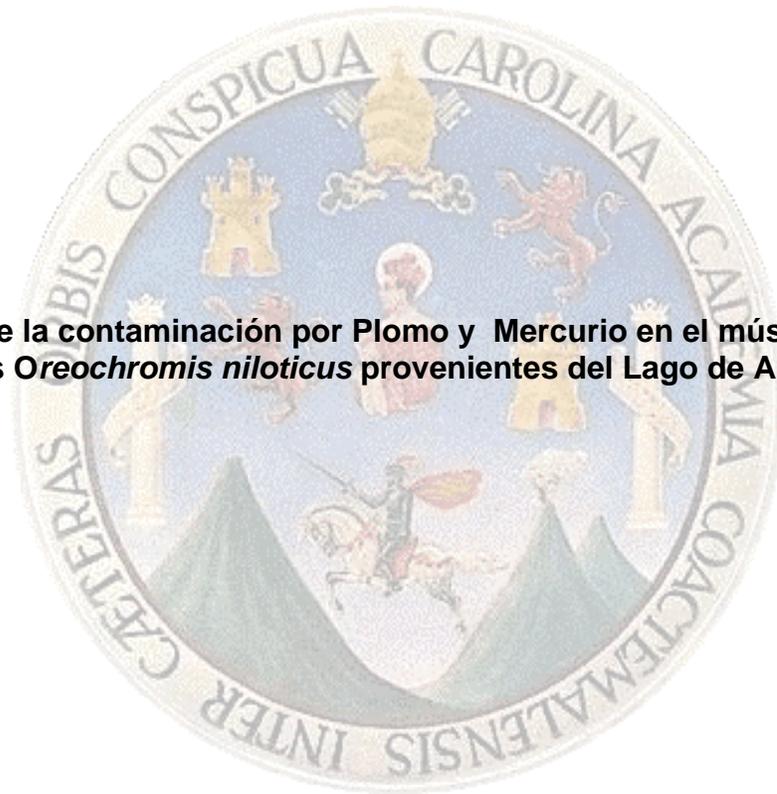


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Análisis de la contaminación por Plomo y Mercurio en el músculo de las
Tilapias *Oreochromis niloticus* provenientes del Lago de Amatitlán.**



Presentado por

T.A. PABLO ROBERTO GONZÁLEZ BARRIOS

Para otorgarle el título de

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Asesor: Ing. Gustavo Adolfo Elías Ogaldez

Guatemala, Marzo 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA

CONSEJO DIRECTIVO

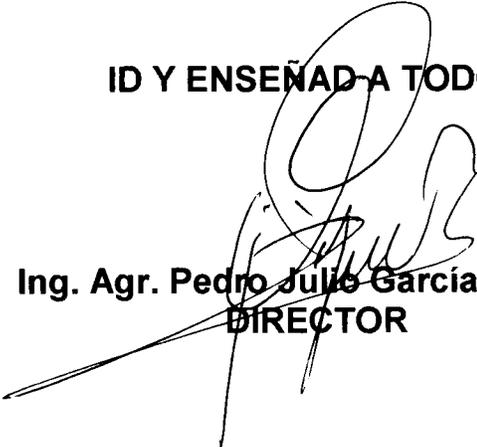
Presidente	M. Sc. Pedro Julio García Chacón
Coordinador Académico	M. Sc. Carlos Salvador Gordillo García
Secretaria	M. Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo
Representante Docente	Ing. Gustavo Adolfo Elías Ogaldez
Representante Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	M. Sc. Estrella de Lourdes Marroquín Guerra
Representante Estudiantil	Br. Jesús Alfredo Guzmán Cáceres
Representante Estudiantil	Br. Sofía del Carmen Morales Navarro



El Ing. Agr. Pedro Julio García Chacón, Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- después de conocer el dictamen favorable del Ing. Carlos Gordillo, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario **Pablo Roberto González Barrios** titulado “**Análisis de la contaminación por Plomo y Mercurio en el músculo de las Tilapias Oreochromis niloticus provenientes del Lago de Amatitlán**”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.
IMPRIMASE.

Guatemala, febrero del 2010

ID Y ENSEÑAD A TODOS

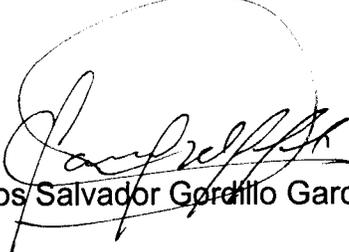

Ing. Agr. Pedro Julio García Chacón
DIRECTOR





El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura - CEMA-, después de conocer el dictamen de los revisores Ing. Gustavo Adolfo Elías Ogaldez, Sra. Adela Pérez Cruz, y la aprobación de la Coordinadora de EPS Licda. Olga Marina Sánchez al trabajo de graduación del estudiante universitario **Pablo Roberto González Barrios**, titulado “Análisis de la contaminación por Plomo y Mercurio en el músculo de las Tilapias *Oreochromis niloticus* provenientes del Lago de Amatitlán”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo y autoriza su impresión.

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Carlos Salvador Gordillo García



Guatemala, febrero del 2,010.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala
Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura
Alma mater de mi desarrollo intelectual y profesional

A los catedráticos universitarios:

Licda. Olga Sánchez, M.V. Salomón Medina, Ing. Carlos Gordillo, Ing. Pedro Julio García, Lic. Eduardo Caal, Lic. Mauricio Mejía, Licda. Lorena Boix, Lic. Erick Villagrán, Licda. Lucrecia Yonker, Lic. Leonel Carrillo y Licda. Grace Thompson. Más que catedráticos, amigos que han aportado a mi carrera profesional invaluable conocimientos que hoy están al servicio del país.

A mi asesor de Investigación:

Ing. Gustavo Elías Ogaldez

Por su sencillez, conocimiento y sabiduría como guía y amigo en la realización del presente trabajo.

A mi padrino de profesión:

Lic. Jorge Luis Morales Modenessi

Por darme la oportunidad de mi primer trabajo en el apasionante mundo de la acuicultura y ciencias del mar en el año de 1,991. Mi amistad incondicional por siempre.

DEDICATORIA

Dedico este acto no a las personas, sino a las emociones que cada persona en el transcurso de su vida a tenido a bien compartirlas conmigo: A los valores, sacrificios y ejemplos que mis padres me han regalado; a el amor de la mujer que ahora razón a mi vida ha dado; a las miles de alegrías que mis hijas me han brindado; al confort y recuerdo de la familia de donde vengo; a los anhelos que mis amigos y colegas hemos compartido; a las palabras de todos aquellos que han alimentado mi espíritu y contribuido a lograr mis metas. Pero por sobre todo se lo dedico a DIOS por permitirme navegar en el mar de la vida, poder llegar a este puerto y si lo permite, alcanzar muchos puertos más.

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó para establecer la contaminación de plomo (Pb) y mercurio (Hg) en el músculo de la tilapia *Oreochromis niloticus* del Lago de Amatitlán, a través de un análisis estadístico de la base de datos obtenidos de la investigación del proyecto Fodecyt No. 117-2006, "Metales pesados en el músculo de tilapia para su consumo humano en el Lago de Amatitlán" realizado por Elías, G. (2008). De la base de datos del proyecto, se tomaron un total de 123 datos provenientes de muestras de filete de tilapia. El análisis estadístico se realizó en base a la estadística descriptiva, los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles internacionales. Del total de los datos analizados, 3 (2.4 %) presentaron contaminación por plomo (Pb) con concentración por encima del límite máximo permisible establecido por la Unión Europea para productos cárnicos de origen hidrobiológico y ninguno (0 %) presentó contaminación por mercurio (Hg). Esto representa una frecuencia de contaminación baja, ya que de cada 100 tilapias que podría consumir una persona, solo de 2 a 3 de ellas podrían estar contaminadas con plomo. Además el análisis determinó que no hay una correlación entre las concentraciones de plomo (Pb) y variables como época del año, peso y sexo del pescado; respecto a la ubicación geográfica de la captura, solamente existe una pequeña tendencia de mayor nivel de contaminación, en Playa de Oro y la Playa Pública, así como el menor nivel de contaminación cuando los peces reciben alimento suplementario. Los resultados de esta investigación son un aporte significativo para la revalidación de los datos analizados del proyecto Fodecyt No. 117-2006, los cuales son gran importancia para la toma de decisiones de la Autoridad Competente en el establecimiento de nuevos programas de repoblamiento con alevines y campañas de consumo de las tilapias *Oreochromis niloticus* provenientes del Lago de Amatitlán.

ABSTRACT

This investigation was done to establish the contamination by plumb (Pb) and mercury (Hg) in tilapia *Oreochromis niloticus* muscles from Amatitlán Lake, through statistics analysis of Fodecyt project No. 117-2006 database named "Heavy metals in tilapia muscle for human consume in Amatitlán Lake, realized by Elías, G (2008). From the database project, one hundred and twenty tree data was taken from each fillet samples analyzed. The statistics analysis was made mostly by descriptive statistics, and the results were comparing with international norm of maximum permissible limit. Of the whole analyzed database only 3 of them (2.4%) showed contamination by plumb (Pb) showing higher levels of contamination over the european norm of maximum permissible limits and no one (0 %) showed contamination by mercury (Hg) this represent a lower contamination frequency, because of every 100 tilapias that a person could eat, only 2 or 3 of them will be contaminate with plumb (Pb). Besides the research determinate that there is not relation between plumb (Pb) and variables such as season of the year, sex and weight of the organism, about the geographic location of the capture there is a little tendency of higher level of contamination in Playa de Oro and Playa Public, also determinate the lower level of contamination when the fishes eat supplement food. The results of this scientific search are a contribution for the revalidation of the database analyzed of Fodecyt project No 117-2006, wich one have high importance for the competent authority issues, to establish new repopulation programs and campaigns for tilapia *Oreochromis niloticus* consume from Amatitlán Lake.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1	
II.	ANTECEDENTES	3	
III.	MARCO TEÓRICO	4	
	3.1	Caracterización del Lago de Amatitlán .	4
	3.2	Calidad del agua del Lago de Amatitlán.	5
	3.3	Producción pesquera del Lago de Amatitlán.	6
	3.4	Descripción de la especie tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .	8
	3.5	Hábitos alimenticios.	9
	3.6	Metales pesados.	10
	3.6.1	Plomo.	11
		3.6.1.1 <i>Absorción del plomo.</i>	12
		3.6.1.2 <i>Distribución del plomo en el cuerpo.</i>	12
		3.6.1.3 <i>Tipos de intoxicación por plomo.</i>	13
		3.6.1.4 <i>Fuentes de intoxicación por plomo.</i>	13
	3.6.2	Mercurio.	14
		3.6.2.1 <i>Fuentes contaminantes de mercurio.</i>	15
		3.6.2.2 <i>Bioacumulación de mercurio.</i>	16
		3.6.2.3 <i>Efectos del mercurio sobre la salud humana.</i>	17
		3.6.2.4 <i>El mercurio en los peces.</i>	18
IV.	OBJETIVOS	19	
	4.1	Objetivo general.	19
	4.2	Objetivos específicos.	19
	4.3	Hipótesis.	19
V.	METODOLOGÍA	20	
	5.1	Ubicación geográfica.	20
	5.2	Variables.	20

5.3	Indicadores.	20
	Concentraciones de metales pesados: Plomo (Pb) y mercurio (Hg), en mg/kg.	
5.4	Estrategia metodológica.	21
5.5	Procedimiento.	22
5.6	Método estadístico.	23
5.7	Materiales y equipos utilizados.	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1	Concentración de plomo en músculo de tilapia.	26
6.2	Concentración de mercurio en músculo de tilapia.	33
VII.	CONCLUSIONES	34
VIII.	RECOMENDACIONES	35
IX.	BIBLIOGRAFÍA	36
X.	ANEXO	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.	Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .	8
Figura No. 2.	Sitios de captura en el Lago de Amatitlán.	21
Figura No. 3.	Elaboración de gráficas.	22
Figura No. 4.	Número de datos con concentración de plomo.	26
Figura No. 5.	Regresión lineal de los datos del peso total de los organismos en gramos respecto a las concentraciones de plomo en mg/kg.	28
Figura No. 6.	Datos de la concentración de plomo (mg/kg) según el punto de extracción.	29
Figura No. 7.	Datos de la concentración de plomo (mg/kg) de acuerdo al sexo del organismo.	30
Figura No. 8.	Datos de la concentración de plomo (mg/kg) según el peso del organismo.	31
Figura No. 9.	Datos de la concentración de plomo (mg/kg) por sector de captura.	32
Figura No. 10.	Número de datos con concentración de mercurio.	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.	Concentraciones y cargas contaminantes en ríos de la cuenca del Lago de Amatitlán.	6
Cuadro No. 2.	Límites máximos permisibles de metales pesados para productos de la pesca.	18
Cuadro No. 3.	Datos detectados con plomo y mercurio.	24
Cuadro No. 4.	Datos detectados con plomo y mercurio superiores al límite máximo permisible establecido por la Norma Europea.	24
Cuadro No. 5.	Porcentaje de datos de músculo de tilapia con concentraciones de plomo y mercurio.	25
Cuadro No. 6.	Concentraciones de plomo (Pb) mg/kg, en los datos obtenidos por peso del organismo, punto y sector de extracción, sexo y fecha de captura.	27

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo No. 1.	Base de datos de las concentraciones de plomo y mercurio.
---------------------	---

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que presenta el Lago de Amatitlán, es la contaminación por metales pesados, principalmente disueltos en el agua, lo cual ha sido documentado por varios investigadores.

La pesca en el lago, constituye una actividad importante para mas de 300 familias, que extraen anualmente una cantidad aproximada de 59.6 TM de tilapia *Oreochromis niloticus* (Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura, 2006),

Tomando en cuenta la contaminación y extracción de tilapia que tiene dicho lago, es necesario realizar investigaciones para determinar la inocuidad en el consumo de la tilapia y sus efectos en la salud de las personas. La selección de la tilapia *Oreochromis niloticus* en el presente estudio, se debe a que es una especie ampliamente consumida por los guatemaltecos y que además representa el 40% de la extracción de los peces del lago (Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura, 2006).

Respecto a los metales pesados el interés en este tema tiene su origen en 1956, cuando en la bahía de Minamata en Japón, perecieron 46 personas y más de 400 víctimas quedaron inválidas para toda su vida por el trastorno neurológico a consecuencia de la alta concentración de mercurio que contenían los peces y los moluscos de los cuales se alimentaban (Bonilla, 2003).

En 1970 Estados Unidos tuvo una seria “alarma ante el mercurio”, lo que repercutió en el cese de la industria del pez espada, daños económicos a la industria del atún y la prohibición de la caza y pesca en varios estados (Bonilla, 2003).

Un factor de gran relevancia en la selección del plomo como un metal pesado para ser sujeto de análisis, es que se encuentra en una gran diversidad de productos

utilizados de forma cotidiana por las personas, de allí deriva el riesgo de contaminación en afluentes cercanos a zonas densas de población humana. Cuando este metal se distribuye a través del torrente sanguíneo puede causar serios daños a la salud humana provocando el “saturnismo o plumbismo”.

Respecto al mercurio, este metal pesado es de gran importancia debido a su toxicidad y su capacidad de ser residual, es decir, que se puede bioacumular. La contaminación por este metal pesado es debida a la actividad industrial, como sucede en las zonas cercanas al Lago de Amatitlán. Los efectos sobre la salud de las personas por la contaminación de mercurio son grandes y diversos pudiendo causar inclusive la muerte.

El presente trabajo de investigación consistió en la validación del análisis de los datos obtenidos de la investigación realizada por Elías, G (2008) en el Lago de Amatitlán, del cual el presente autor participó como investigador asociado.

II. ANTECEDENTES

Actualmente se descargan dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán 437.5 millones de litros de aguas residuales por día, los cuales deterioran los ecosistemas acuáticos propios del cuerpo lacustre y eliminan paulatinamente las posibilidades de hacer uso de las aguas para satisfacer las necesidades humanas. Existe también un crecimiento poblacional e industrial que ejerce presión sobre la cuenca (AMSA, 2007).

Además se llevo a cabo una determinación y cuantificación de plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd), y cromo (Cr VI) y otras sustancias tóxicas por métodos espectrofotométricos en tejido muscular de *Cichlasoma managuense*, encontrando plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y cromo (Cr VI) (García, 1997)

Una investigación posterior para la determinación cuantitativa de metales pesados en mojarra negra y guapote tigre, encontró concentraciones de los siguientes metales: calcio (Ca), zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu), plomo (Pb), manganeso (Mn), cromo (Cr), titanio (Ti), níquel (Ni) y cobalto (Co) (Kestler, 1997)

Estas investigaciones, realizadas en los años noventa, poseen una característica en común, resumida en la presencia de metales ecotóxicos en todos los organismos analizados; los cuales en casi todas las ocasiones exceden los límites máximos permitidos, propuestos por normas internacionales; sin embargo las especies que fueron estudiadas son de hábito alimenticio carnívoro, a excepción de la mojarra negra la cual, actualmente no se captura en el lago de Amatitlán.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Caracterización del Lago de Amatitlán

El Lago de Amatitlán forma parte de un conjunto de cuerpos de agua que se encuentran en un proceso acelerado de contaminación. Entre los usos que actualmente se le da al lago están: fuente de agua potable y para aseo personal, pesca artesanal, recreación, turismo, irrigación, actividades culturales, generación de energía, enfriamiento de procesos termoeléctricos y sumidero de desechos (AMSA, 2006).

El Lago de Amatitlán se localiza a 14°27'50'' latitud Norte, 90°36'10'' longitud Oeste, a una altitud de 1188 msnm. Se encuentra a 28 km de la ciudad de Guatemala. Tiene un volumen de 270,000,000 m³ de agua, con una superficie de 15 km², profundidad promedio de 18 m y una profundidad máxima de 38 m. La precipitación anual sobre el lago es de 1400 mm/año, con una temperatura media anual de 18-21 ° C, y un tiempo teórico de residencia del agua de 28-84 días. El lago presenta una de las mayores productividades de peces en el ámbito nacional (AMSA, 2008).

El Lago de Amatitlán, recibe vertidos de casi 2.0 millones de habitantes de 14 municipios que componen la cuenca, descargando 437.5 millones de litros de aguas residuales por día (AMSA, 2008).

La densidad de población en la cuenca del Lago de Amatitlán es una de las mayores en el mundo: dos mil setecientos habitantes por kilómetro cuadrado, más de quince mil habitantes viven en las orillas del lago y así mismo forma parte de un conjunto de cuerpos de agua que se encuentran en un proceso acelerado de contaminación y de eutrofización artificial, es decir, un desarrollo exagerado de algas debido a la presencia de sales minerales llamadas nutrientes, en particular

de nitrógeno y de fósforo, así como la presencia de dióxido de carbono y luz, lo cual tiende a reducir sus usos y acelerar su desaparición (AMSA, 2008).

3.2 Calidad del agua del lago de Amatitlán.

Las poblaciones que descargan desechos al lago se ubican en Villa Nueva, Villa Canales, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pínula, la parte Sur de la ciudad de Guatemala, así como las poblaciones y asentamientos ubicados en las propias riberas del lago. Al suroeste del lago se sitúa el municipio de Amatitlán, cuyos desechos se drenan al Río Michatoya, sin influir directamente en la contaminación del lago, salvo los de algunas colonias nuevas. Ningún otro recurso lacustre nacional tiene tanta presión social y urbana como el Lago de Amatitlán (AMSA, 2007).

Debido a la cercanía del lago a la zona urbana e industrial mas grande de Guatemala, este recibe las descargas industriales y urbanísticas por medio del río Villalobos, lo cual lo convierte en el cuerpo de agua dulce más contaminado del país (AMSA, 2007).

En un análisis cualitativo por fluorescencia de Rayos X de elementos tales como el bario (Ba), cadmio (Cd), cromo (Cr), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), potasio (K), mercurio (Hg), plomo (Pb), y cobre (Cu), que forman parte de los sedimentos del Lago de Amatitlán. Se detectaron todos los elementos a excepción del mercurio (Hg) (Beltran, 1987)

En otro análisis en las aguas superficiales del lago y se determinó la presencia de plomo (Pb), arsénico (Ar), cromo (Cr), mercurio (Hg), manganeso (Mn) y aluminio (Al) (AMSA, 1996).

Para tener una representación de dichos efectos se presenta un resumen de la calidad de agua de los principales afluentes del lago (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Concentraciones y cargas contaminantes en ríos de la cuenca del lago de Amatitlán.

Río	Parámetro fisicoquímico					
	O ₂ disuelto	pH	DQO Demanda química de oxígeno	DBO Demanda biológica de oxígeno	P _{O₄} ⁻³ Fosfatos	Nutriente NO ₃ , NO ₂ , NH ₄
Concentración	Mg/L	U	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Molino	2.25	7.1	9289.73	2764.8	276.48	389.08
San Lucas	2.9	7.53	3975.26	1857.60	494.12	183.16
El Frutal	1.14	7.67	5351.7	12700.8	2116.80	1388.62
El Zacatal	0.4	6.65	5837.88	1594.08	270.64	103.08
Pínula	4.19	7.26	10025.8	2073.60	178.85	449.76
Guadrón	2.16	6.4	4553.28	25.92	63.76	349.66
Zanjón La Palín	1.41	7.3	28749.6	20520	166.32	324.0
Panchiguajá	1.23	7.23	7623.07	3672.0	254.10	1035.50
Pansalic	2.10	7.32	7910.78	2419.20	491.10	726.66
El Arenal	2.04	7.21	48.30	17.28	2.51	6.31
Las Minas	2.19	6.28	58.75	12.10	0.14	5.94
Platanitos	1.0	7.2	13281.4	4838.40	522.55	2161.34
Chanquín	6.69	6.5	6.91	1.73	1.00	0.21

Nd = no detectado.

Fuente: AMSA, 2007

3.3 Producción pesquera en el Lago de Amatitlán

Desde hace mucho tiempo, la pesca en las aguas del lago ha sido fuente de alimento y trabajo para los pobladores del área. La producción pesquera es de aproximadamente 149 Ton/ año, de las cuales el 60% es guapote y el 40% tilapia, además de caracoles y otras especies acuáticas (UNIPESCA, 2006).

El cuerpo de agua se encuentra dividido en dos sectores que presentan características muy diferentes en su estructura poblacional así como la calidad de agua. Las principales comunidades cercanas al lago de Amatitlán realizan una pesquería artesanal y de subsistencia. Además se contabilizan en los registros de pescadores inscritos alrededor de 330 usuarios, los que utilizan en su faena de pesca: trasmallos, anzuelos y arpón. La composición y abundancia en peso de las especies ícticas varía según el sector del lago (Ixquiac; Salaverría, 2002).

Los habitantes cercanos al lago tienen una tradición cultural de consumo de los productos extraídos del lago como parte fundamental de su dieta alimenticia, este producto es distribuido a través de los mercados locales de cada comunidad ribereña o por medio de intermediarios que distribuyen este producto al sector turístico del lago o en algunos casos al mercado de la Terminal de la zona 4 de la ciudad capital. Sin embargo, el estado actual del lago contamina a la fauna, ya que el contacto con sus aguas provoca que los animales acumulen en sus organismos diversas sustancias tóxicas, por ejemplo metales pesados.

El precio de la tilapia en el mercado es de 12.00 quetzales aproximadamente, con un rango de peso de captura 200 a 600 gramos por individuo. La captura de los peces se hace con trasmallos con luz de malla No. 4 y 5, también se utiliza en algunos sectores del lago el arpón como arte de pesca. En los años 80 ´s se construyeron jaulas para cultivo de tilapia pero esta actividad fue decreciendo paulatinamente hasta el día de hoy, en que existen pocas explotaciones de este tipo.

Es importante recalcar que en la mayoría de los casos el único ingreso familiar existente para los pescadores es el generado por la actividad pesquera.

3.4 Descripción de la especie tilapia *Oreochromis niloticus*.

3.6.1 Taxonomía

Phylum Chordata

Clase Actinopterygii

Orden Perciformes

Familia Cichlidae

Genero. *Oreochromis*

La tilapia, nombre común que en idioma "swahili" significa pez, (con más de 100 especies) (Figura No. 1.).



Figura No. 1. Tilapia *Oreochromis niloticus*
(Trabajo de campo, 2007)

Los peces denominados genéricamente "tilapias" han suscitado y recibido, quizás, mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo. Estos peces son originarios de África; extendiéndose posteriormente hacia el norte de Israel y el río Jordán. Luego de la Segunda Guerra Mundial, fueron introducidas desde su origen a varios países de Asia y América. En el año 1960, las tilapias, ya se encontraban introducidas en Haití, Estados Unidos, República Dominicana,

Jamaica, Trinidad, Guayana Británica, El Salvador y Nicaragua en el Hemisferio Occidental y en Filipinas, Taiwan, Sri Lanka, Tailandia, en Oriente. Actualmente, se informa sobre cultivos comerciales en más de 65 países, estando la mayoría de éstos situados en los trópicos y subtrópicos (Morales, 2003).

Las tilapias están situadas muy abajo en la cadena trófica natural, debido a su alimentación a base de algas, materia en descomposición y plancton; aceptan también rápidamente alimento balanceado en forma de pastillas o pellets. Las especies del género *Oreochromis* son las de mayor aceptación en cultivo comercial, destacándose entre ellas la *O. niloticus*, llamada "tilapia del Nilo", la *O. aureus*, llamada "tilapia azul" y las *Oreochromis spp.* o "tilapias rojas" (Morales, 2003).

3.5 Hábitos alimenticios.

Todas las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados o son piscívoros (Morales, 2003).

Las adaptaciones estructurales de las tilapias a esta dieta son principalmente un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos (Morales, 2003).

Debido a la diversidad de alimentos que las tilapias consumen, desde vegetación macroscópica (pastos, hojas, plantas sumergidas) hasta algas unicelulares y bacterias, los dientes (factor determinante en su hábito alimenticio), también muestran variaciones en cuanto a dureza y movilidad (Morales, 2003).

A pesar de la heterogeneidad en relación a sus hábitos alimenticios y a los alimentos que consumen, las tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales (Morales, 2003).

1. Especies Omnívoras: *Oreochromis mossambicus* es la especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere y *Oreochromis aureus* que presentan tendencia hacia el consumo de zooplancton.
2. Especies Fitoplanctófagas: *Sarotherodon galilaeus* y *Oreochromis macrochir* son especies que se alimentan principalmente de fitoplancton (algas microscópicas). *Sarotherodon melanotheron* consume células muertas de fitoplancton, *Oreochromis alcalicus* consume algas que crecen sobre la superficie de las piedras y rocas.
3. Especies Herbívoras: *Tilapia rendalli*, *Tilapia sparamanni* y *Tilapia zillii* consumen vegetación macroscópica. Para cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas poseen dientes faríngeos especializados, así como un estómago que secreta ácidos fuertes.

Los requerimientos nutricionales al igual que los hábitos alimenticios de los juveniles difieren considerablemente de los adultos. Los juveniles casi siempre son zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación se vuelve fitoplanctófaga o detritívora (Morales, 2003).

3.6 Metales pesados

En ciertos medios del ecosistema, la concentración de algunos metales se puede elevar tanto que llegan a constituir una contaminación, la cual puede ser de origen natural, de acuerdo a un ciclo biogeoquímico o bien puede ser una contaminación causada por una actividad humana, entonces considerada antropogénica (Alamilla, 1999).

Los metales pesados se definen arbitrariamente como aquellos metales cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Dichos metales se

encuentran en forma natural en la corteza terrestre en forma muy concentrada, constituyendo yacimientos minerales. Algunos están en la naturaleza en grandes cantidades y se acumulan en la cadena alimenticia lo que constituye un riesgo potencial real (Alamilla, 1999)

3.6.1 Plomo.

El plomo se encuentra en la corteza terrestre en concentraciones de aproximadamente 13 mg/kg. Se asevera que la concentración de Plomo en la biosfera se ha incrementado sustancialmente como resultado de la acumulación a través de varios milenios. La minería del plomo y su utilización era conocida por los griegos y los romanos. La utilización se incrementó durante la revolución industrial y a principios de este siglo cuando se introdujeron los alquilos de plomo como aditivo antidetonante de la gasolina, indican que se usa para recubrimiento de depósitos de tubería y de otro equipo cuando la flexibilidad y la resistencia a la corrosión son necesarias tanto en la industria química como en el manejo de gases corrosivos. Se usa como metal de imprenta, en acumuladores, pinturas industriales, soldaduras, forros para cables eléctricos, en esmaltado de alfarería, hule, juguetes, gasolina (tetraetilo de Plomo) y aleaciones de latón (Alamilla, 1999; Beltran, 1987).

El plomo es un elemento relativamente abundante que se encuentra en el aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas.

El contenido de plomo en casi todas las aguas no contaminadas varía entre 0.001 y 0.01 µg/ml, cantidad que es muy inferior al límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual es de 50 partes por billón (Beltran, 1987).

En suelos no contaminados las concentraciones de este elemento varían de 0 a 200 µg/g, mientras que en suelos de sitios urbanos, la concentración de plomo llega a ser extremadamente elevada. El promedio de plomo en los alimentos es de 0.2 mg/kg aproximadamente. Los alimentos constituyen la fuente principal de ingestión de plomo en los adultos no expuestos ocupacionalmente (Beltran, 1987).

3.6.1.1 Absorción del Plomo.

Se han llevado a cabo estudios que indican que por vía oral es absorbido el 10%. No obstante, en niños este porcentaje es mucho mayor, ya que puede alcanzar hasta el 53% de la dosis ingerida. Sólo los compuestos orgánicos del plomo se absorben principalmente por el intestino delgado y en grado menor por el colon. En el estómago la absorción es nula (Froese; Pauly, 2004).

3.6.1.2 Distribución del Plomo en el cuerpo.

El plomo se transporta por la sangre y en un principio se distribuye uniformemente en todos los tejidos y órganos. Después, se distribuye gradualmente en la sangre y tejidos blandos. En la sangre, el plomo se encuentra principalmente en los eritrocitos donde su concentración es aproximadamente 16 veces más alta que en el plasma (Alamilla, 1999).

El plomo atraviesa la barrera placentaria y en ciertas circunstancias puede causar anomalías congénitas en animales. Los huesos son el principal compartimiento en donde se almacena el plomo, ya que aproximadamente el 90% de la concentración corporal total se encuentra en este tejido. La vida media del plomo de los huesos se ha estimado en 10 años en el ser humano (Froese; Pauly, 2004).

3.6.1.3 Tipos de intoxicación por Plomo.

Los porcentajes que pasan a la sangre por ingestión o por inhalación varían según las formas químicas del metal, la presencia de otros elementos, las condiciones sociales, culturales y biológicas (edad, sexo, dieta pobre en calcio). La intoxicación por plomo puede ser de dos tipos, la aguda y la crónica (que provoca el "saturnismo o plumbismo"). En el saturnismo se presenta pigmentación en el glóbulo rojo, retraso en la maduración de glóbulos rojos en la médula ósea e inhibición en la síntesis de hemoglobina, debido a la insuficiencia del ácido damino levulínico y de coproporfirina III (los cuales son eliminados en la orina) (Roesch, 1998).

Tres órganos están especialmente afectados por el saturnismo: El sistema hematopoyético: el plomo interfiere en varias etapas enzimáticas de la biosíntesis del hem, en la utilización del hierro, y en la síntesis de globina en los eritrocitos. Los pacientes presentan anemias. Los otros dos órganos afectados son el sistema nervioso central y el sistema renal (Roesch, 1998).

3.6.1.4 Fuentes de intoxicación por Plomo.

Las fuentes de intoxicación por el plomo en el organismo vienen del aire (por inhalación) y de la alimentación (por ingestión). Los grupos de riesgo son: Los niños; los obreros que trabajan con productos a base de plomo; las personas viviendo en casas con cañerías de plomo; las comunidades de pescadores quienes se alimentan de peces contaminados (Kestler, 1997).

Para la norma de la FAO/OMS, la ingestión máxima de plomo es de 0.05 mg/kg de peso corporal por semana. Para una persona de 60 kg correspondería una ingesta máxima de 3 mg de plomo. De esto se puede deducir que una ingesta máxima diaria le correspondería una cantidad de 0.43 mg de plomo (3 mg/siete días), para alcanzar ese valor diario.

El término que muchas veces se refiere como: “Valor normal de Pb”, en este caso es mal empleado, ya que este metal no forma parte de las células y no es un componente enzimático, como lo son el hierro, el magnesio, el cobre. Es decir el plomo no es necesario en nuestro organismo. Sin embargo se usa éste término a veces para indicar el “valor permisible”, esto es la cantidad máxima tolerable de microgramos de plomo presente en el torrente sanguíneo antes de presentar síntomas graves de intoxicación (Salud Pública de México, 1995).

3.8.2 Mercurio

El mercurio es un elemento que en los últimos años ha cobrado una gran importancia en la investigación de contaminantes de metales pesados, debido a su toxicidad y a su capacidad de ser residual, es decir, que se puede bioacumular. El mercurio elemental se encuentra presente en la naturaleza, en niveles no tóxicos por lo que el problema de la contaminación en la actualidad, se debe a la contaminación por la actividad industrial así como en la minería y otras actividades humanas (Lenntech, 2008).

Todas las formas del mercurio tienden a lixiviarse (proceso por el cual los nutrientes y minerales son arrastrados del suelo por el paso del agua) por fenómenos naturales transportándose hacia los cuerpos de agua en su recorrido. Por esta causa algunos alimentos consumidos por el ser humano como la carne y subproductos del pescado, contienen generalmente cantidades de metales pesados relativamente pequeñas, sin embargo, su concentración puede incrementarse en determinadas circunstancias (Lenntech, 2008).

El mercurio se genera de manera natural en el medio ambiente y se da en una gran variedad de formas. Al igual que el plomo y el cadmio, el mercurio es un elemento constitutivo de la tierra. En su forma pura se le conoce como mercurio "elemental" o "metálico" representado también como Hg (Lenntech, 2008).

El mercurio elemental es un metal pesado y es uno de los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no es biodegradable, su potencial de bioacumulación en organismos vivos principalmente los acuáticos es mayor que en los terrestres (Lenntech, 2008).

La toxicidad del mercurio elemental depende del grado y la forma de oxidación del ion metálico, en concentraciones por encima de determinados límites puede producir efectos negativos en la salud humana, flora y fauna. Cuando el mercurio se combina con carbono se forman compuestos conocidos como compuestos "orgánicos" de mercurio u organomercuriales (Lenntech, 2008).

Existe una gran cantidad de compuestos orgánicos de mercurio (como el dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio), pero el más conocido de todos es el metilmercurio. Al igual que los compuestos inorgánicos de mercurio, el metilmercurio y el fenilmercurio existen como "sales" (por ejemplo, cloruro de metilmercurio o acetato de fenilmercurio). Cuando son puros, casi todos los tipos de metilmercurio y fenilmercurio son sólidos blancos y cristalinos. En cambio, el dimetilmercurio es un líquido incoloro (Lenntech, 2008).

3.6.2.1 Fuentes contaminantes de Mercurio.

La principal fuente natural de contaminación de mercurio al medio ambiente es la emisión de minerales en las rocas de los volcanes así como la erosión del suelo, que debido a la acción del agua, distribuyen naturalmente el elemento hacia los diferentes medios aéreo, terrestre y acuático (Lenntech, 2008).

La contaminación por fuente antropogénica del mercurio proviene de actividades asociadas al hombre, provenientes de la industria, minería y fuentes de combustión de contenido de mercurio variable (Lenntech, 2008).

3.6.2.2 *Bioacumulación de Mercurio.*

La bioacumulación en especial por metales pesados, constituye una de las más peligrosas para los ecosistemas acuáticos y las especies presentes en ellos.

El mercurio es un elemento con gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación, por lo que los peces son incapaces de metabolizarlo, generándose una contaminación por bioacumulación, llegando a alcanzar niveles altos de toxicidad ya que se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas (Bonilla, 2003).

La bioacumulación del mercurio en tiburones es afectada por varios parámetros morfométricos como la especie, tamaño, sexo, madurez sexual; y fisicoquímicos como la calidad del agua y contaminación ambiental (Tejeda, 2008).

El mercurio es metal pesado de fácil fijación en tejidos musculares y adiposos, que culminan en el consumo humano. Por ejemplo, el mercurio se acumula en sedimentos en la base de los cuerpos de agua, donde los microorganismos como las bacterias que viven allí pueden convertirlo a la forma orgánica del metilmercurio, que es sacado por los gusanos y otros animales pequeños que viven en los sedimentos. Este compuesto se acumula en los peces que comen estos animales y en los peces más grandes que comen a los peces más pequeños (Tejeda, 2008).

3.6.2.3 *Efectos del mercurio sobre la salud humana.*

El mercurio se encuentra en forma natural, como metal, sales de mercurio y mercurio orgánico (Lenntech, 2008).

El mercurio metálico se usa en las casas en una variedad de productos, como barómetros, termómetros, bombillas fluorescentes. El mercurio en estos

mecanismos está atrapado y usualmente no causa ningún problema de salud. Cuando un termómetro se rompe una exposición significativa alta al mercurio ocurre a través de la respiración, esto ocurrirá por un período de tiempo corto mientras este se evapora. La inhalación puede causar daños a los nervios, al cerebro y riñones, irritación de los pulmones, irritación de los ojos, reacciones en la piel, vómitos y diarreas (Lenntech, 2008).

En forma natural no se le encuentra en los alimentos, pero puede aparecer en la comida y ser trasladado en las cadenas alimentarias por pequeños organismos que son consumidos por los humanos, por ejemplo a través de los peces. Se ha encontrado que las concentraciones de mercurio en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. Casi todos los pescados y mariscos contienen algunos rastros de mercurio. Los riesgos del mercurio en el pescado y el marisco dependen de la cantidad consumida y los niveles del mercurio presentes en el medio. Se aconseja a las mujeres embarazadas, las madres lactantes y los niños pequeños que eviten comer algunos tipos de pescado con niveles altos de mercurio (Agencia de Protección Ambiental, 2008).

Si un niño se expone en el vientre materno al mercurio, es seguro que se le desarrollen problemas que varían desde retardo en el lenguaje o al andar, hasta daños cerebrales graves. Se aclara que estos efectos solo aparecen cuando las poblaciones han sido expuestas a niveles altos de mercurio. El Departamento Federal de Agricultura de los Estados Unidos de América, establece un nivel máximo aceptable de 1 ppm de mercurio etílico en el pescado comercial. Este límite no sirve de mucho si no se considera la cantidad de pescado que se consume (Bonilla, 2003).

Los efectos del mercurio sobre los humanos pueden ser simplificados de la siguiente manera: Daño al sistema nervioso, funciones del cerebro, ADN, esperma y cromosomas así como reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio y

dolor de cabeza, efectos negativos en la reproducción, defectos de nacimiento y aborto (Lenntech, 2008).

3.6.2.4 El Mercurio en los peces.

El mercurio en los peces se encuentra en la forma de metilmercurio y las variaciones que se observan en cuanto a los contenidos, están condicionados por la especie, ubicación geográfica, edad, peso, contenido graso y sexo (Monteagudo, 2001).

Para determinar si un pez está contaminado por algún tipo de metal pesado, se deben comparar los valores del límite máximo permisible en mg/kg, con las concentraciones en mg/kg del pez sujeto a análisis, estos límites deben estar previamente establecidos por algún tipo de norma sanitaria, en este caso fue utilizada la Norma Europea (Cuadro No. 2.).

Cuadro No. 2. Límites máximos permisibles de metales pesados para productos de la pesca.

Métales pesados	Límite máximo permisible
Mercurio (Hg)	0.5 mg/kg
Plomo (Pb)	0.3 mg/kg

Fuente: Unión Europea, 2007.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el grado de contaminación por plomo (Pb) y mercurio (Hg) a través del análisis de la base de datos de las muestras de músculo de las tilapias provenientes del lago de Amatitlán.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1. Determinar el grado o concentración de contaminación por plomo (Pb) y mercurio (Hg) que puede presentar el músculo de las tilapias provenientes del lago de Amatitlán.

4.2.2 Establecer la variación de las concentraciones de plomo (Pb) y mercurio (Hg) en el músculo de tilapias, entre sexo, peso, tipo de alimento consumido, ubicación geográfica de captura y época del año.

4.3 Hipótesis

El músculo proveniente de las tilapias del lago de Amatitlán se encuentra contaminado por plomo (Pb) y mercurio (Hg).

V. METODOLOGÍA

5.1 Ubicación geográfica.

El Lago de Amatitlán se encuentra ubicado en el departamento de Guatemala, entre los municipios de Amatitlán, Petapa y Villa Canales. Cuenta con un área de 15.20 km². Su elevación es de 1,188 msnm, Lat. 14°27'50", Long 90°36'10".

5.2 Variables.

VARIABLES DEPENDIENTES.

- Concentración de plomo y mercurio en el músculo de la tilapia.

VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Época seca y época lluviosa.
- Peso de los peces: grande ≥ 225 g, mediano ≤ 224 g.
- Ubicación geográfica: Playa Pública sector oeste, Playa de Oro sector oeste, zona central sector oeste, cultivo de Jaulas sector este y Tacatón sector este (Figura No. 2).
- Tipo de alimentación
- Sexo de los peces capturados.

5.3 Indicadores.

Datos de concentraciones de metales pesados: Plomo (Pb) y mercurio (Hg), en mg/kg.

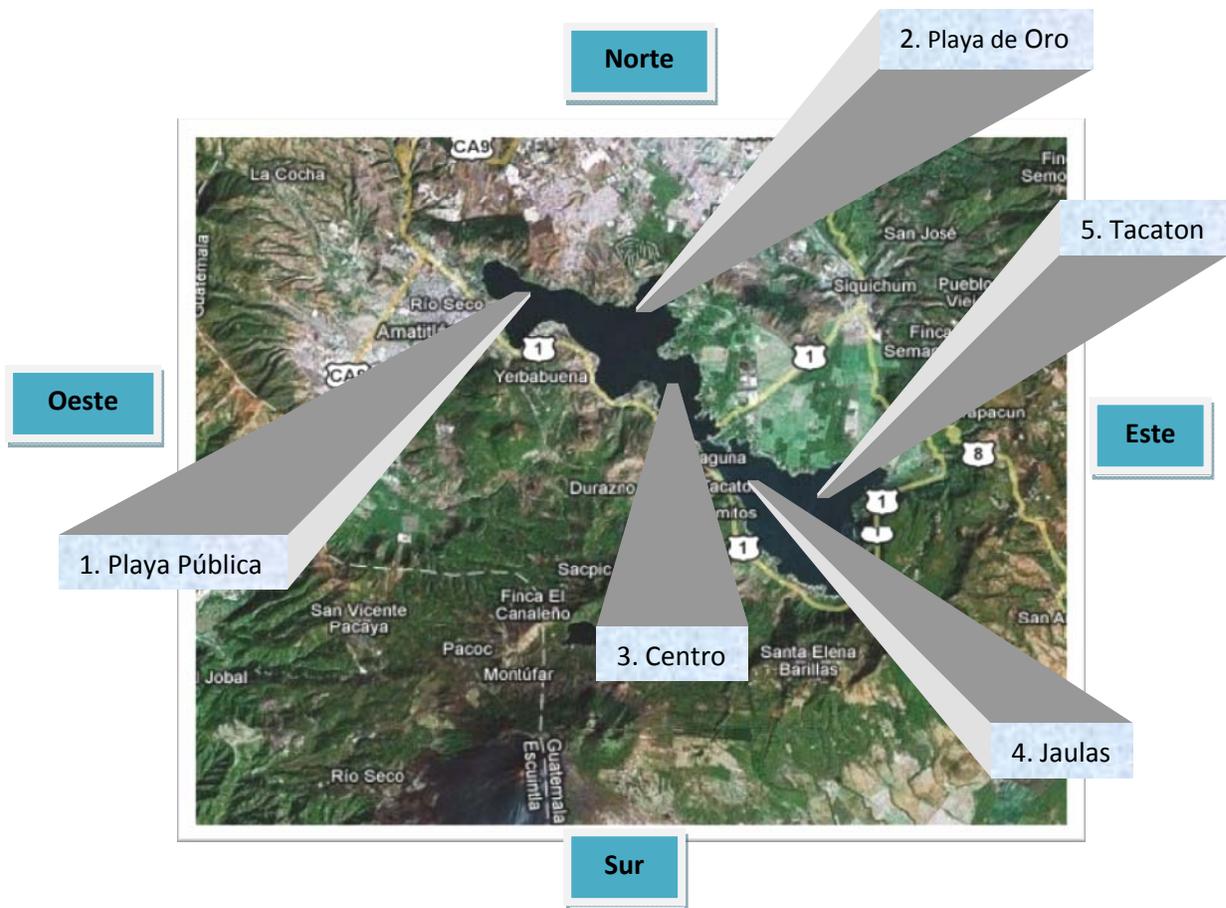


Figura No. 2. Sitios de captura en el lago de Amatitlán (Maplandia, 2008).

5.4 Estrategia metodológica.

5.4.1 Población y muestra.

La población estudiada corresponde a todos los datos de los peces de la especie tilapia comprendidos en las pesas indicados. Para el estudio se efectuó el análisis de la base de datos constituida por 123 muestras proveniente de cinco diferentes puntos.

5.5 Procedimiento

1. Consistió en realizar una amplia revisión bibliográfica al respecto del objeto de estudio, así mismo se buscaron antecedentes sobre investigaciones previas realizadas en Guatemala sobre contaminación por plomo y mercurio en el Lago de Amatitlán.
2. De la base de datos elaborada en el proyecto “Metales pesados en músculo de tilapia para su consumo humano en el lago de Amatitlán”, se fraccionaron los datos de plomo y mercurio, los cuales fueron sometidos a un análisis estadístico exhaustivo, con la finalidad del filtrar los datos y validar las conclusiones y recomendaciones de dicho proyecto.
3. El análisis estadístico consistió en la elaboración de gráficas percentiles de valores así como gráficas de regresión lineal (Figura No. 3).
4. Con la información analizada se procedió a la interpretación de resultados, para posteriormente redactar las recomendaciones y conclusiones del estudio.

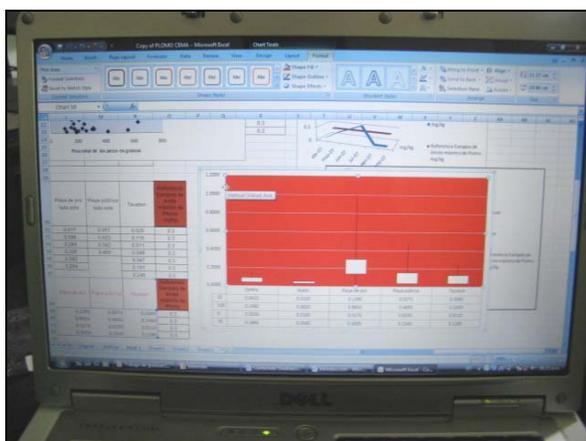


Figura No. 3. Elaboración de gráficas (Trabajo de campo, 2007)

5.6 Método estadístico.

Con los resultados obtenidos se amplió la base de datos en el programa Excel Office, 2007. Posteriormente todos los datos fueron comparados con los límites máximos permisibles para cada uno de los metales. Dado el número reducido de muestras que presentaron valores arriba de dichos límites, únicamente fueron sometidos a un análisis de estadística descriptiva.

El límite de error fue calculado con la siguiente fórmula: $B = Z\sqrt{pq/n}$, donde B = Límite de error, Z = Valor crítico de la distribución normal, p = proporción que presenta la variable de interés, q = complemento de p y n = tamaño de muestra.

5.7 Materiales y equipo utilizados.

Computadora portátil

Impresora

Papel

Lápiz

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Plomo y Mercurio detectados

De los 123 datos analizados, ninguno presentó un valor detectable de mercurio, respecto al plomo solamente 24 presentaron valores detectables (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Datos detectados con plomo y mercurio.

Metal	Total de datos sometidos a análisis	Número de datos con valores detectados	Número de datos con valores no detectados
Plomo (Pb)	123	24	99
Mercurio (Hg)	123	0	123

Fuente: Trabajo de campo, 2007.

El límite máximo permisible para productos de origen hidrobiológico por porción de consumo humano es de una concentración de 0.3 mg/kg de plomo y 0.5 mg/kg de mercurio (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Datos detectados con plomo y mercurio superiores al límite máximo permisible establecido por la Norma Europea.

Metal	Total de datos sometidos a análisis	Número de datos con valores superiores al límite máximo permisible	Número de datos con valores inferiores al límite máximo permisible
Plomo (Pb)	123	3	120
Mercurio (Hg)	123	0	123

Fuente: Trabajo de campo, 2007.

Del 100% de los datos, 0% presentó un valor detectable de mercurio, respecto al plomo solo el 19.5% (24) presentó valores detectables en el análisis, sin embargo

esto representa un porcentaje con valor detectable, lo cual no significa que estuviese contaminado, de estos 24 datos únicamente 3 presentaron un valor por arriba del límite máximo permisible o sea un 2.4% del total (Cuadro No. 5.).

Cuadro No. 5 Porcentaje de datos con concentraciones de plomo y mercurio.

Metal	Límites Máximos Permisibles LMP mg/kg	% de datos con valor detectable VD	% de datos Con valor Superior al límite máximo permisible
Mercurio(Hg)	0.5 *	0	0
Plomo (Pb)	0.3 *	19.5	2.4

Fuente: Trabajo de campo, 2007; * Unión Europea, 2007.

6.1 Concentración de plomo en músculo de tilapia.

Del total de 123 datos, solo 24 presentaron concentraciones detectables de plomo (Pb), así mismo solo 3 datos presentaron concentraciones del metal arriba del límite permisible de la Normativa Europea (Figura No. 4).

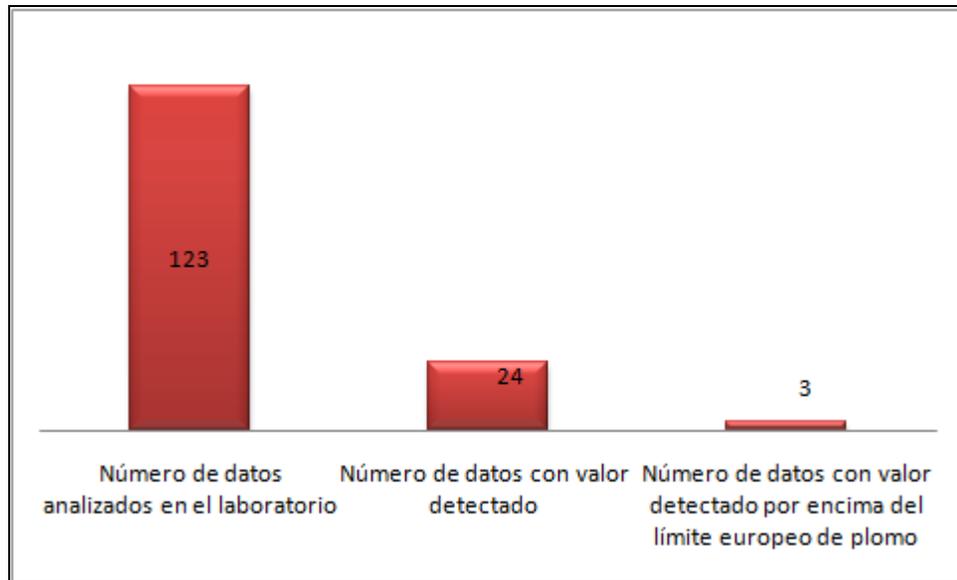


Figura No. 4. Número de datos con concentración de plomo (Pb)
(Trabajo de campo, 2007)

24 datos presentaron concentraciones detectables de plomo (Pb) en los datos analizados. En las dos últimas columnas se muestran las concentraciones del metal encontrados, así como el límite máximo permisible de acuerdo a la Norma Europea. De estos solo 3 (en negrilla) presentaron valores arriba del límite máximo permisible; el dato No 4 extraído en la Playa Pública, en el lado Oeste del Lago, con un peso mediano del pez extraído de 198 g, macho, capturado en el mes de mayo 07, presentó una concentración de 0.465 mg/kg; el dato No 2 extraído en Playa de Oro, en el lado Oeste del Lago, con un peso grande del pez extraído de 283 g, hembra, capturado en el mes de julio 07, presentó una concentración de 0.306 mg/kg; el dato No 1 extraído en Playa de Oro, en el lado Oeste del Lago, con un peso mediano del pez extraído de 184 g, hembra,

capturado en el mes de julio 07, presento una concentración de 0.992 mg/kg (Cuadro No. 6) .

Cuadro No. 6. Concentraciones de plomo (Pb) mg/kg, en los datos obtenidos por peso del organismo, punto y sector de extracción, sexo y fecha de captura.

No. De muestra	Peso del organismo en g	Grupo de Peso	Punto de Extracción	Sector de Extracción	Sexo H= hembras M= Machos	Fecha de Captura	Concentración de Plomo mg/kg	Referencia Europea de límite máximo de Plomo mg/kg
1	184	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	0.992	0.3
2	283	Grande	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	0.306	0.3
3	366	Grande	Playa de oro	Oeste	H	may-07	0.284	0.3
4	198	Mediana	Playa pública	Oeste	M	may-07	0.465	0.3
5	204	Mediano	Tacaton	Este	H	may-07	0.141	0.3
6	170	Mediano	Tacaton	Este	H	abr-07	0.047	0.3
7	170	Mediano	Tacaton	Este	H	abr-07	0.049	0.3
8	184	Mediano	Tacaton	Este	H	abr-07	0.011	0.3
9	623	Grande	Tacaton	Este	M	abr-07	0.115	0.3
10	255	Grande	Tacaton	Este	M	abr-07	0.026	0.3
11	298	Grande	Playa pública	Oeste	M	abr-07	0.042	0.3
12	198	Grande	Playa pública	Oeste	H	abr-07	0.023	0.3
13	227	Grande	Playa pública	Oeste	M	abr-07	0.051	0.3
14	241	Grande	Playa de oro	Oeste	H	abr-07	0.098	0.3
15	411	Grande	Playa de oro	Oeste	H	abr-07	0.017	0.3
16	100	Mediano	Jaulas	Este	M	abr-07	0.051	0.3
17	113	Mediano	Jaulas	Este	H	abr-07	0.016	0.3
18	145	Mediano	Jaulas	Este	M	abr-07	0.062	0.3
19	173	Mediano	Centro	Oeste	H	abr-07	0.042	0.3
20	150	Mediano	Centro	Oeste	H	abr-07	0.146	0.3
21	164	Mediano	Centro	Oeste	H	abr-07	0.101	0.3
22	306	Grande	Centro	Oeste	M	abr-07	0.053	0.3
23	312	Grande	Centro	Oeste	M	abr-07	0.043	0.3
24	553	Grande	Centro	Oeste	H	abr-07	0.032	0.3

Fuente: Elías, G. 2009.

De los 24 datos que presentaron valores detectables 14 son del sector Oeste y 10 del sector Este; los tres datos que presentaron una concentración por arriba de la Norma Europea se encuentran ubicados en el sector Oeste del lago; las concentraciones arriba del límite permisible se dieron en los meses de mayo y julio, siendo hembras dos de ellas y un macho, así como dos de peso mediano y una de peso grande

Al someter los datos de las concentraciones detectadas de plomo (Pb), a una regresión lineal, no se observa una tendencia que manifieste una relación directa entre el peso del pescado y las concentraciones de plomo (Pb) mg/kg. Esto es un indicativo de que no existe bioacumulación en el organismo (Figura No. 5).

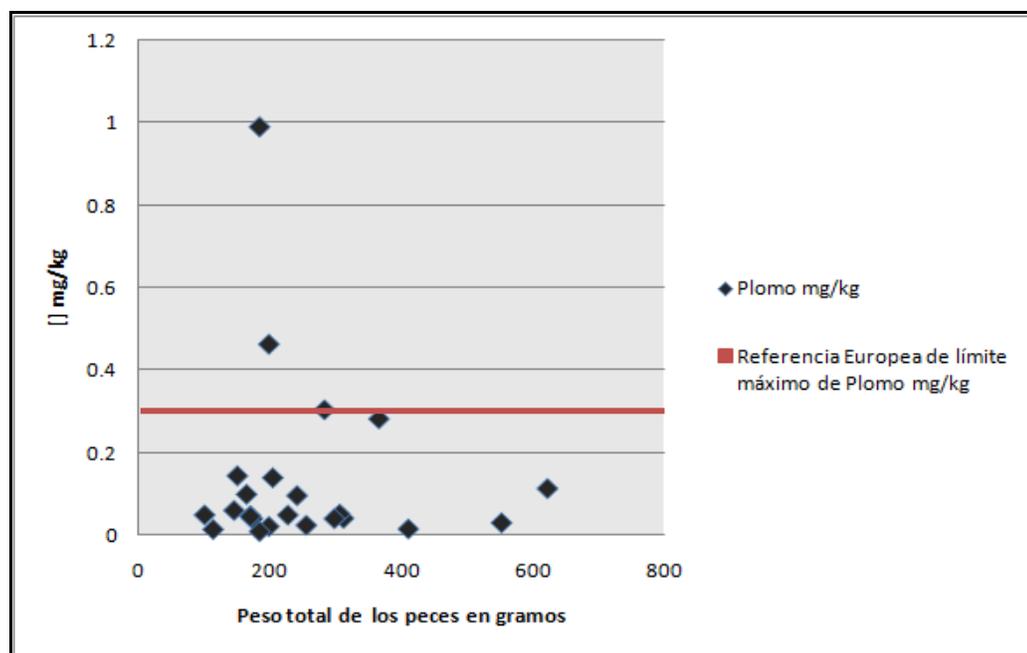


Figura No. 5. Regresión lineal de los datos del peso total de los organismos en gramos respecto a las concentraciones de plomo (Pb) en mg/kg (Trabajo de campo, 2007).

Se observa que el punto de extracción ubicado en Playa de Oro lado este, presenta los más altas concentraciones de plomo (Pb), le sigue el punto ubicado en la Playa Pública. En el punto de extracción en Playa de Oro del lado Oeste, el valor percentil de 1 y 0.75 sobrepaso el límite máximo permisible de la Norma Europea para plomo (0.3 mg/kg) marcado por la línea roja en la figura. Esta información concuerda con el antecedente del comportamiento físico-químico del lago de Amatitlán el cual no es el mismo en el sector Oeste y Este del lago, además también coincide con el hecho de que los contaminantes antropogénicos tienen mayor afluente en la zona de Playa de Oro, también se puede inferir que las muestras de las Jaulas (alimento suplementario) presentaron el menor número de valores detectables y concentraciones más bajas del total de la población (Figura No. 6).

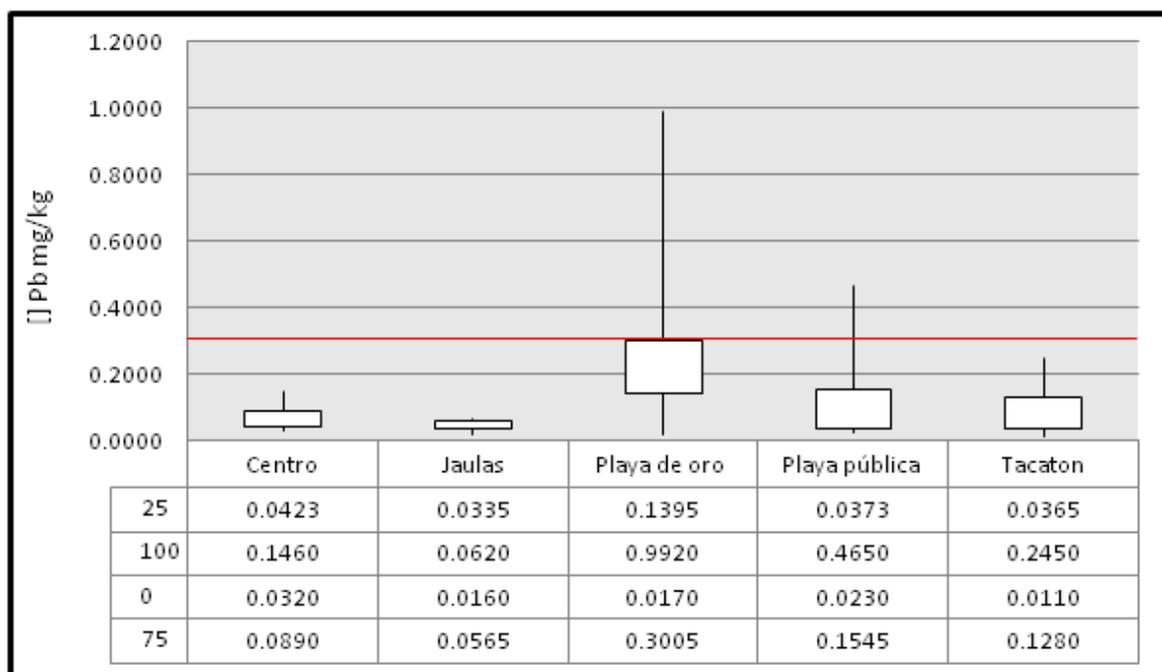


Figura No. 6. Datos de la concentración de plomo (mg/kg) según el punto de extracción (Trabajo de campo, 2007).

Las hembras (n=15), presentan una tendencia de niveles más altos de concentraciones de plomo (Pb), que la de los machos (n=9), sin embargo los valores percentiles del 0.25 al 0.75 de las hembras y machos no se encuentran por encima del límite máximo permisible establecido por la Norma Europea para plomo (0.3 mg/kg) marcado por la línea roja en la figura. Esto concuerda con que no existe un antecedente biológico que indique que las hembras tienen mayor susceptibilidad de contaminación por metales pesados (Figura No. 7).

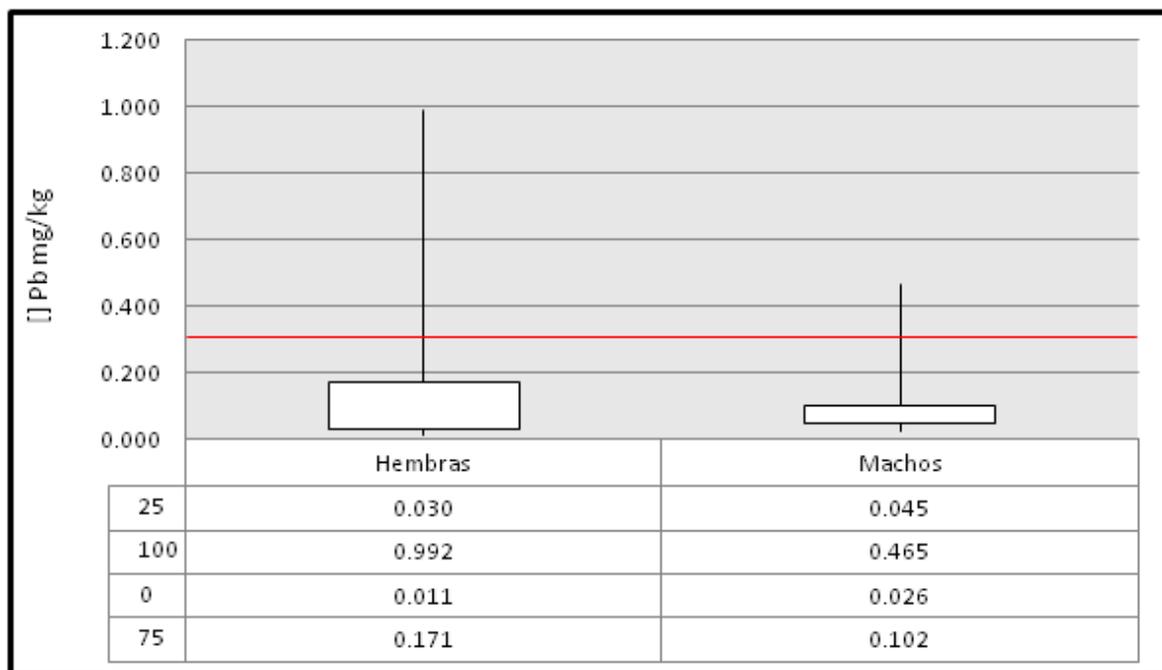


Figura No. 7. Datos de la concentración de plomo (mg/kg) de acuerdo al sexo del organismo (Trabajo de campo, 2007).

El peso mediano presenta niveles más altos de concentraciones de plomo (Pb), aun cuando la cantidad de valores detectables fue el mismo para el peso mediano (n=12) y grande (n=12), sin embargo los valores percentiles de 0.25 al 0.75 de los pesos mediano y grande no se encuentran por encima del límite máximo permisible establecido por la Norma Europea para plomo (0.3 mg/kg) marcado por la línea roja en la figura. Esto concuerda con lo referido en la Figura No 5, donde no se observa una tendencia que manifieste una relación directa entre el peso del pescado y las concentraciones de Plomo (Figura No. 8).

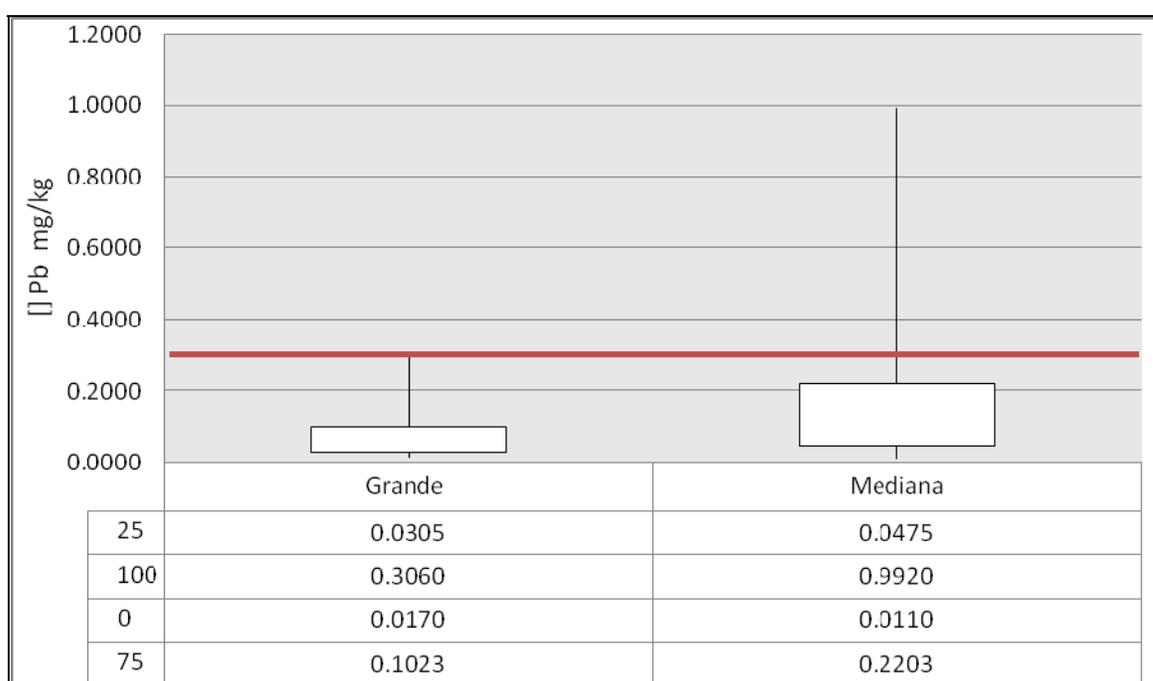


Figura No. 8. Datos de la concentración de plomo (mg/kg) según el peso del organismo (Trabajo de campo, 2007).

El sector Oeste del Lago de Amatitlán es el único que presenta niveles por encima del límite máximo permisible de concentración de plomo (Pb) (n=3), sin embargo los valores percentiles del 0.25 al 0.75 de los sectores Este y Oeste no se encuentran por encima del límite máximo permisible establecido por la Norma Europea para plomo (0.3 mg/kg) marcado por la línea roja en la figura. Lo cual indica que el sector Oeste, a pesar de presentar una tendencia de contaminación superior al sector Este, aún así posee un amplio porcentaje libre de contaminación por Plomo (Figura No. 9).

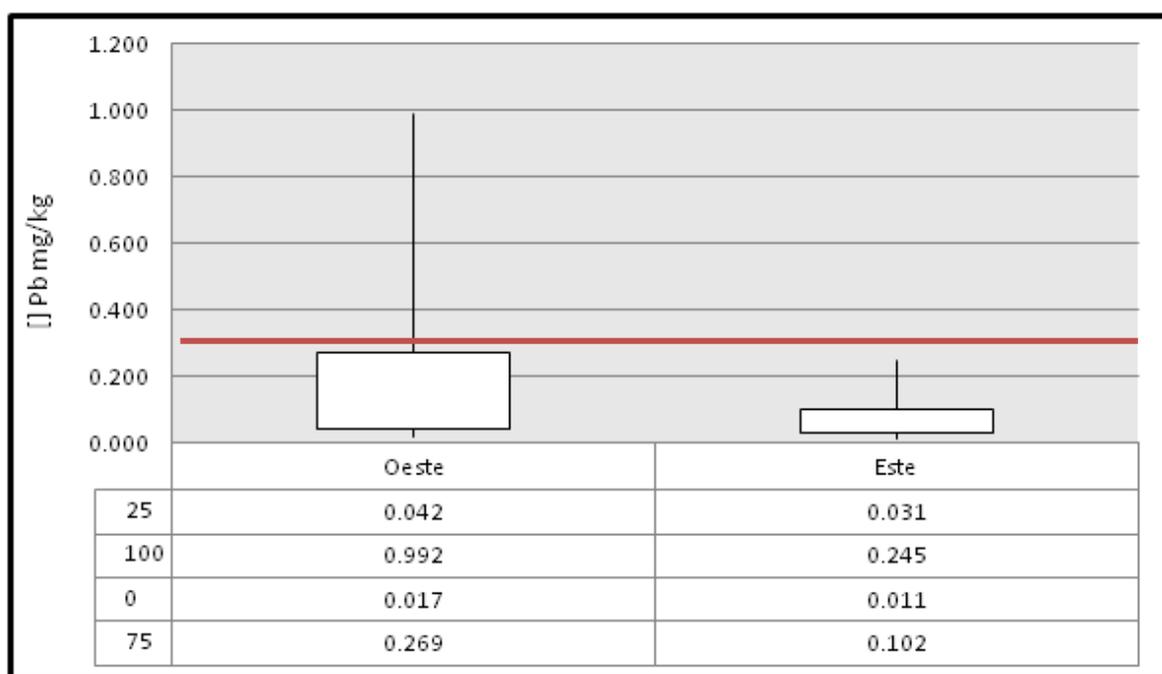


Figura No. 9. Datos de la concentración de plomo (mg/kg) por sector de captura (Trabajo de campo, 2007).

6.2 Concentración de mercurio en músculo de tilapia

De los 123 datos analizados, ninguno presentó valor detectable de mercurio y en consecuencia no mostró concentraciones arriba del límite máximo permisible en la Normativa Europea para mercurio (0.5 mg/kg). En ese sentido se puede afirmar que durante el presente estudio no se determinó contaminación por mercurio (Hg), de los datos del músculo de las tilapias, provenientes del Lago de Amatitlán (Figura 10).

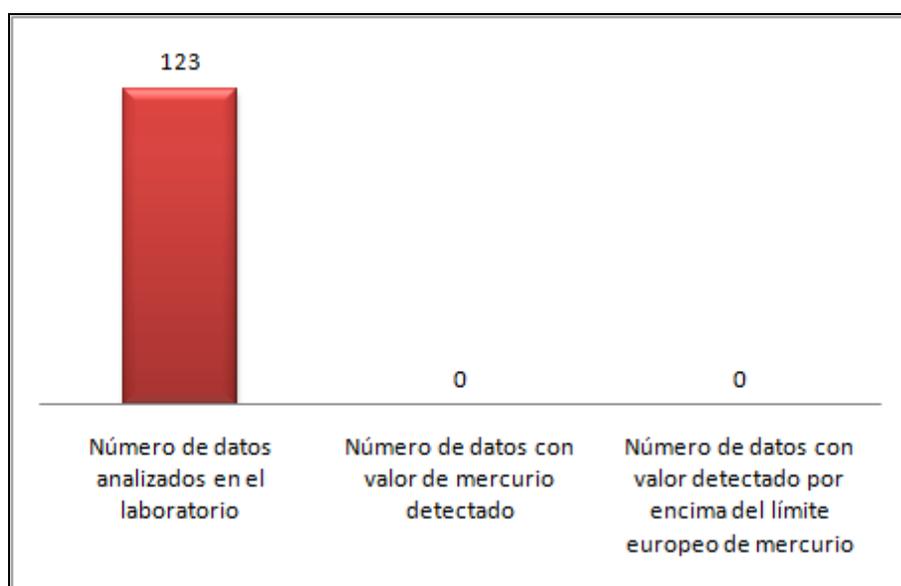


Figura No. 10. Número de datos con concentración de mercurio (Pb)
(Trabajo de campo, 2007)

VII. CONCLUSIONES

- 7.1 Referente al mercurio se rechaza la hipótesis planteada, puesto que en el período de la investigación (6 meses), no existe evidencia cuantitativa de contaminación por mercurio (Hg), en los datos del músculo de las tilapias provenientes del lago de Amatitlán.
- 7.2 El plomo (Pb), presentó el 2.4 % de los datos con niveles de contaminación superiores al límite permisible establecido por la Norma Europea (0.3 mg/kg), siendo baja la frecuencia de contaminación.
- 7.3 No existe una correlación entre los datos de las concentraciones de plomo (Pb) y variables como época del año, peso y sexo del pescado; respecto a la ubicación geográfica de la captura, solamente existe una pequeña tendencia de mayor nivel de contaminación en Playa de Oro y la Playa Pública, la menor tendencia de contaminación se encuentra en los datos de las tilapias cultivadas en jaulas.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1 Que las autoridades competentes del tema de calidad e inocuidad, así como futuros proyectos de investigación del Centro de estudios del Mar y acuicultura –CEMA- mantengan un monitoreo constante sobre los niveles de metales pesados que se puedan presentar en los pescados extraídos del Lago de Amatitlán, ampliando la investigación a otras especies con mayor susceptibilidad de contaminación por su hábito alimenticio carnívoro, como el Guapote tigre *Parachromis managuenses*.
- 8.2 Realizar la divulgación de los resultados de esta investigación, para que los estudiantes del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- y público en general estén informados del escaso riesgo de contaminación por metales pesados, en la ingesta de este producto de origen hidrobiológico proveniente del Lago de Amatitlán.
- 8.3 Que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, a través de sus organismos competentes, establezca una normativa nacional, donde se establezcan los límites permisibles de consumo, respecto a la contaminación de metales pesados en sólidos, específicamente en los productos de origen hidrobiológico.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán AMSA. 2007 Guatemala. Revista Realidad. 49 P.
2. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán AMSA. 2006. La cuenca y el Lago de Amatitlán. Guatemala. JADE 40 P.
3. Basterrechea Díaz, M. El lago de Amatitlán: década de estudios limnológicos 1985-1995. 1997. Guatemala, Academia de Ciencias Medicas, Físicas y Naturales de Guatemala. p. 41.
4. Beltran, Ana. 1987. Análisis cualitativo de los elementos As, Ba, Cd, Cr, Zn, Fe, Mn, K, Hg, Pb y Cu que forman parte de los sedimentos del lago de Amatitlán, por Fluorescencia de rayos X, dispersativa en energía: Examen general de Integración. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 60p.
5. Documenta Geigy. Scientific tables Germany Edited B & K Diem an C. Lentner, Published by J.R. Geigy. 1970. pp 809
6. Esquivel, D. (2006). Determinación de la presencia de Metales Pesados en el agua de origen termal del lago de Amatitlán y zonas aledañas. Tesis de graduación, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos hidráulicos. 77 p.
7. Elías, G. 2009. Metales pesados en músculo de tilapia para se consumo humano en el Lago de Amatitlán, proyecto Fodecyt 117-2006. 51 p.
8. García, G. 1997. Determinación y cuantificación de metales pesados (Pb, As, Cd y Cr VI) y sustancias tóxicas (PO₄ =, NO₂-y CN-) por métodos

- espectrofotométricos en tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (Gunter) Guapote o pez tigre en el lago de Amatitlán. Tesis Lic. Biol. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 62 p.
9. García, A. Calvario, O. 2007. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de de Tilapia para la inocuidad alimentaria.
 10. Ixquiac, M; Salaverría, A. 2002. Estado de Explotación de los recursos pesqueros y estimación de la biomasa de las especies ícticas de importancia comercial en el lago de Amatitlán. Guatemala, UNIPESCA – MAGA p. 3 – 5.
 11. Kestler D. 1997. Determinación cuantitativa de metales pesados en peces comestibles del Lago de Amatitlán por reflexión total de rayos X. Tesis Ing. Química. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. 49 p.
 12. Morales A. (2003) biología, cultivo y comercialización de la tilapia. AGT. Editor, SA. México. 199 pp.
 13. Pineda, J. (1981) Determinación de Cobre, Mercurio y Plomo en aguas y sedimentos del Lago de Amatitlán. Tesis Licenciado en Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 30 p.
 14. Roesch, R. 1998. Determinación de algunos metales ecotóxicos y hábitos alimenticios del Caracol *Pomacea sp.* del Lago de Amatitlán. Tesis Lic. En acuicultura, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA-. 73 p.

15. Tejeda Velásquez. C; 2008. Bioacumulación de mercurio en hígado de tiburón blanco *Carcharhinus falciformis*. Trabajo de graduación, Lic. Acuicultura. Guatemala, USAC. 46p.
16. Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura 2006. Caracterización del sector pesquero y Acuícola. Guatemala (GT) 23 p.
17. U.S. Department of Agriculture: "Workshop and Train Session from Central and South American Countries." Athens, Georgia. U.S.A. October 1983.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Agencia de Protección Ambiental (2008). Lo que usted necesita saber sobre el mercurio en el pescado y los mariscos <http://www.epa.gov/waterscience/fish/advice/aviso.htm>
2. Alamilla Tovar, H. 1999. Cultivo de tilapia (en línea). México. Consultado 7 abril 2006 Disponible en <http://www.zoetecnocampo.com>
3. Bonilla Durán, Alexander (2003), El mercurio y los peces. Disponible en: <http://www.alexanderbonilla.como/files/plaguicidas/archivo167.htm>
4. Froese, R; Pauly, D. 2004. Fishbase. World Wide Web Electronic Publication. Consultado 8 de Abril 2006. Disponible en <http://www.fishbase.org>.
5. Lenntech, (2008) Mercurio Hg. Disponible en: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-periodica/cr.htm>
6. Mapas (en línea) Consultado el 14 May.2008. Disponible en <http://www.maplandia.com>

7. Monteagudo Arturo, (2001). Evaluación de la contaminación por mercurio en la población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena-Ayacucho-Perú durante el periodo agosto-septiembre 2001. Disponible en http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Tesis/Salud/Monteagudo_M_F/generalidades.htm

X. ANEXO

Anexo No. 1. Base de datos de las concentraciones de plomo y mercurio.

No. De muestra	Peso del organismo en g	Grupo de Peso	Punto de Extracción	Sector de Extracción	Sexo H= hembras M= Machos	Fecha de Captura	Concentración de mercurio mg/kg	Referencia europea de límite máximo de mercurio mg/kg	Concentración de plomo mg/kg	Referencia europea de límite máximo de plomo mg/kg
1	553	Grande	Centro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.032	0.3
2	312	Grande	Centro	Oeste	M	abr-07	< 0.	0.5	0.043	0.3
3	306	Grande	Centro	Oeste	M	abr-07	< 0.	0.5	0.053	0.3
4	164	Mediano	Centro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.101	0.3
5	150	Mediano	Centro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.146	0.3
6	173	Mediano	Centro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.042	0.3
7	241	Grande	Jaulas	Este	M	abr-07	< 0.	0.5	< 0.024	0.3
8	145	Mediano	Jaulas	Este	M	abr-07	< 0.	0.5	0.062	0.3
9	113	Mediano	Jaulas	Este	H	abr-07	< 0.	0.5	0.016	0.3
10	100	Mediano	Jaulas	Este	M	abr-07	< 0.	0.5	0.051	0.3
11	162	Mediano	Playa pública	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	< 0.020	0.3
12	176	Mediano	Playa pública	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	< 0.024	0.3
13	198	Mediano	Playa pública	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	< 0.021	0.3
14	411	Grande	Playa de oro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.017	0.3
15	312	Grande	Playa de oro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	< 0.024	0.3
16	241	Grande	Playa de oro	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.098	0.3
17	227	Grande	Playa pública	Oeste	M	abr-07	< 0.	0.5	0.051	0.3
18	198	Grande	Playa pública	Oeste	H	abr-07	< 0.	0.5	0.023	0.3
19	298	Grande	Playa pública	Oeste	M	abr-07	< 0.	0.5	0.042	0.3
20	255	Grande	Tacaton	Este	M	abr-07	< 0.	0.5	0.026	0.3
21	623	Grande	Tacaton	Este	M	abr-07	< 0.	0.5	0.115	0.3
22	454	Grande	Tacaton	Este	H	abr-07	< 0.	0.5	< 0.023	0.3
23	184	Mediano	Tacaton	Este	H	abr-07	< 0.	0.5	0.011	0.3
24	170	Mediano	Tacaton	Este	H	abr-07	< 0.	0.5	0.049	0.3
25	170	Mediano	Tacaton	Este	H	abr-07	< 0.	0.5	0.047	0.3
26	286	Grande	Centro	Oeste	H	may-07	< 0.	0.5	< 0.110	0.3
27	298	Grande	Centro	Oeste	M	may-07	< 0.110	0.5	< 0.122	0.3
28	340	Grande	Centro	Oeste	M	may-07	< 0.122	0.5	< 0.112	0.3
29	164	Mediano	Centro	Oeste	H	may-07	< 0.112	0.5	< 0.121	0.3
30	142	Mediano	Centro	Oeste	H	may-07	< 0.121	0.5	< 0.126	0.3
31	145	Mediano	Centro	Oeste	H	may-07	< 0.126	0.5	< 0.124	0.3
32	116	Mediano	Jaulas	Este	M	may-07	< 0.124	0.5	< 0.125	0.3
33	145	Mediano	Jaulas	Este	H	may-07	< 0.125	0.5	< 0.117	0.3
34	145	Mediano	Jaulas	Este	M	may-07	< 0.117	0.5	< 0.123	0.3

35	Muestra extraviada por el laboratorio									
36	142	Mediano	Tacaton	Este	H	may-07	< 0.111	0.5	< 0.123	0.3
37	198	Mediano	Tacaton	Este	H	may-07	< 0.123	0.5	< 0.112	0.3
38	204	Mediano	Tacaton	Este	H	may-07	< 0.112	0.5	0.141	0.3
39	422	Grande	Tacaton	Este	M	may-07	< 0.121	0.5	< 0.103	0.3
40	255	Grande	Playa pública	Oeste	M	may-07	< 0.103	0.5	< 0.118	0.3
41	198	Mediano	Playa pública	Oeste	M	may-07	< 0.118	0.5	0.465	0.3
42	227	Grande	Playa pública	Oeste	M	may-07	< 0.121	0.5	< 0.104	0.3
43	226	Grande	Playa pública	Oeste	H	may-07	< 0.104	0.5	< 0.126	0.3
44	113	Mediano	Playa pública	Oeste	H	may-07	< 0.105	0.5	< 0.114	0.3
45	142	Mediano	Playa pública	Oeste	H	may-07	< 0.114	0.5	< 0.125	0.3
46	366	Grande	Playa de oro	Oeste	H	may-07	< 0.125	0.5	0.284	0.3
47	227	Grande	Playa de oro	Oeste	M	may-07	< 0.110	0.5	< 0.114	0.3
48	170	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	may-07	< 0.114	0.5	< 0.108	0.3
49	142	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	may-07	< 0.108	0.5	< 0.135	0.3
50	368	Grande	Tacaton	Este	M	jun-07	< 0.135	0.5	< 0.127	0.3
51	312	Grande	Tacaton	Este	M	jun-07	< 0.127	0.5	< 0.109	0.3
52	312	Grande	Tacaton	Este	M	jun-07	< 0.109	0.5	< 0.122	0.3
53	198	Mediano	Tacaton	Este	M	jun-07	< 0.122	0.5	< 0.111	0.3
54	198	Mediano	Jaulas	Este	M	jun-07	< 0.111	0.5	< 0.107	0.3
55	213	Mediano	Jaulas	Este	M	jun-07	< 0.107	0.5	< 0.126	0.3
56	156	Mediano	Jaulas	Este	M	jun-07	< 0.126	0.5	< 0.114	0.3
57	283	Grande	Centro	Oeste	M	jun-07	< 0.114	0.5	< 0.126	0.3
58	269	Grande	Centro	Oeste	M	jun-07	< 0.126	0.5	<0.557	0.3
59	241	Grande	Centro	Oeste	M	jun-07	< 0.130	0.5	< 0.113	0.3
60	213	Mediano	Centro	Oeste	M	jun-07	< 0.113	0.5	< 0.141	0.3
61	198	Mediano	Centro	Oeste	H	jun-07	< 0.141	0.5	< 0.119	0.3
62	170	Mediano	Centro	Oeste	H	jun-07	< 0.127	0.5	< 0.150	0.3
63	283	Grande	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.150	0.5	0.306	0.3
64	184	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.135	0.5	0.992	0.3
65	142	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.119	0.5	< 0.123	0.3
66	142	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.123	0.5	< 0.127	0.3
67	227	Grande	Centro	Oeste	H	jul-07	< 0.127	0.5	< 0.139	0.3
68	227	Grande	Centro	Oeste	M	jul-07	< 0.139	0.5	< 0.108	0.3
69	198	Mediano	Centro	Oeste	H	jul-07	< 0.108	0.5	< 0.121	0.3
70	198	Mediano	Centro	Oeste	H	jul-07	< 0.333	0.5	< 0.114	0.3
71	198	Mediano	Centro	Oeste	H	jul-07	< 0.133	0.5	< 0.139	0.3
72	284	Grande	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.139	0.5	< 0.108	0.3

73	255	Grande	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.108	0.5	< 0.138	0.3
74	227	Grande	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.138	0.5	< 0.116	0.3
75	170	Mediano	Playa de oro	Oeste	M	jul-07	< 0.116	0.5	< 0.119	0.3
76	170	Mediano	Playa de oro	Oeste	M	jul-07	< 0.180	0.5	< 0.117	0.3
77	142	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	jul-07	< 0.117	0.5	< 0.138	0.3
78	567	Grande	Tacaton	Este	M	jul-07	< 0.114	0.5	< 0.114	0.3
79	367	Grande	Tacaton	Este	M	jul-07	< 0.120	0.5	< 0.120	0.3
80	255	Grande	Tacaton	Este	H	jul-07	< 0.117	0.5	< 0.117	0.3
81	198	Mediano	Tacaton	Este	H	jul-07	< 0.127	0.5	< 0.127	0.3
82	198	Mediano	Tacaton	Este	H	jul-07	< 0.114	0.5	< 0.114	0.3
83	184	Mediano	Tacaton	Este	H	jul-07	< 0.121	0.5	< 0.121	0.3
84	156	Mediano	Jaulas	Este	M	jul-07	< 0.122	0.5	< 0.122	0.3
85	142	Mediano	Jaulas	Este	M	jul-07	< 0.123	0.5	< 0.123	0.3
86	128	Mediano	Jaulas	Este	H	jul-07	< 0.118	0.5	< 0.118	0.3
87	170	Mediano	Playa pública	Oeste	H	jul-07	< 0.114	0.5	< 0.114	0.3
88	156	Mediano	Playa pública	Oeste	H	jul-07	< 0.126	0.5	< 0.126	0.3
89	142	Mediano	Playa pública	Oeste	H	jul-07	< 0.122	0.5	< 0.122	0.3
90	369	Grande	Centro	Oeste	M	ago-07	< 0.123	0.5	< 0.123	0.3
91	269	Grande	Centro	Oeste	H	ago-07	< 0.125	0.5	< 0.125	0.3
92	198	Mediano	Centro	Oeste	H	ago-07	< 0.119	0.5	< 0.119	0.3
93	170	Mediano	Centro	Oeste	M	ago-07	< 0.116	0.5	< 0.116	0.3
94	156	Mediano	Centro	Oeste	H	ago-07	< 0.126	0.5	< 0.126	0.3
95	128	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	ago-07	< 0.121	0.5	< 0.121	0.3
96	128	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	ago-07	< 0.113	0.5	< 0.113	0.3
97	128	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	ago-07	< 0.126	0.5	< 0.126	0.3
98	454	Grande	Tacaton	Este	M	ago-07	< 0.117	0.5	< 0.117	0.3
99	284	Grande	Tacaton	Este	M	ago-07	< 0.121	0.5	< 0.121	0.3
100	269	Grande	Tacaton	Este	H	ago-07	< 0.119	0.5	< 0.119	0.3
101	213	Mediano	Tacaton	Este	H	ago-07	< 0.123	0.5	< 0.123	0.3
102	213	Mediano	Tacaton	Este	M	ago-07	< 0.119	0.5	< 0.119	0.3
103	198	Mediano	Tacaton	Este	H	ago-07	< 0.126	0.5	< 0.126	0.3
104	411	Grande	Playa de oro	Oeste	H	ago-07	< 0.123	0.5	< 0.123	0.3
105	298	Grande	Playa de oro	Oeste	M	ago-07	< 0.123	0.5	< 0.123	0.3
106	255	Grande	Playa de oro	Oeste	H	ago-07	< 0.123	0.5	< 0.123	0.3
107	227	Mediano	Jaulas	Este	M	ago-07	< 0.130	0.5	< 0.130	0.3
108	184	Mediano	Jaulas	Este	M	ago-07	< 0.140	0.5	< 0.140	0.3
109	213	Mediano	Jaulas	Este	M	ago-07	< 0.140	0.5	< 0.140	0.3
110	312	Grande	Playa de oro	Oeste	H	sep-07	< 0.145	0.5	< 0.144	0.3

111	227	Grande	Playa de oro	Oeste	M	sep-07	< 0.147	0.5	< 0.147	0.3
112	198	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	sep-07	< 0.135	0.5	< 0.135	0.3
113	184	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	sep-07	< 0.141	0.5	< 0.130	0.3
114	170	Mediano	Playa de oro	Oeste	H	sep-07	< 0.137	0.5	< 0.137	0.3
115	227	Grande	Centro	Oeste	M	sep-07	< 0.128	0.5	< 0.128	0.3
116	184	Mediano	Centro	Oeste	M	sep-07	< 0.152	0.5	< 0.152	0.3
117	127	Mediano	Centro	Oeste	H	sep-07	< 0.155	0.5	< 0.155	0.3
118	113	Mediano	Centro	Oeste	M	sep-07	< 0.148	0.5	< 0.148	0.3
119	184	Mediano	Tacaton	Este	H	sep-07	< 0.127	0.5	< 0.127	0.3
120	170	Mediano	Tacaton	Este	H	sep-07	< 0.143	0.5	< 0.132	0.3
121	170	Mediano	Tacaton	Este	M	sep-07	< 0.135	0.5	< 0.135	0.3
122	184	Mediano	Jaulas	Este	M	sep-07	< 0.138	0.5	< 0.138	0.3
123	198	Mediano	Jaulas	Este	M	sep-07	< 0.136	0.5	< 0.136	0.3
124	184	Mediano	Jaulas	Este	M	sep-07	< 0.155	0.5	< 0.134	0.3