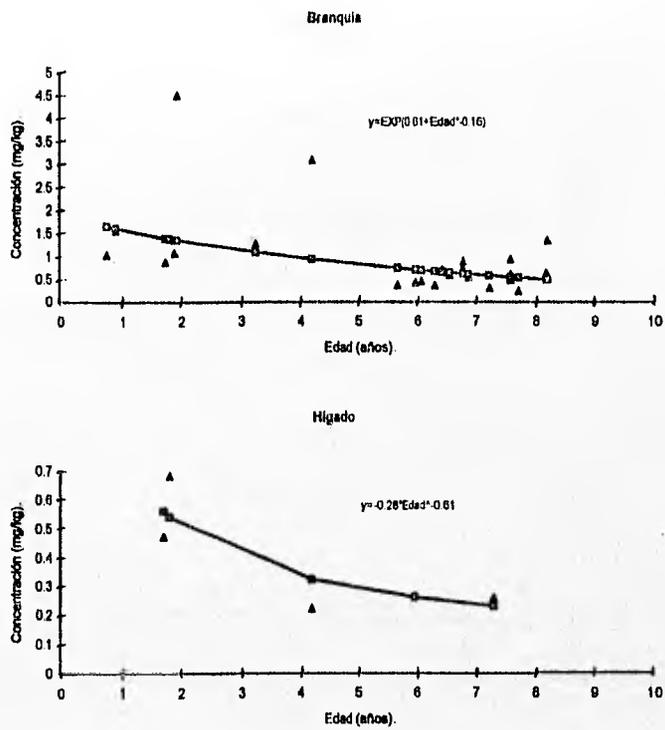


Fig.103 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

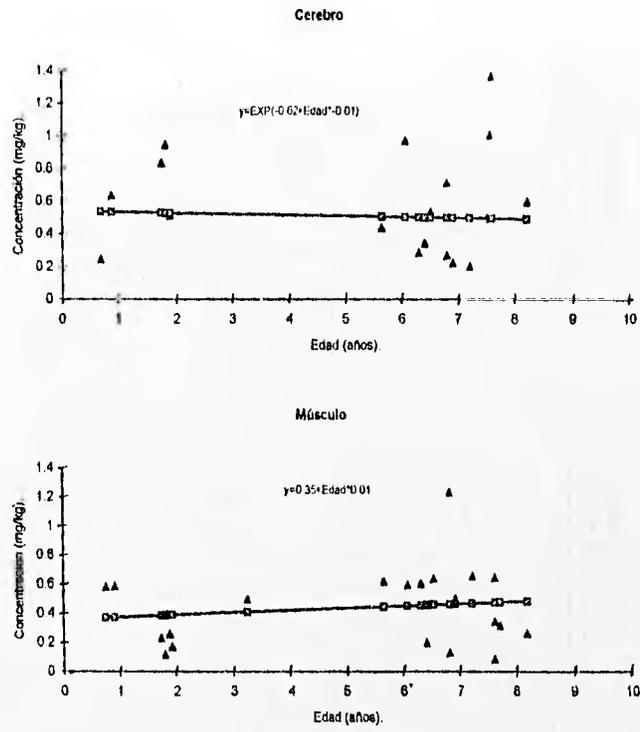


Fig.104 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cromo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

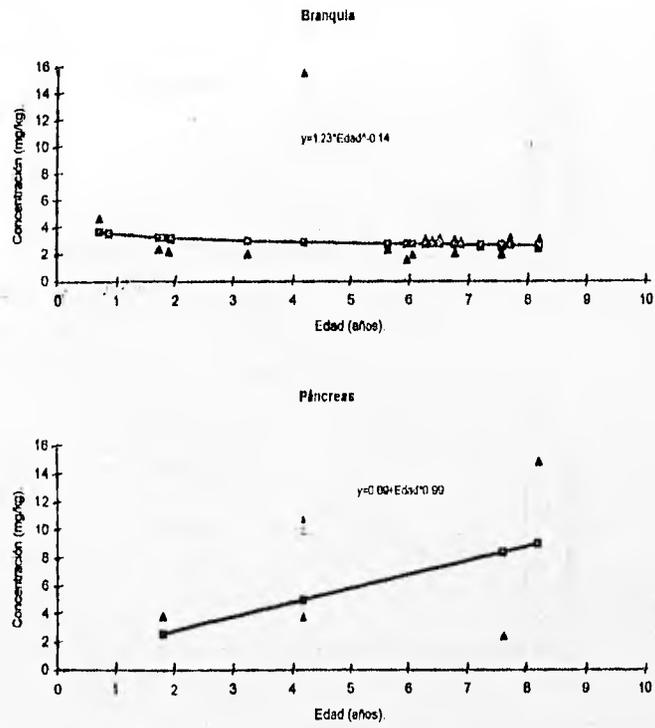


Fig.105 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

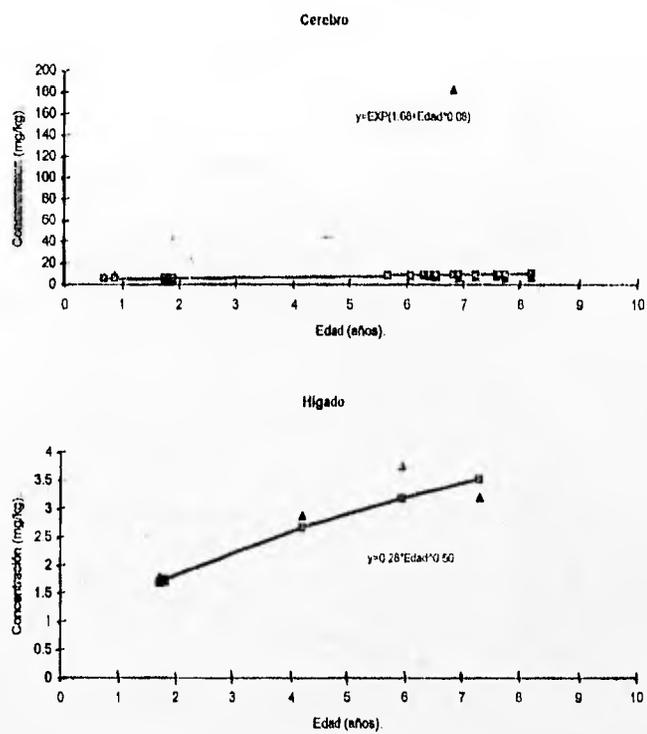


Fig.106 Curvas de regresión que describen la relación entre el Cobre total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

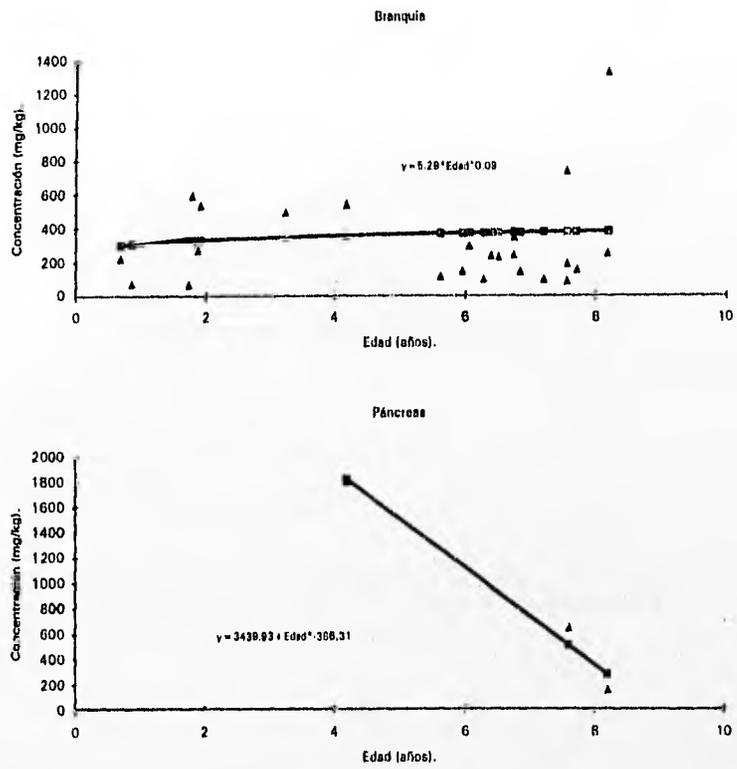


Fig.108 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *C. limbatue* con la edad del tiburón.

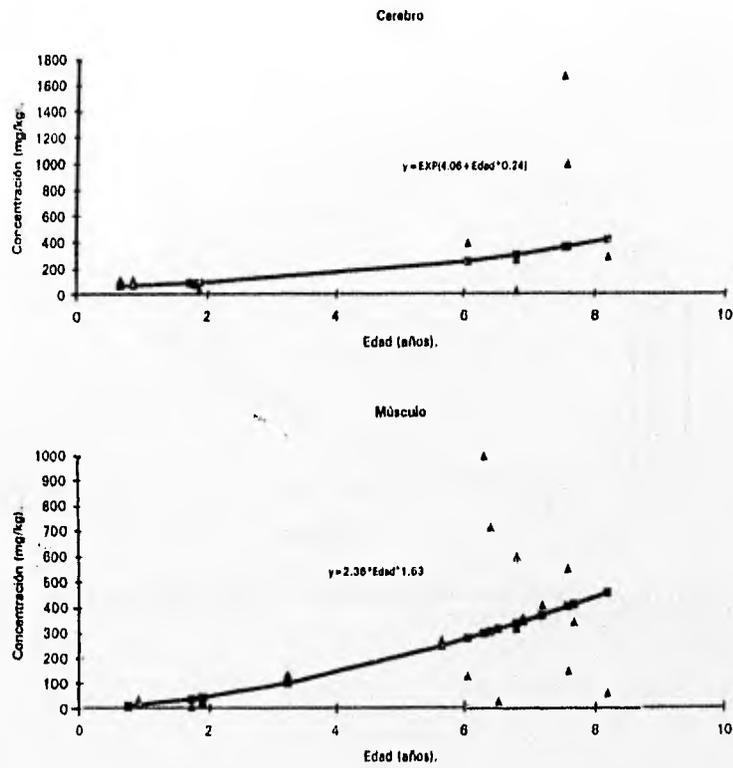


Fig. 109 Curvas de regresión que describen la relación entre el Hierro total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

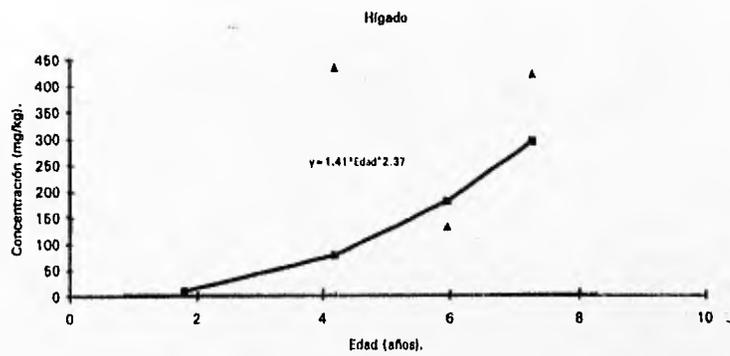


Fig.110 Curva de regresión que describe la relación entre el Hierro total detectado en músculo de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

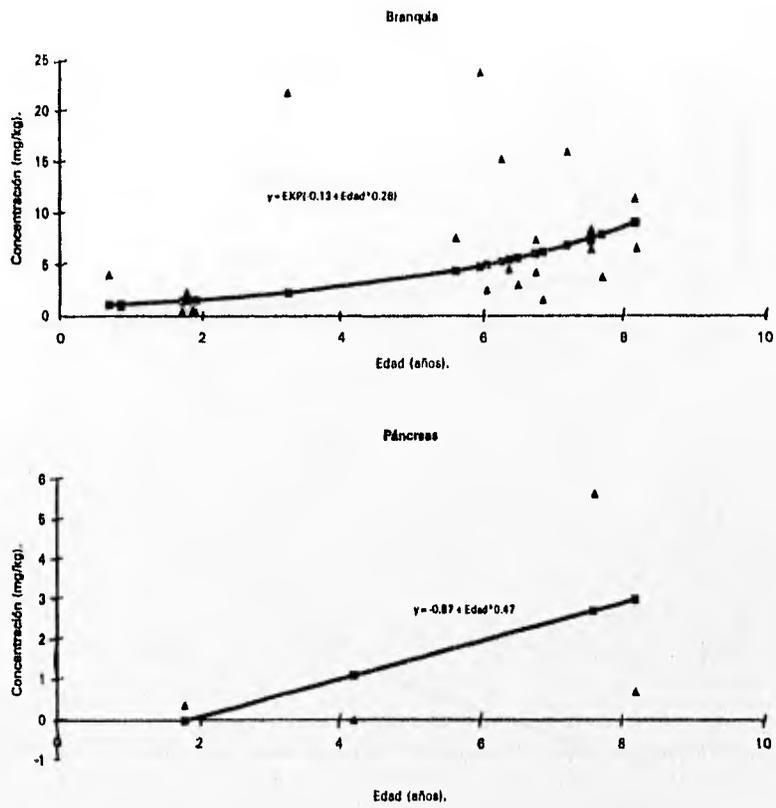


Fig.111 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *C.limbatu*s con la edad del tiburón.

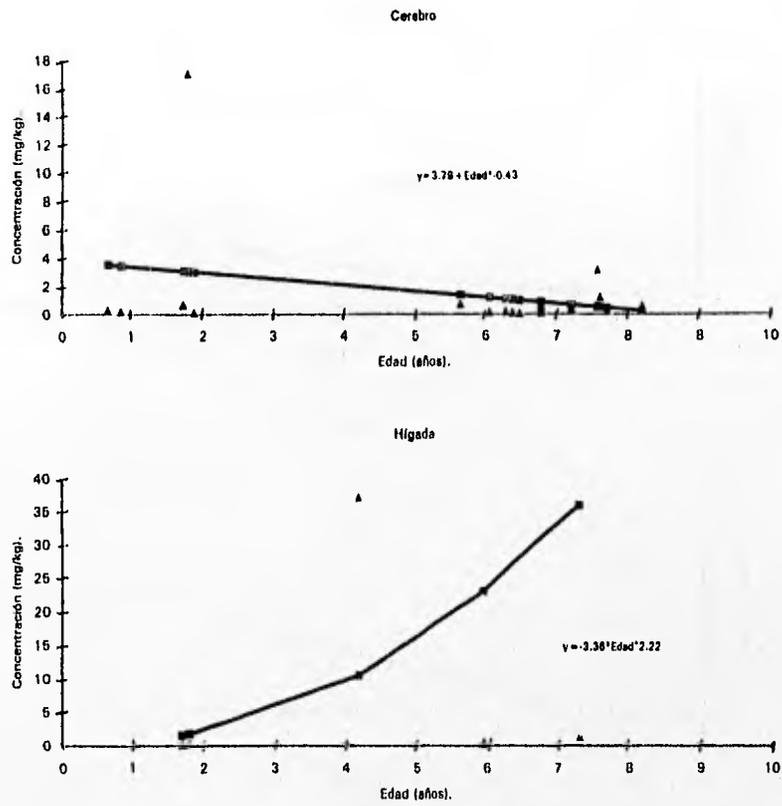


Fig.112 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

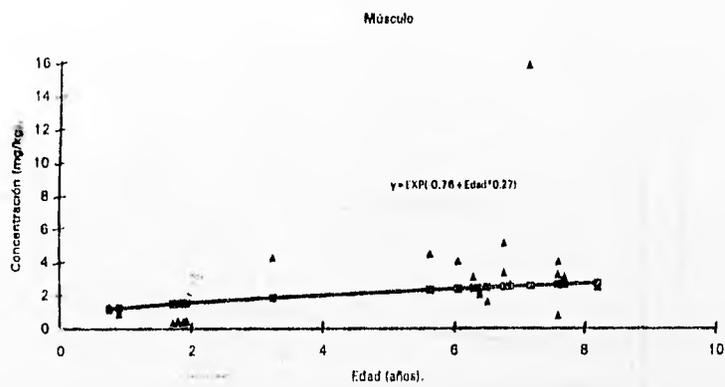


Fig.113 Curva de regresión que describe la relación entre el Mercurio total detectado en músculo de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

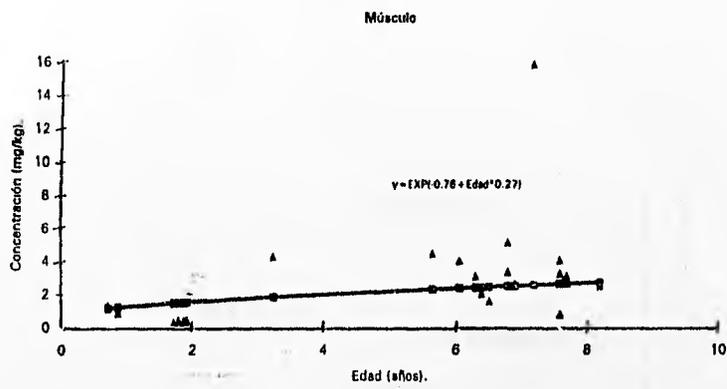


Fig.113 Curva de regresión que describe la relación entre el Mercurio total detectado en músculo de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

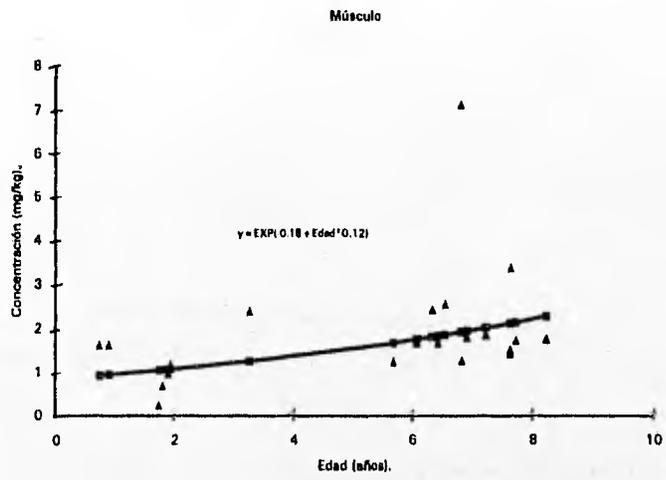


Fig.114 Curva de regresión que describe la relación entre el Manganeso total detectado en músculo de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

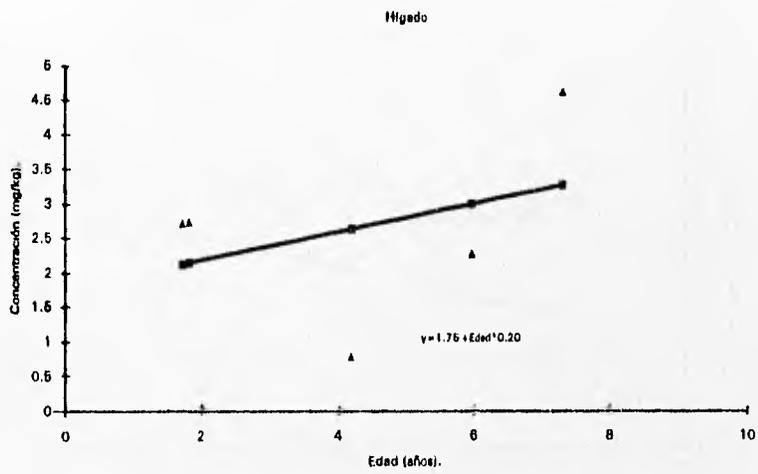
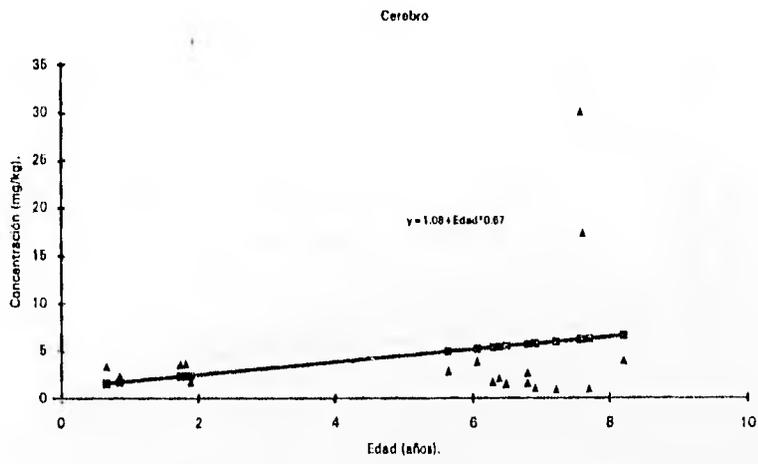


Fig.115 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mangneso total detectado en dos tejidos de C.limbatus con la edad del tiburón.

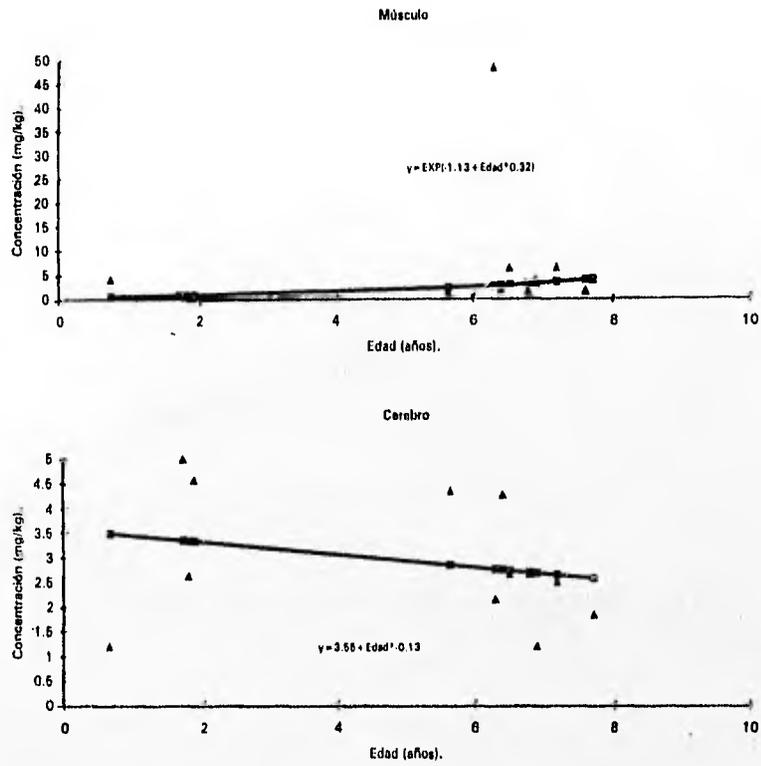


Fig.117 Curvas de regresión que describen la relación entre el Plomo total detectado en dos tejidos de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

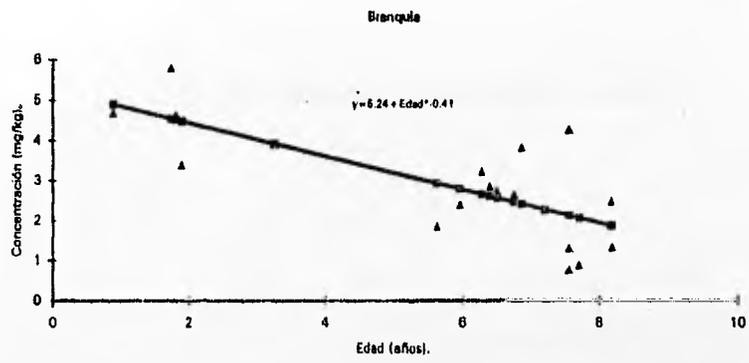


Fig.118 Curva de regresión que describe la relación entre el Plomo total detectado en branquia de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

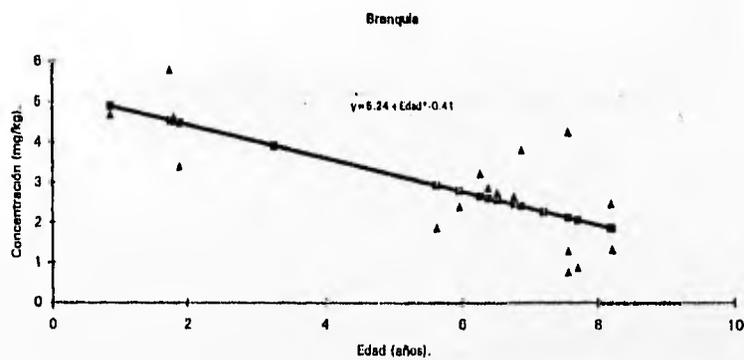


Fig. 118 Curva de regresión que describe la relación entre el Plomo total detectado en branquia de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

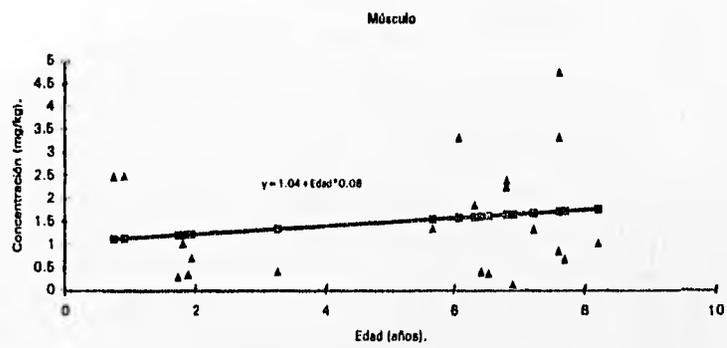


Fig.119 Curva de regresión que describe la relación entre el Selenio total detectado en músculo de *C. limbatus* con la edad del tiburón.

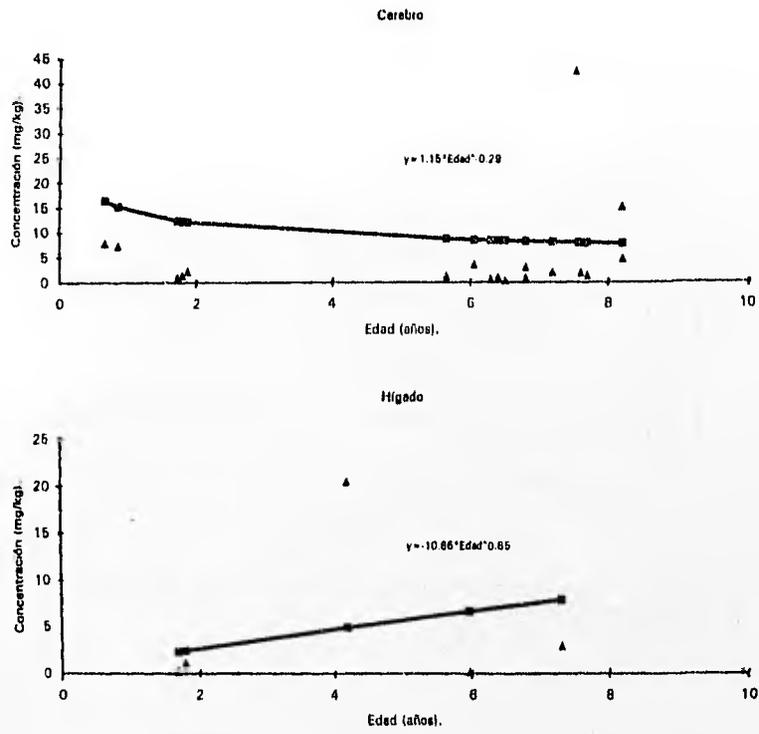


Fig.120 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

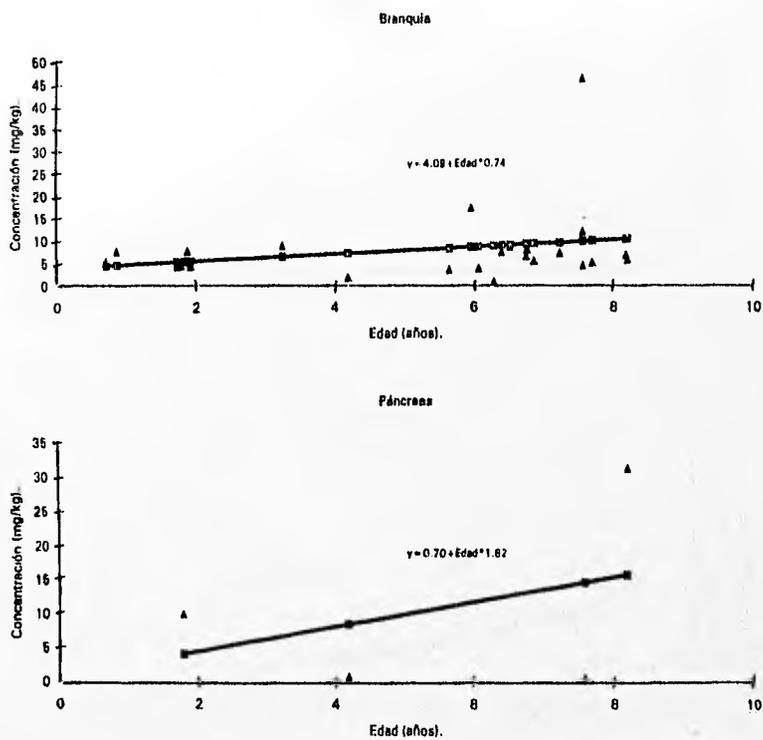


Fig.121 Curvas de regresión que describen la relación entre el Selenio total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

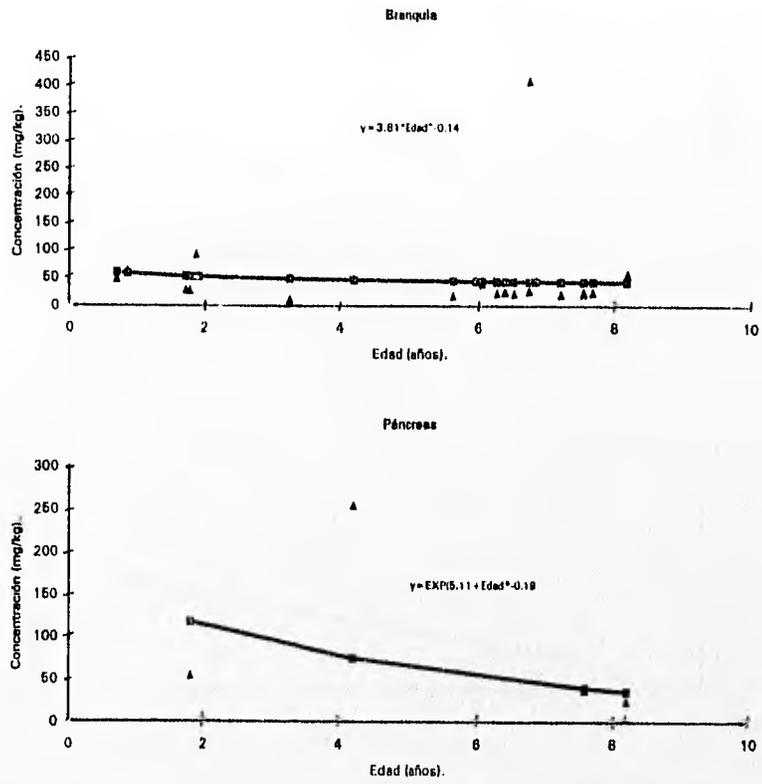


Fig.122 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *C.limbatas* con la edad del tiburón.

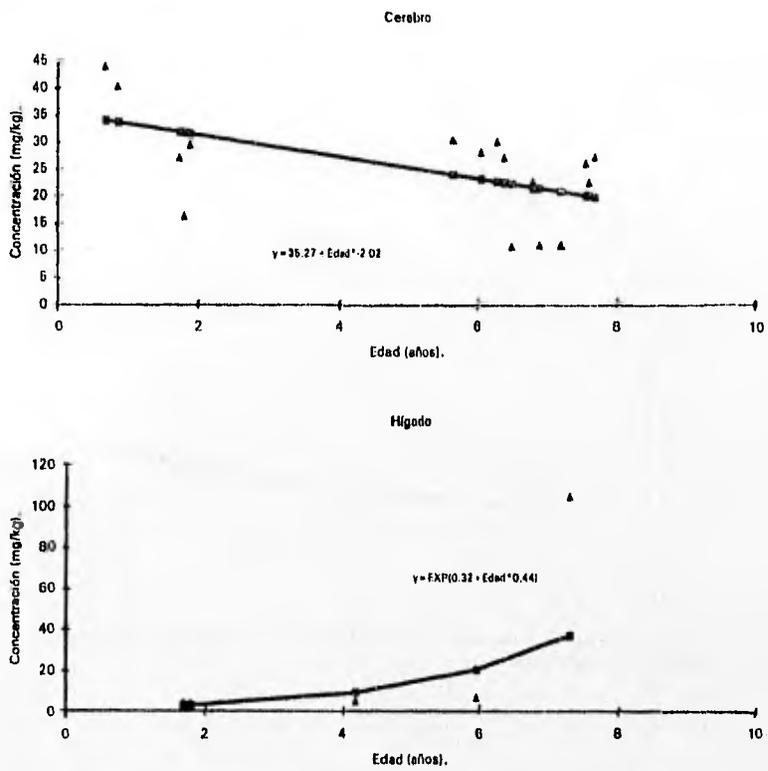


Fig.123 Curvas de regresión que describen la relación entre el Zinc total detectado en dos tejidos de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

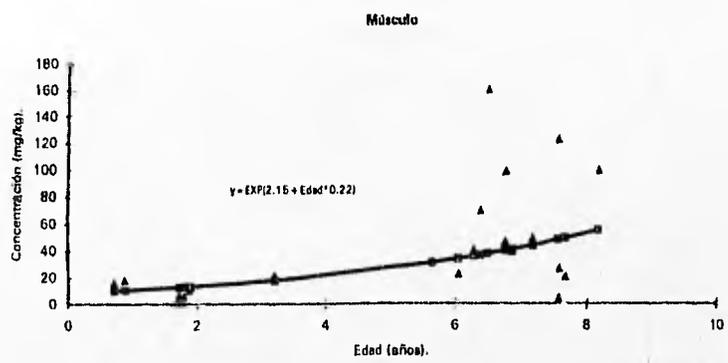


Fig.124 Curva de regresión que describe la relación entre el Zinc total detectado en músculo de *C.limbatus* con la edad del tiburón.

Relación detectada en Músculo de *C. limbatu* para Hg-LT y lo reportado en 1984.

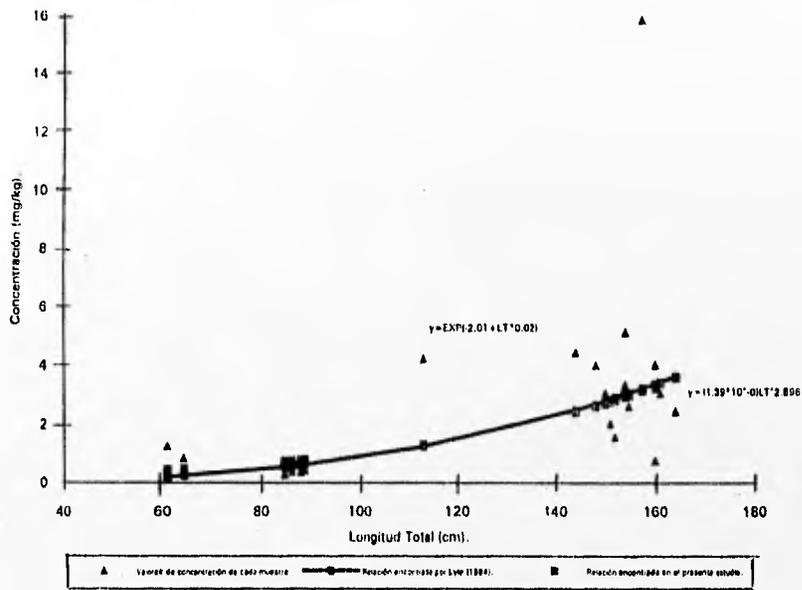


Fig.125 Curvas de regresión que describen la relación entre el Mercurio total detectado en músculo de *C. limbatu* con la longitud total del tiburón, comparada con los parámetros reportados para la especie (según Lyle, 1984).