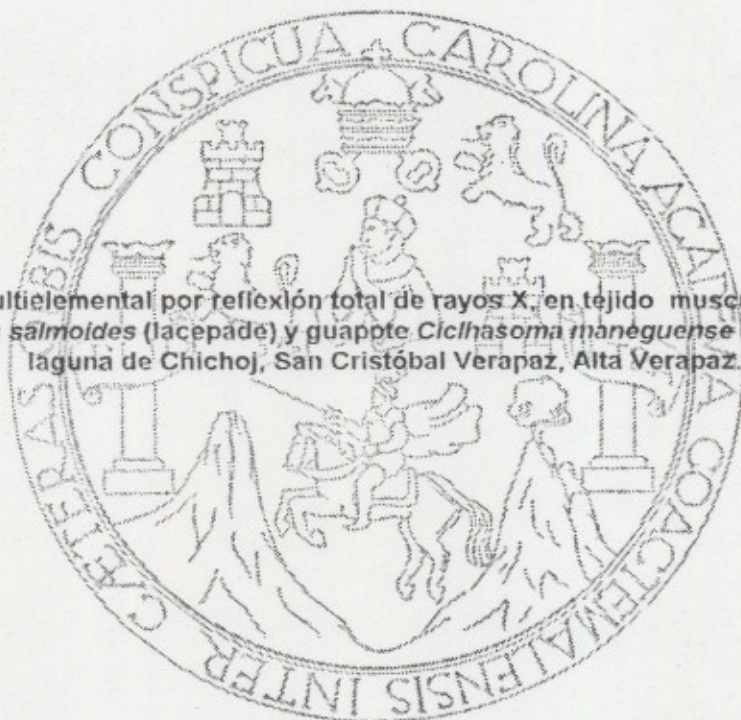


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

Análisis multielemental por reflexión total de rayos X, en tejido muscular de lobina *Micropterus salmoides* (lacepede) y guappte *Cichlasoma managuense* (Gunter), en la laguna de Chichoj, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz



Informe de Tesis

Presentado por

Nidia Alvarez Rangel

Para Optar al título de
Bióloga.

GUATEMALA, MAYO DE 1,995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
06
T(879)

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DECANO	LIC. JORGE RODOLFO PEREZ FOLGAR
SECRETARIA	LICDA. ELEONORA GAITAN IZAGUIRRE
VOCAL I	LIC. MIGUEL ANGEL HERRERA GALVEZ
VOCAL II	LIC. GERARDO LEONEL ARROYO CATALAN
VOCAL III	LIC. MIGUEL ORLANDO GARZA SAGASTUME
VOCAL IV	BR. JORGE LUIS GALINDO AREVALO
VOCAL V	BR. EDGAR ANTONIO GARCIA DEL POZO

DEDICATORIA

A: Mis Padres
Mario Alvarez Caceres.
Verona Rangel Rivera

A: La Universidad de San Carlos de Guatemala

A la naturaleza, tan irracionalmente manejada por nosotros los humanos faltos, muchas veces de sentido común.

Y... Al planeta, que a este paso, no durará mucho...

Especiales agradecimientos a:

Licda Mirtala de Zepeda, por su estricto y acertado asesoramiento en el presente trabajo de tesis.

Ingeniero Enrique Aguilar, jefe de la Sección Industrial, por su valiosísima ayuda y asesoría prestada así como al personal de dicha sección.

Lic Sergio Molina, jefe de la Sección de Radioquímica, así como a la Licda Yolanda Juarez de Juarez y en general a todo el personal de la Sección.

Sr Juan Pedro Perdomo. Secretario de la Asociación Cristiana de Jovenes (ACJ), por las facilidades prestadas en el área de trabajo.

Sr Hugo Altán de SEGEPLAN, Sección de Información Geográfica (SIG), por la elaboración de los mapas que aparecen en esta tesis.

Sr Luis Deras por el apoyo que me brindara desde el inicio de la elaboración de esta tesis.

INDICE

Tema:	No de Pg.
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Antecedentes.....	3
3.1 Acúmulo de tóxicos	4
3.2 Comportamiento de los metales en la cadena trófica.....	4
3.3 Metales, formas químicas, absorción, distribución, mecanismos de acción y excreción.....	5
3.3.1 Cinc.....	6
3.3.2 Cobre.....	7
3.3.3 Plomo.....	8
3.3.4 Mercurio.....	9
3.3.5 Cadmio.....	11
3.3.6 Cromo.....	11
3.3.7 Hierro.....	12
3.3.8 Manganeseo.....	12
3.3.9 Níquel.....	12
3.3.10 Arsénico.....	13
3.3.11 Potasio.....	14
3.4 Trabajos que se han realizado en la laguna de Chichoj.....	14
3.5 Lo que se vierte en la laguna de Chichoj.....	17
3.6 Razones para trabajar con lobina y guapote.....	18
3.6.1 Descripción de lobina <i>Micropterus salmoides</i> (Lacepede).....	18
3.6.2 Descripción de guapote <i>Ciclasoma managuense</i> (Gunthter).....	19
3.7 Sobre la técnica de reflexión total de rayos X.....	19
4. Justificaciones.....	22
5. Objetivo.....	23
6. Hipótesis.....	24
7. Materiales y métodos.....	25
7.1 Universo de trabajo.....	25
7.2 Recursos humanos.....	25
7.3 Recursos institucionales.....	25
7.4 Recursos físicos.....	25
7.5 Recursos materiales.....	26
7.5.1 Para la toma de muestras.....	26
7.5.2 Para la determinación de laboratorio.....	26
7.6 Procedimiento.....	29
7.6.1 Muestreo.....	29
7.6.2 Procedimiento para colecta.....	29
7.6.3 Extracción del músculo.....	29
7.6.4 Preparación de la muestra.....	30
7.6.5 Determinación del porcentaje de humedad en las harinas.....	30
7.6.6 Digestión.....	31
7.6.7 Análisis por reflexión total por rayos X.....	31
7.6.8 Análisis de datos.....	32
8. Resultados	33
9. Discusión de resultados.....	39
10. Conclusiones.....	42
11. Recomendaciones.....	43
12. Referencias.....	44

1. RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la concentración de metales en el músculo de lobina (*Micropterus salmoides*) y guapote (*Cichlasoma managuense*), dos de las especies ictiofaunísticas que se encuentran en la laguna de Chichóh en San Crítóbal Verapaz, Alta Verapaz, que son las más consumidas por la población.

La técnica utilizada en las determinaciones fue la de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total.

Se efectuaron cuatro muestreos en los meses de mayor actividad industrial y por tanto de mayor descarga de contaminantes al cuerpo de agua en cuestión, siendo estos noviembre y diciembre de 1993, enero y febrero de 1994. En base a estudios anteriores se establecieron dos puntos de muestreo en los cuales fueron colectados tres especímenes de cada especie, y con una $n = 2$. A estos individuos se les extrajo el músculo el cual fue pesado, secado a 60 C° , molido y digerido previo al análisis por reflexión de rayos X.

Los metales detectados fueron K, Ca, Fe, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas, con un valor de P de 0.0001 utilizando un alfa de 0.05, entre los dos puntos de muestreo para los elementos detectados excepto en el caso del plomo, y no se encontraron diferencias entre las dos especies estudiadas.

La concentración de los elementos detectados reportaron diferencias estadísticamente significativas, básicamente en los meses de muestreo, siendo el mes de enero el que presentó concentraciones más altas de Cu, Fe y Sr, el mes de febrero reportó concentraciones más altas de K, Pb, Zn y Rb y el mes de noviembre las más altas de Cu.

Los valores de concentraciones de Pb encontrados en el músculo de los peces sobrepasan el índice semanal tolerable. Los valores de Zn, Cu y Fe sobrepasan la dosis diaria máxima admisible. Por lo anterior, se concluye que las especies *M. salmoides* y *C. managuense* de la laguna de Chichoj son un riesgo para la salud (Nota ver valores de P en las pg 41 y 42).

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

2. INTRODUCCIÓN

La era industrial, la explosión demográfica y la intensa actividad humana, sumados a las problemáticas político-social y económicas que los países del globo afrontan, han venido a impactar de una manera alarmante en el deterioro de la calidad ambiental de nuestra biósfera

En Guatemala se ven ya estos efectos, sobre todo, en los cuerpos de agua, por ejemplo, el lago de Amatitlán, ríos Villalobos, Michatoya, Las Vacas, Motagua y otros, antes cristalinos y prometedores recursos. Muchos son los sitios contaminados que se escapan a la vista del guatemalteco. Este es el caso de la Laguna de Chichoj en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz. Un pequeño cuerpo de agua, que tiene en una de sus márgenes el casco urbano del municipio de San Cristóbal Verapaz, el cual cuenta con aproximadamente 17 mil habitantes (mapas No 1 y 2 en anexos) (1).

En este lugar se encuentran desde hace más de 50 años una curtiembre, dos beneficios de café y un rastro, que descargan sus aguas residuales a la laguna y que sumado a las descargas municipales incrementan la ya acelerada eutroficación de la laguna, antes llamada Pupila del Cielo.

El problema merece atención ya que en solo 45 años se ha perdido, tras el avance de las plantas acuáticas, aproximadamente un 65 % del espejo de agua (para el año de 1947, el área de la laguna era de 110 Ha, en 1991 fue estimada en 38.4 Ha.) (1).

Las descargas agroindustriales de la zona en los últimos meses del año y los elementos químicos, por largo tiempo acumulados en sus sedimentos hacen que éstos sean considerados tóxicos. Las aguas de la laguna se mezclan por los vientos y cambios climáticos durante los meses de noviembre, diciembre y enero (2), removiendo del fondo muchos elementos por lo que se sospechó que podrían integrarse a la cadena trófica (Ver cuadros 3 y 4).

Para comprobar lo anteriormente expuesto, se determinó la concentración de metales por medio del análisis cuantitativo multielemental de reflexión total de rayos X, en el músculo de dos especies de peces de la laguna: Lobina (*Micropterus salmoides*) y Guapote (*Cichlasoma managuense*), por ser dos de los eslabones finales de la cadena alimenticia en este ecosistema, además son consumidos por los pobladores de la villa y otros lugares. No está de más indicar que es la primera vez que se analizan en Guatemala por este método este tipo de materiales.

La captura de las cuatro especies de peces que se encuentran en el lugar: carpa, tilapia, lobina y guapote, está prohibida con atarraya, arpón y trasmallo, mas está permitida métodos "prohibidos", como una opción para mejorar su economía y dieta familiar.

Esta investigación será por lo tanto una contribución a la población del municipio de San Cristóbal Verapaz y al banco de datos de las investigaciones que sobre la laguna se realizan desde 1980 (1,2).

3. ANTECEDENTES

3.1 Acúmulo de tóxicos

Desde hace muchos años se conoce el fenómeno de acúmulo de tóxicos en los organismos vivos, sustancias que se absorben del medio ambiente; a veces las concentraciones en algunos organismos superan con creces los que se encuentran en el medio. Se dan casos en que elementos normalmente escasos en la naturaleza se encuentran en altas concentraciones en los tejidos animales; por ejemplo: el argón, (gas raro en el aire), se encuentra en pneumatóforos de Physalia. Existen algas marinas que concentran el yodo (elemento muy escaso en las aguas de los océanos) en sus tejidos en cantidades considerables como para ser explotadas por la industria. Estos son efectos positivos, el problema surge cuando lo que se concentra es un producto o elemento altamente tóxico como el plutonio (también concentrado por las algas), se han encontrado concentraciones hasta 3,000 veces superiores a las existentes en el agua (3).

3.2. Comportamiento de los metales en la cadena trófica.

A lo largo de la cadena alimenticia, complicada y extensa, los tóxicos pueden ser concentrados de tal forma que su acción nociva se potencializa por este mecanismo (4).

El ejemplo clásico de Raquel Carson (1964), quien estudió las concentraciones del DDD (1,1 dicloro 2,2 D-4 clorofenil-etano), semejante al DDT, el cual fue considerado tóxico para los peces, mermó la población de aves de 1,000 parejas a únicamente 30 en solamente dos años. El veneno fue detectado en el fitoplancton, y luego, a lo largo de la cadena alimenticia, aumentando las concentraciones con el nivel trófico (4).

Algunos compuestos son degradados por bacterias, el temible ácido cianhídrico (potente veneno), es degradado por bacterias aeróbicas a compuestos inocuos, posibilitando el tratamiento biológico de los desechos industriales que los contengan. Las bacterias

nitrificantes descomponen tóxicos como el amoníaco, otras actúan sobre fenoles, aldehídos, ácidos orgánicos, etc (5, 6).

Pero el principal problema son las sustancias y compuestos biorresistentes o recalcitrantes, que tienden a concentrarse en el ambiente y en los sistemas acuáticos sin que sean atacados o degradados por ningún organismo (5,6).

Un sinnúmero de investigaciones se han realizado a nivel mundial acerca de los tóxicos y la bioacumulación. Se ha trabajado en peces, determinando las concentraciones de Fe, Cu, Zn, Se, Br, Sr, Ag, Sn, Sb, por medio de fluorescencia de rayos X (7); Se han obtenido datos significativos sobre el comportamiento del cadmio en las agallas de salmón (*Salmo gairdneri*), etc (8).

Las técnicas de estudio son numerosas, y van desde métodos no destructivos, reflexión total por rayos X, activación de neutrones, etc (9, 10), así como por absorción espectrométrica de flama atómica, absorción espectrométrica electrotermal-atómica, usadas para la detección del cadmio en material biológico (11).

3.3. Metales, formas químicas, absorción, distribución, mecanismos de acción y excreción .

Muchos metales son relativamente inocuos a los organismos, incluso muchos son constituyentes indispensables para mantener la vida y desempeñan funciones específicas como el mantenimiento de la presión osmótica, los delicados equilibrios ácido-base y la regulación de distintas funciones orgánicas (Ca, Na y K) pero también, los hay extremadamente tóxicos para humanos, peces, organismos acuáticos, etc (6). Los metales están naturalmente en los suelos y algunas veces se presentan en grandes concentraciones (vetas) en estados no accesibles a los organismos vivos; pero en la actualidad la contaminación de metales "pesados" (Cr, Hg, Sr, Cd, etc), en estados electrónicos disponibles para ser absorbidos por los seres vivos, se ha visto aumentada por el uso

indiscriminado de plaguicidas, antimicrobianos, combustibles fósiles, prácticas mineras y la industria en general.

Los metales, antiguamente llamados pesados: Hg, Pb, Cr, Zn, Ti, V, Ni, Sr, etc, no pueden metabolizarse, persistiendo en el organismo y causando efectos tóxicos al combinarse con uno o más grupos reactivos esenciales para las funciones fisiológicas de los tejidos animales, uniéndose a los ligandos O, S y N, y tomando la forma de $-OH$, $-COO^-$, $-OPO_3H^-$ y $C=O$, $-SH$, $-S-S$, $-NH_2$, el complejo metálico resultante (o compuesto de coordinación), se forma por una unión coordinada donde ambos electrones son aportados por el ligando (12). Ejemplo: el cinc, se une a las proteínas que integran las paredes celulares del tejido de las agallas de los peces imposibilitándolo el intercambio gaseoso.

En general, se puede afirmar que los metales ingresan a los organismos por distintas vías y permanecen en los tejidos por la carencia de un vía rápida para eliminarlos, ya que estos elementos forman compuestos muy estables con las biomoléculas, por su alta afinidad a ellas (12).

3.3.1 Cinc

Puede presentarse en forma ionógena acomplejada $[Zn^{+2}$ o $Zn(H_2O)^{2+}]$, como los cianuros en ácidos orgánicos. En forma de hidrolizado en suspensión $[Zn(OH)_2]$ y en suspensión insoluble adsorbido a minerales de la arcilla.

Se encuentra en la blenda (ZnS) 70 ppm y en smithsonita ($ZnCO_3$), junto con acompañantes como el Pb, Cd, Cu, Sn, As y Sb; en núcleos magnetogénicos de tipo neumatolítico-hidrotermal, y de aquí es arrastrado por las aguas subterráneas, en volcanes y en carbonatos de rocas sedimentarias. En el agua, generalmente se presenta en forma de carbonatos o hidrocarbonatos, las aguas no contaminadas contienen 0.001 y 0.1 ppm, con un promedio de 0.02 ppm, niveles superiores son detectados cuando existe contaminación

un promedio de 0.02 ppm, niveles superiores son detectados cuando existe contaminación industrial (galvanizado, fábricas de fibras vulcanizadas y colorantes inorgánicos y precipitación de humo de carbón de petróleo) (13).

El cinc se une a los sedimentos por adsorción a las arcillas, quedando de esta manera degradado o reducido a lo largo del recorrido de un río (13).

Las aguas que más atacan al cinc son las blandas y carbonatadas, con alto contenido de cloruros, sulfatos y nitratos que reaccionan con él, inactivándolo en los sedimentos. Este elemento en cantidades muy altas es considerado carcinógeno, a pesar de ser un componente enzimático normal (oligoelemento importante para la vida animal y vegetal), se encuentra normalmente de 10 a 15 mg en el organismo humano (13). Puede causar la muerte a peces de ríos y acuarios domésticos que utilizan agua de tuberías de hierro galvanizado (6).

La turbulencia del agua es un factor importante con efectos directos sobre los peces, su acción deriva de la coagulación de la mucosidad branquial (4).

En los lagos se encuentra cinc proveniente de fungicidas de uso agrícola y de aguas industriales (14).

3.3.2 Cobre

A pH arriba de 3, existe el peligro del cobre ionizado, hidrolizado. Las aguas residuales contienen cobre frecuentemente en formas combinadas de complejos como el tetracianocuprato. Este metal se usa para combatir las algas en piscinas a una concentración del 1%/m³, en acuarios de agua dulce y en agricultura como fungicida. La fórmula química del compuesto más usado es CuSO₄.5H₂O (13). Actúa en los peces de la misma manera que el cinc depositándose en las agallas e imposibilitando el intercambio gaseoso, en humanos no presenta mayor problema.(5).

3.3.3 Plomo

Es un elemento no esencial para la vida, pero existe en todos los tejidos y órganos. En el agua se presenta en dos formas o estados de oxidación, Pb^{+2} y Pb^{+4} , pero es el primero el más frecuente (15).

En agua dulce hay especies químicas poco solubles, complejos formados con ácidos orgánicos, aminoácidos y partículas coloidales combinadas con péptidos, proteínas y otras macromoléculas que se unen al plomo (15).

Su valor en aguas de áreas industriales va de $10\mu g/g$ a $500\mu g/g$, en sectores urbanos se han reportado valores mayores atribuidos al uso del tetraetilo de plomo en las gasolinas y lubricantes, así como a los residuos industriales, soldaduras, pinturas, baterías e imprentas (12, 16).

El plomo en el agua puede precipitar como carbonato, tornándose inerte geoquímicamente y difícil de incorporarse a los tejidos de los organismos (16-19). Si las descargas no son controladas, puede ser riesgoso (12).

Presenta una elevada toxicidad para los organismos acuáticos, con efectos acumulativos en los animales y humanos y llega a causar la temible enfermedad del saturnismo (enfermedad del sistema nervioso, registrada en Roma entre las personas acomodadas por la tubería usada en las residencias señoriales) (6).

La absorción se da a nivel gastrointestinal o por vías respiratorias, los adultos absorben un 10% de lo ingerido, mientras que los niños absorben un 40%, atraviesa la mucosa intestinal, compite con el calcio y en casos de deficiencia de hierro, aumenta su absorción (12).

Se distribuye en los tejidos blandos, epitelio tubular del riñón e hígado, pasando luego a los huesos, dientes y pelo, un 95% de la carga corporal del metal está en los huesos, y muy poco en el cerebro, cuando las concentraciones son muy altas se encuentra circulante en los eritrocitos y en el plasma. Se deposita en los huesos largos principalmente en forma similar al calcio, como fosfato de plomo, dejando así de ser tóxico.

En general cuando la ingesta es alta, se deposita en los huesos y cuando es baja, se encuentra en los tejidos blandos. El plomo substituye al calcio y la vitamina D promueve la deposición del plomo en los huesos.

Una ingesta de 0.6 mg no produce efecto alguno, 2.5 mg durante cuatro años es tóxico y 3.5 mg diarios, produce efectos en pocos meses, la deposición no se da lo suficientemente aprisa y no se protegen los tejidos blandos. No se han demostrado efectos carcinógenos (12) (Ver cuadro No 5 en anexos.)

3.3.4 Mercurio

Metal no esencial, muy tóxico a bajas concentraciones, la forma elemental y los compuestos orgánicos e inorgánicos son altamente nocivos, solo una pequeña parte se encuentra disuelta en agua, la mayoría está en partículas coloidales o material orgánico constituyendo ligandos (20, 21). Se acumula en los sedimentos aunque no sea detectado en el agua, los biocálculos de los metales disponibles se calculan a través de la cadena alimenticia (18, 22).

Se pueden presentar variaciones, dependiendo del comportamiento de las descargas industriales (fabricación de plásticos, blanqueadores y plaguicidas) circulación, difusión y mezclas, sedimentación y dilución; regularmente, las aguas contienen valores mínimos, pero en sedimentos los valores son mayores y van aumentando con el tiempo (4).

La actividad de bacterias permite por acción metabólica, la incorporación del Hg a los organismos, por su capacidad metiladora y alta afinidad a la materia orgánica (22-24).

Cuando los animales son de hábitos detritívoros, bentónicos y sésiles, la ingestión de los tóxicos es mayor y por lo tanto el peligro al ser consumidos (17).

El mercurio es altamente temido por la enfermedad que causa en los humanos, la llamada enfermedad de Minamata y por el efecto acumulativo potencializador en las cadenas tróficas. En 1956, en Japón con motivo de una epidemia de una enfermedad nerviosa, en las familias de pescadores de la bahía de Minamata, se empezó a investigar la intoxicación con mercurio,

esta enfermedad asemeja una encefalitis, presentando disturbios sensoriales y motores generalizados, causa la muerte rápidamente en humanos y animales como gatos y perros. El origen del tóxico era una fábrica de acetaldehído, que empleaba cloruro de mercurio como catalizador, el mismo origen tuvo la epidemia en 1965 en la población de Niigata. Los peces consumidos por las víctimas contenían hasta 10 partes por millón de mercurio en el tejido muscular, la concentración considerada como límite permisible es de 0.5 partes por millón (6, 18). El estado del mercurio en los desechos industriales no era tóxico, se transformaba en tóxico por la acción de las bacterias de los ecosistemas acuáticos (25). El mercurio actúa formando uniones covalentes con el azufre y ésta es la propiedad que explica casi todas las alteraciones que produce el metal en los organismos, cuando el azufre se encuentra como grupo sulfhidrilo, el mercurio bivalente reemplaza el átomo de hidrógeno para formar mercáptidos del tipo RHg-SR . Los mercuriales, incluso a bajas concentraciones son capaces de inactivar enzimas sulfhidrúlicas y por lo tanto interfieren en el metabolismo y función celular. La afinidad del Hg por los tioles, sirve de base para el tratamiento de las intoxicaciones (12).

Si se da la absorción del mercurio en estado elemental, no resulta tan tóxico, ya que no puede ser absorbido por las paredes intestinales, pues forma gotas y no reacciona con las moléculas biológicas importantes; en cambio, en estado gaseoso es muy peligroso. Las sales de mercurio Hg^{++} , llegan a la circulación por vía oral, se absorben en un 10% en el intestino. El metil mercurio se absorbe en más de 90% en el tracto digestivo, cruzando la barrera placentaria y produciendo malformaciones en el feto (12).

La concentración del mercurio en los animales no es uniforme, se le encuentra en los riñones donde es retenido por más tiempo, en los glóbulos rojos, y en el pelo y uñas por el alto contenido de grupos sulfhidrilo que hay en éste material, llegando a concentrarse 300 veces más que en la sangre (26).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

3.3.5 Cadmio

Cercano al plomo y al mercurio en cuanto a toxicidad, aparece en la naturaleza junto al Zn y al Pb, por eso, en las extracciones de estos dos metales, aparece la contaminación por cadmio (12).

Es un metal no esencial para la vida; en aguas dulces está íntimamente asociado a materia coloidal como CdCl_2 y CdSO_4 (15).

Las fuentes de Cd en el agua son procedentes del lavado de los suelos agrícolas, minería e industria, así como de desechos municipales (27).

La presencia de este metal disminuye la capacidad de sobrevivencia de estadíos larvales y juveniles de peces, moluscos y otros crustáceos integrantes del zooplancton (28).

Si en los sedimentos se encuentra material orgánico, el Cd forma complejos con éste (4).

La ingesta diaria de cadmio es de $50\mu\text{g}$ y aumenta con el cigarrillo. Los mariscos, hígado y riñones de res lo contienen en $0.05\mu\text{g/g}$ (27).

El cadmio se absorbe por el tracto digestivo y es transportado por la sangre al hígado y riñones donde se encuentra una proteína de bajo peso molecular llamada metlotioneína, de gran afinidad a los metales Cd y Zn. El cadmio se elimina por la heces más que por la orina (12).

3.3.6 Cromo

Metal esencial a bajas concentraciones, pero al aumentar el cromo VI es muy tóxico por su solubilidad y fácil penetración en las células, mientras que el cromo III es insoluble y de difícil acceso biológico (10, 29).

Se encuentra asociado a la industria minera y a tenerías, galvanoplastia y fertilizantes. Las tenerías y los fertilizantes eliminan desechos en forma de cromatos y el metal tiende al acúmulo en los sedimentos de ríos y lagos (14, 26, 30).

3.3.7 Hierro

En equilibrio con el aire y a pH por encima de 4 se encuentra en forma trivalente como suspensión de hidróxido e hidratos de óxido. Las aguas contienen acomplejantes de Fe naturales o añadidos, los complejos de hierro, no se disocian o lo hacen muy poco, lo que lo hace no disponible y por ello los valores reportados regularmente son inferiores a los reales, el Fe^{+2} es soluble (óxidos ferrosos) el Fe^{+3} es insoluble y precipita como ácidos ferrosos, al reaccionar con el oxígeno (13).

El hierro no es un veneno ambiental, la intoxicación es accidental causada por el uso de sales ferrosas empleadas para tratar anemias por deficiencia de hierro, dándose el problema sobre todo en niños (12).

3.3.8 Manganeso

Se disuelve y transporta más fácilmente que el hierro por las aguas subterráneas al reaccionar con ácido carbónico, ácido sulfúrico o ácidos húmicos.

El Fe y el Mn están en relación de uno-uno. Lo adsorbe la calcita (CaCO_3) en un 40% y el MnCO_3 en un 10%, así como el FeCO_3

En las aguas superficiales el Mn se acompleja. Desde el punto de vista toxicológico las cantidades son insignificantes, el agua dulce contiene 0.0003-0.3 ppm (13).

Hay 0.5 mg de Mn en las cenizas de plantas y es indispensable para la fotosíntesis.

El Mn^{+2} se disuelve en condiciones anaeróbica y en la superficie se oxida y precipita (13).

3.3.9 Níquel.

Es un metal indeseable en el agua, aunque no es en extremo tóxico, se cree que en aguas superficiales se presenta como hidrogenocarbonato, en los lugares de afluencia de aguas residuales puede haber otras sales. Debido a que los minerales de Ni son bajos en las aguas naturales porque precipita como un hidrolizado insoluble, en aguas superficiales

neutras o débilmente alcalinas está en el lodo o en suspensión. Un contenido alto de Ni, indica una afluencia cercana de origen industrial, residuales galvánicos producto de los baños de Ni que se dan a piezas galvanizadas.

En el agua potable hay aproximadamente un 0.034 ppm (13).

3.3.10 Arsénico

Usado en la antigüedad como terapéutico y como veneno, es usado actualmete en la industria, se le encuentra en el suelo, agua y aire, como tóxico ambiental común, no es extraído como tal, se recupera de la fundición del cobre, plomo y cinc, las aguas minerales lo contienen y las plantas de energía geotérmica lo arrastran del suelo. Los plaguicidas son otra de las fuentes, que a su vez pueden contaminar frutas, verduras y el medio, se concentra en el pescado y mariscos muchas veces es usado como aditivo para promover el crecimiento animal. La ingesta promedio en humanos es de 300 μg .

Las formas trivalentes son las más tóxicas, pues son las que más se acumulan en los organismos. Su acción está basada en que desacopla la fosforilación oxidativa mitocondrial y el mecanismo se relaciona con la sustitución competitiva de fósforo inorgánico por arseniato.

Los arsenicales trivalentes que incluyen al arsenito inorgánico se consideran principalmente como reactivos sulfhidrúlicos e inhiben muchas enzimas reaccionando con ligandos biológicos que contienen grupos -SH disponibles. El sistema de la piruvato-deshidrogenasa es especialmente susceptible a los arsenicales trivalentes por su interacción con dos grupos sulfhidrilo del ácido lipoico para formar un anillo estable de seis miembros (12).

En polvo no soluble es menos tóxico y es eliminado en las heces fácilmente, en cambio, las sales de arsenito solubles son las más peligrosas. Se almacena en el hígado, riñones, corazón y pulmones y en menor concentración, en el músculo y tejido renal; debido

a la gran cantidad de grupos sulfhidrilos existentes en la queratina, se le encuentra en grandes concentraciones en el pelo y las uñas, además en el hueso y los dientes, cruza la barrera placentaria en humanos y animales (12).

3.3.11 Potasio

Es un catión intracelular predominante, importante en la excitabilidad eléctrica en las células nerviosas y musculares, tiene un papel importante en la génesis y corrección de los desequilibrios del metabolismo ácido-base, de uso terapéutico, que puede ser peligroso si no se usa debidamente, su concentración normal en agua dulce es de 150 meq por litro.

Se absorbe por el tracto intestinal y su ingestión diaria es de 50 a 100 meq.

Se acumula en las células por medio de un mecanismo dependiente de energía, extruyendo al sodio. Hay un alto gradiente de concentración para el potasio desde la célula hacia el líquido extracelular. No es posible elevar el potasio corporal total por encima de lo normal (12).

3.4. Trabajos que se ha realizado en la laguna (ver en anexos, cuadros 3,4,7-14)

Alta Verapaz, considerada dentro del área norte del país tiene una estación lluviosa de una duración estimada de 215 días, la cual inicia a partir de la cuarta pentada del mes de mayo (21-25) para finalizar en los últimos días de diciembre o en los primeros días de enero. El área siempre presenta lluvias de entre 5 a 15 mm/pentada manteniéndose la humedad del suelo y de la atmósfera, en esta zona del país no se presentan las canículas bien definidas y la lluvia es contfua durante casi todos los meses del año (31).

Los cultivos en el municipio de San Cristóbal Verapaz son: maíz, café, cardamomo, pimienta, maguey, pacaya, frutales como banano y aguacate, sumado a las hortalizas (32).

Los principales focos de contaminación se encuentran en el casco urbano (1).

Según la clasificación de Russell y Hunter, esta laguna puede ser considerada como eutrófica, es decir, rica en nutrientes que promueven un rápido crecimiento vegetal, poco profunda, con orillas en su mayor parte poco inclinadas y dénsamente pobladas de vegetación (33).

Muriño, determinó (tomando en consideración de Salas y Martino), que la relación de N/P es > 9 , ésto define que el elemento limitante es el fósforo, también determinó que la laguna tiene un 61% de eutrófica, 38% de mesotrófica y 1% de oligotrófica (1).

El área de la laguna para 1991 era de 38.4 Ha, en 1947 era de 110 Ha, se ha perdido un 65% en solo 44 años (1).

La laguna tiene forma de ocho y en su parte noroeste se encuentra el poblado de San Cristóbal Verapaz, con aproximadamente 17 mil habitantes, en su mayoría de la etnia Maya-Pocomch' (32).

El cuerpo de agua es nutrido por el río Chijuljá que se une al río Panamá antes de ingresar a la laguna, y desaguada por el río Los Tres Molinos, que a su vez se une con el río Cahabón (1, 34)

La laguna de Chicho' ha sido relativamente poco estudiada, contándose con poca información al respecto. (Ver información general en anexos, mapa No 1 y 2 y tablas de la 1 a la 6).

Los primeros datos que son registrados sobre el lugar se encuentran en el Diccionario Geográfico de Guatemala, en él se hace mención de San Critóbal Verapaz, como un pequeño pueblo y una laguna sin mucha importancia, la cual no contiene peces (35)

En el año de 1980 el Ingeniero José Albizures Palma, efectuó un "estudio ecológico" de la laguna, trabajo que fue solicitado por la Alcaldía Municipal de San Cristóbal Verapaz, localizada en el Depto de Alta Verapaz (2).

Este estudio, contiene aspectos generales de la laguna, localización, descripción de la cuenca, algunos detalles de la vegetación e ictiofauna, mencionando guapotes, mojarras, dorados y lobinas, algunos parámetros físico-químicos del agua, así como recomendaciones generales para el tratamiento del cuerpo de agua en general. Lo más importante de este estudio es que se determinaron focos de contaminación como la tenería de la fábrica de calzado Cobán mas nada se dice respecto a los beneficios de café y el rastro (2).

El Ingeniero Albizures recomienda impedir la descarga a la laguna de desechos industriales y las aguas negras sin previo tratamiento. Recomienda también eliminar la vegetación que está invadiendo la laguna. Hace notar la necesidad de estudiar más a fondo el problema y el comportamiento limnológico de la laguna, ya que el estudio que él realizara fue de corta duración.

Con relación a los elementos tóxicos, se repara en la necesidad de hacer investigaciones profundas respecto al cromo (Cr), a fin de conocer el papel que juega en el ecosistema y de crear una planta de tratamiento (2).

Trece años después (1992), la Licda Mouriño de nacionalidad Uruguaya, contratada por la Asociación Cristiana de Jóvenes Guatemaltecos y con el apoyo de la Dirección General de Energía Nuclear, realizó estudios limnológicos más serios en la laguna, con una duración de trece meses, este estudio ha dado una idea más exacta del problema, ya que se contó con un equipo de científicos y técnicos especializados. En este trabajo se reportan "metales pesados" de gran importancia en aguas y sedimentos (ver cuadros anexos No 3 y 4). En general, se encontró que el agua contenía: titanio, manganeso, hierro, níquel, cobre, cinc, bromo, estroncio y plomo.

En el sedimento, se encontró potasio, calcio, titanio, cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel, cobre, cinc, bromo, rubidio, estroncio, plomo y vanadio en niveles tan altos que

están considerados como tóxicos. El cromo se ha acumulado en el fondo durante mucho tiempo, posiblemente producto de la presión que ejerce la curtiembre con sus descargas sin tratamiento (1).

El pH, es de 7.50 en los primeros 11 metros de profundidad tornándose levemente ácido en el fondo con un valor de 6.66 a 16m. El potencial de óxido-reducción (POR) y el oxígeno disuelto varió con la profundidad y estuvieron relacionados entre sí. El POR se torna negativo conforme se aumenta la profundidad y el O₂ disuelto se reduce, estos datos son importantes y dan indicios de que existen condiciones que favorecen la liberación de los metales del sedimento al agua (ver cuadros 7-14 en anexos) (1).

3.5. Lo que se vierte en la Laguna de Chichoj

Según datos obtenidos en conferencia con el Sr Alcalde de San Cristóbal Verapaz, con fecha 20 de enero de 1993, en la alcaldía del mencionado municipio (basado en el archivo de la secretaría de la alcaldía municipal), se obtuvo la siguiente información:

Las aguas negras de aproximadamente un 25 % del poblado son drenadas directamente a la laguna, posiblemente más, debido a que los barrios no urbanizados están en niveles muy bajos y no es posible efectuar trabajos de drenajes ni letrinas o pozos, el nivel freático está a menos de 50 cm. de profundidad. El resto de la población drena sus aguas a un colector que a su vez desagua en el Río Los Tres Molinos (llamado desagüe por Mouriño) y cuyo cause va directo al Cahabón.

Hay en el pueblo un rastro antiguo (más o menos 50 años), que elimina directamente aguas sanguinolentas, pelo, restos de vísceras, cachos, cascos y cueros por un drenaje que va flor de tierra hacia las aguas de la laguna.

Dos beneficios de café trabajan árdamente una buena parte del año, acumulando la pulpa en la rivera y las mieles producto del lavado se eliminan directamente a las aguas de la laguna, estos beneficios tienen aproximadamente 50 años de antigüedad. Una curtiembre, se encuentra en el pueblo desde hace un poco más de 50 años. El proceso de curtiembre que

se seguía en el año de 1975, fue reportado por el profesor Carlos Ponce (ver pg 76 en anexo), incluía elementos tales como: calcio, sodio y cromo (2).

Pudo haber cambiado (El proceso actual no fue reportado por difícil acceso a los datos y personal de la fábrica).

Los automóviles, los techos de lámina galvanizada y la agricultura que utiliza un sinnúmero de productos químicos para el control de plagas, son factores también importantes que contaminan con cinc, plomo y cobre. (Comunicación personal con el Sr Marco Tulio de la Cruz, alcalde del lugar).

3.6. Razones para trabajar con lobina y guapote.

En la laguna se encuentran cuatro especies de peces, todos ellos introducidos: lobina, carpa, guapote y tilapia (35, 36, 37). Estos géneros se distinguen por su alto grado de resistencia y su fertilidad. De éstos, se eligieron el guapote y la lobina, por encontrarse en los últimos eslabones de la cadena alimenticia (1).

3.6.1 Descripción de *Micropterus salmoides* (Lacepede). (lobina).

Perteneciente a la familia Centrarchidae, es conocida también como trucha de Pátzcuaro, róbalo fino, corvina negra, black bass, huro, llega a crecer un poco más de medio metro de longitud total, suele pescarse comercialmente en poca escala y es muy apreciada por los deportistas.

La altura máxima del cuerpo, cabe 3 a 3.5 veces en la longitud patrón y es más o menos igual a la cefálica, tiene boca grande; el extremo posterior del maxilar suele llegar hasta debajo del borde posterior del ojo. Aleta dorsal con 10 espinas y 12 a 13 radios (D

X,12 a 13); la anal con 3 espinas y 10 a 11 radios (A III, 10 a 11), de 65 a 70 escamas en una serie longitudinal. Es autóctono en la vertiente atlántica, en el norte de México, pero ha sido distribuida artificialmente con profusión (36).

3.6.2 Descripción del *Cichlasoma managuense* (Gunthter) (guapote tigre)

De la familia de los cíclidos fácilmente reconocibles de los demás peces que se encuentran en la laguna, por tener una línea lateral interrumpida usualmente a nivel anal y una sola fosa nasal (narina), a cada lado de la cara y no dos como en el resto de los peces; de cuerpo alto y discoidal a veces algo largo y grueso, solo moderadamente comprimido. Son peces dulceacuícolas de suma importancia, distribuidos en América desde Estados Unidos hasta Sudamérica. El guapote, se encuentra dentro de los géneros más populares, ha sido introducido en numerosos países con fines alimenticios. Se adaptan muy bien a diversos ambientes, tienen cuidados con las crías antes y después de nacidos (37).

El Guapote es regularmente abundante en la laguna de Chichoj, siendo consumido por la población regularmente. (comunicación con el Sr Marco Tulio de la Cruz).

Ha sido introducido en muchos lugares y es muy prolífico. Se le encuentra en la vertiente atlántica desde Honduras a Costa Rica, en los grandes lagos y en las lagunas cratéricas, desconociéndose con certeza si es introducido o natural en muchos casos (37).

3.7. Sobre la técnica de reflexión total de rayos X.

Este es un método de análisis que cuenta con múltiples ventajas sobre otros métodos analíticos:

3.7.1).Puede detectar cantidades de hasta 10-20 pg,

3.7.2).Requiere una mínima cantidad de muestra (en soluciones, de 1 a 50 μ l, y en sólidos en el orden de ng).

3.7.3).Permite realizar un análisis multielemental y determinación directa de la muestra con poca o ninguna preparación (38).

Las características más relevantes de este método son la simplicidad en la instrumentación, rapidez de medición y alto grado de automatización (39).

Esta técnica se ha empleado en múltiples estudios, como determinación de hierro y cobre en suero de sangre humana (40). Metales traza en piezas de alfarería antigua, análisis multielemental en hígado de bovino y en hojas de tomate (41), determinación de metales en aceites (42) y determinación de metales en peces (7).

Poderoso instrumento analítico que se encuentra en pocos países latinoamericanos (38).

La espectrometría de rayos X, está basada en el hecho de que los átomos de un elemento emiten radiaciones características cuando sufren una excitación apropiada. Así, cuando un fotón de rayos X suficientemente energético interactúa con un átomo, provoca la emisión de radiación característica para cada elemento, esta interacción implica la transferencia de la energía del fotón a uno de los electrones del átomo, expulsándolo. La distribución de los electrones está en desequilibrio y en un tiempo extremadamente corto, retornará a su estado normal por transiciones de electrones de niveles atómicos externos a niveles internos, estas transiciones son una pérdida de energía potencial del átomo, que se emitirán como un fotón cuya energía es igual a la diferencia de energías entre los niveles correspondientes a la transición.

La emisión de líneas espectrales captadas por un sistema computarizado especial puede ser inducida por el impacto de las partículas aceleradas como los electrones, protones, partículas alfa y iones, o por el impacto de radiaciones de alta energía provenientes de un tubo de rayos X o de una fuente radiactiva (38, 39).

En la presente investigación se utilizará como fuente de excitación un tubo de rayos X de molibdeno.

La muestra es preparada como una capa fina sobre un soporte plano y pulido de sílice, por el cual se proyecta un haz de rayos X, ocurriendo la reflexión total en donde el ángulo de incidencia es igual al de reflexión y la intensidad del rayo reflejado es igual a la del rayo incidente. La muestra es excitada por el rayo incidente y emite radiación característica que es registrada por un detector de Si(Li) situado frente a la muestra (43, 44).

En cuanto a la preparación de la muestra muscular de pescado, debe ser secada y reducida a harina y sometida luego a una digestión con ácido nítrico al 65% en un recipiente de teflón, con el fin de eliminar la materia orgánica que causa dificultades en las lecturas. Las muestras líquidas son pipeteadas en el centro del reflector en volúmenes de $3\mu\text{l}$ posteriormente secadas al vacío obteniéndose una capa fina adecuada. Para el análisis se debe adicionar una solución estándar de Selenio de concentración conocida como control para obtener precisión y exactitud (43).

4. JUSTIFICACIONES

En este pequeño cuerpo de agua se está desencadenando uno de los procesos de eutroficación más acelerado del país, en el término de 44 años ha perdido un 65% de su área, tras el avance de las plantas. La cantidad de desechos domésticos, agrícolas e industriales que se vierten diariamente a estas aguas no ha disminuido, al contrario, cada día las demandas en los productos industriales son mayores y por ende, la producción y los desechos, haciendo más difícil la vida acuática del lugar.

Uno de los puntos más preocupantes es la contaminación por elementos tóxicos que han sido registrado en los sedimentos y aguas de la laguna por la Licda Cintia Mouríño (Ver cuadro No 3 y 4 en anexos)

La población consume diariamente pescado que es extraído de las aguas de la laguna con los métodos tradicionales; las especies que viven en la laguna son todas introducidas, siendo éstas: Carpa, *Ciprinus sp.* tilapia, *Tilapia sp.* lobina *Micropterus salmoides* y el guapote, *Cichlasoma managuense*. Aunque la pesca con atarraya y con arpón está prohibida, las personas de escasos recursos muchas veces la practican furtivamente por la noche, y es común ver niños y adultos pescar con anzuelo, el único tipo de pesca permitido.

Por todo lo antes mencionado es vital que se efectúen estudios cuantitativos del contenido de elementos tóxicos en el pescado consumido por los habitantes de la zona.

Este estudio será una base sólida para trabajos de seguimiento que patrocinados por países amigos se efectuarán en la laguna a corto y largo plazo (32).

Todos los trabajos que se realicen en Chichoj son un laboratorio experimental para el tratamiento de cuerpos de agua con mayores problemas, como el lago de Amatitlán y fuente de conocimientos indispensables para crear una legislación local con bases científicas, que ayude a las autoridades a tomar medidas inmediatas.

5. OBJETIVO.

Determinar la concentración de K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Hg y Pb en dos especies de peces comestibles, lobina, *Micropterus salmoides* (Lacepede) y guapote *Cichlasoma managuense* (Gunther), en la laguna Chichoj.

6. HIPOTESIS

Las especies de peces comestibles *Micropterus salmoides* (Lacepede) y *Cichlasoma managuense* (Gunter), de la laguna de Chichoj, presentarán metales tóxicos en el músculo en concentraciones mayores que las permisibles por las normas internacionales.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Universo de trabajo

Las especies de peces comestibles: lobina *Micropterus salmoides* (Lacepede) y guapotes *Cichlasoma mamaguense* Gunther), extraídas de la laguna de Chichoj.

7.2. Recursos humanos.

Nidia Alvarez, investigadora.

Licda. Mirtala de Zepeda, asesora de tesis (DGEN).

Ing. Enrique Aguilar, Jefe de la Sección Industrial (DGEN).

Sr. Juan Pedro Perdomo, Secretario General (ACJ).

Sr. Galán guía de pesca.

Lic. Luis Deras, EPS de Psicología en San Cristobal.V., guía en el poblado.

7.3. Recursos institucionales:

Dirección General de Energía Nuclear (DGEN)

Asociación Cristiana de Jóvenes.

7.4. Recursos físicos:

Laboratio Analítico Nuclear, Sección Industrial, Dirección General de Energía Nuclear.

Biblioteca de la Dirección General de Energía Nuclear.

Biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala.

Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala

Biblioteca del Instituto Nacional de Tecnología y Capacitación (INTECAP).

Biblioteca del Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (LUCAM).

Biblioteca del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON).

7.5. Recursos materiales:

7.5.1. Para la toma de muestras

7.5.1.1. Material:

-Bolsas plásticas de medio litro de capacidad

-Bolsas plásticas de 5 galones

-Hielo

-Hielera

-Marcadores indelebles

7.5.1.2. Equipo:

-Lancha de remos para dos personas

-Atarraya de 19 cuartas y 3 cm de luz

7.5.2. Para la determinación de laboratorio:

7.5.2.1. Materiales:

-Muestras del músculo de pescado seco (harinas)

-Frascos de plástico de 25 ml

-Frascos oscuros de 100 ml

-Cajas de Petrí

-Mortero de ágata

-Espátula

-Papel secante

-Másking tape

-Marcadores indelebles

-Etiquetas de papel

-Piseta

- Bureta
- Agitadores de vidrio
- Perillas de succión
- Micropipetas de 100 ul.Gilson
- Reflectores de cuarzo **SUPRASIL**
- Desecadora conectada a un sistema de vacío
- Papel para computadora
- Guante de asbesto
- Cápsulas de teflón para molino Mixer/mill

7.5.2.2. Equipo

- Balanza analítica: Sartorius,200g cap máxima
- Horno Blue M. modelo SW_11TA_1
- Molino Spex 8000, Mixer/mill
- Sistema para digestiones con bomba de teflón marca Parr-
Gebr, Liebisch. Biellefeld-14. Type SON, Voh 220, Watt
1000
- Baño de ultra sonido para reflectores: Branson 1200
- Campana para extracción de gases: Labconco
- Computador personal
- Analizador multicanal, Camberra serie 35
- Monitor Samtron SC-431 V.
- Impresora Epson LX-810
- Programa Axil
- Sistema de reflexión total de rayos X con tubo de
Molibdeno
- Detector de Si(Li) en baño Dewar de Nitrógeno líquido

- Fuente radiactiva de Cd-190
- Fuente de alto poder Ortec 402 M.
- Generador de rayos X, de alto voltaje Philips PW 1729 con potencia máxima de 2,500 W, rango de voltaje 5-50 Kv, Rango de corriente de 0-100 mA. Condiciones de operación: 40 Kv y 20 mA.

7.5.2.3 Reactivos

- Acido nítrico al 65% grado analítico.
- Estándar de Estroncio, 1000 ppm.
- Agua destilada.
- EDTA, (ácido etilen diamín tetraacético) grado reactivo.
- Nitrógeno líquido.
- Extrán.

7.6 Procedimiento:

7.6.1 Muestreo

Se hizo un muestreo de conveniencia eligiendo dos puntos de clave: "El Cabo" punto 1 y "El Petencito" punto 2 (ver mapa No 4 en anexos). El primero con la mayor carga de contaminantes del pueblo y de la fábrica, ya que es el delta donde desemboca el río. El segundo punto, es un lugar donde las aguas son menos contaminadas y tranquilas (1, 2).

El número de peces muestreados en cada punto fue de tres especímenes por género (lobina *Micropterus salmoide* y guapote *Cichlasoma managuense*), haciendo un total de seis en cada punto y doce por muestreo. Finalmente 48 muestras (que corresponden a cuatro meses) fueron analizadas en el laboratorio, por duplicado, haciendo un total de 96 pruebas.

7.6.2 Procedimiento para la colecta:

La pesca se realizó (con autorización del alcalde), con atarrayas de 19 cuartas y luz de tres cm; nocturnas, en una lancha de remos, (el método es el más efectivo para los fines del estudio).

Se congelaron los peces para el transporte (3 a 4 horas), hasta el momento en el cual se extrajo el músculo.

7.6.3. Extracción del músculo:

Se trabajó con un cuchillo de plástico, después de desprender las escamas, se efectuó un corte longitudinal profundo en el lomo del animal sin llegar a cortar la cavidad abdominal, eliminando así la posibilidad de contaminar la muestra y obteniendo todo el músculo posible del pez, descartando piel, hueso y vísceras .

7.6.4 Preparación de la muestra:

Se colocó el músculo en cajas de Petri previamente taradas, luego se pesó y dejó secar en un horno a 40°C, por seis días, período en el cual la mayoría de la humedad fue eliminada y el peso se estabilizó.

Se pesaron las muestras secas nuevamente hasta obtener un peso constante.

El músculo seco se pulverizó en un mortero de porcelana y luego en un molino Mixer Mil, para homogenizar las harinas.

Estas se guardaron en frascos debidamente etiquetados para su análisis posterior.

7.6.5 Determinación del porcentaje de humedad de harina

Se secaron varios crisoles a 200 °C por 2.5 horas, se dejaron enfriar por aproximadamente seis horas y se tararon nuevamente.

Se transfirió la muestra (1 gramo aproximadamente), sin llenar mucho el crisol y se sometió a un intenso secado a 60 °C, hasta llevarla a peso constante (para estar seguros que se eliminara toda la humedad), luego se dejaron enfriar las muestras seis horas y se pesaron nuevamente.

Observaciones: la determinación de humedad está sujeta a un error negativo debido a la pérdida de carbonatos de amonio y de materia orgánica mientras se está secando sobre todo a temperaturas cercanas o mayores a los 100 °C. Por esta razón se decidió realizar la determinación a 60 °C. Como referencia se preparó una solución de ftalato ácido de potasio (patrón primario) 150 mg/ml para determinar la precisión y exactitud de las medias obtenidas en el secado.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

7.6.6. Digestión:

Pesar aproximadamente 0.01 gr de harina en el recipiente de teflón de la bomba Parr de digestión.

Agregar 3 ml de ácido nítrico al 65% y tapar.

Armar y poner a funcionar el sistema de digestión de la bomba Parr.

Dejar digerir durante dos horas, aumentando gradualmente la temperatura 15 min a 75°C, 15 min a 125°C, 15 min a 160 °C (sistema automático)

Desconectar el sistema y dejar enfriar la bomba hasta llegar a temperatura ambiente.

Abrir el recipiente bajo la campana de extracción de gases, y guardar el líquido en un frasco de plástico hermético (45).

7.6.7 Análisis por reflexión total por rayos X.

Agregar a la muestra digerida 20 microlitros de patrón de selenio previamente preparado (1000 ppm), agitar.

Tomar 3 microlitros de la muestra con una pipeta volumétrica y colocar al centro de un reflector de cuarzo Suprasil.

Llevar a sequedad la muestra, a temperatura no mayor de 40 °C. o en una desecadora al vacío.

Poner a funcionar el generador de rayos X.

Activar el sistema de reflexión total de rayos X.

Colocar la muestra e irradiar por espacio de 500 segundos con el tubo de rayos X de molibdeno a 40 Kv y 20 mA (Mo/40/20)

Obtener la lectura en el Computador Camberra, en áreas de líneas alfa de los elementos (Programa Axil).

Transformar las áreas a concentración ppm. (programa Axil)

(El programa Axil, fue diseñado por el Organismo de Investigaciones de Estados Americanos (OIEA), para cualificar y cuantificar los elementos que son detectados por la técnica analítica de reflexión total de rayos X) (45).

7.6.8 Análisis de datos

Los resultados obtenidos de potasio, calcio, hierro, cobre, plomo, cinc, rubidio, y estroncio, fueron tratados mediante un análisis de varianza utilizando los métodos lineales generales (GLM, por sus siglas en inglés), con una significancia de 0.05. Las pruebas de medias utilizadas fueron las de Duncan, tomando en cuenta el punto de muestreo, las especies de individuos muestreados, y los meses durante los cuales se efectuó el trabajo de muestreo.

Las medias de las determinaciones de los metales en cada una de las especies en estudio, fueron comparadas con los valores de rangos permisibles según normas establecidas por la FAO/OMS ver cuadro No 5 (54).

RESULTADOS

RESULTADOS

Medias obtenidas en los diferentes analisis

Metal: K

Media de medias	19322.73		
Medias por punto	Medias por especie		
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
19216	19430	17195	21450
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
6345	14325	26734	29887

Metal: Ca

Media de medias	1697.4		
Medias por punto	Medias por especie		
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
1397	2010.8	1943.3	1461.7
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
514	1364.4	3100.6	1782.8

RESULTADOS

Metal: Fe

Media de medias		449.22	
Medias por punto		Medias por especie	
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
481.7	418.2	488.1	415.2
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
242	309.3	791.5	413.5

Metal: Cu

Media de medias		193.99	
Medias por punto		Medias por especie	
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
193.9	194.1	181.1	204.1
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
303.7	286.7	58.1	99.4

Metal: Zn

Media de medias		117.76	
Medias por punto		Medias por especie	
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
145.35	92.8	140.38	97.3
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
129.61	88.84	92.41	159.48

RESULTADOS

Metal: Rb

Media de medias		22.74	
Medias por punto		Medias por especie	
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
27.64	19.47	21.99	23.24
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
10.38	21.27	28.37	30.95

Metal: Sr

Media de medias		13.22	
Medias por punto		Medias por especie	
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
12.94	13.43	12.99	13.46
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
7.66	11.14	20.5	17.45

Metal: Pb

Media de medias		41.06	
Medias por punto		Medias por especie	
Punto 1	Punto 2	Lobina	Guapote
59.9	8.11	17.09	69.83
Medias por mes			
Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
14.88	20.18	nr	109.13

Los metales detectados fueron K, CA, Fe, Cu, Zn, Rb, Sr, Pb.

El elemento encontrado en mayor concentración fué el K (3.000 ppm), en el mes de febrero.

En el mes de noviembre se reportaron las más altas concentraciones de Cu.

En el mes de enero se presentaron las más altas concentraciones de Ca, Fe y Sr.

En el mes de febrero fueron el K, Zn, Rb y Pb los más altos.

El plomo no se detectó en el mes de enero.

El K, Ca, Fe Pb, Rb y Sr presentaron concentraciones menores durante el mes de noviembre.

La media más alta fue reportada para el K, disminuyendo en el orden siguiente Ca, Fe, Cu, Zn, Pb, Rb, Sr.

Los valores de concentración para el Pb, encontrados en el músculo de los peces analizados, sobrepasa el índice semanal tolerable (IST) (54).

Los valores encontrados para la concentración del Zn, Cu y Fe sobrepasan la dosis diaria máxima admisible, (DDMA) (54).

A los resultados se les aplicó un análisis de varianza (a través del programa SAS, Statistical Analytical System), de métodos lineales generales (GLM) y la prueba múltiple de medias de Duncan.

El análisis estadístico indicó que no existe diferencia significativa, utilizando un alfa de 0.05, entre las medias reportadas para los puntos de muestreo, obteniéndose los valores de las medias siguientes en ppm.

	punto 1	punto 2	valor de P
K	19216.00	19430.00	0.9214
Ca	1397.00	2010.00	0.2895
Fe	481.70	418.20	0.5434
Cu	193.90	194.10	0.9981
Zn	145.35	92.80	0.0778
Rb	27.64	19.47	0.0862
Sr	12.94	13.43	0.8826
Pb	59.90	8.11	0.0122

Existe diferencia estadísticamente significativa en las medias de los valores reportados para Pb, entre puntos de muestreo siendo estos en ppm los siguiente:

	punto 1	punto2
Pb	58.90	8.11

No existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias concentraciones de metales para las dos especies de peces estudiadas eceptuando el caso del plomo. los valores son los siguientes:

	Lobina	Guapote	valor de P
K	17195.00	21450.00	0.0550
Ca	1943.30	1461.70	0.3918
Fe	488.10	415.20	0.4781
Cu	181.10	204.10	0.8374
Zn	140.38	97.30	0.1441
Rb	21.99	23.24	0.9808
Sr	12.99	13.46	0.8769
Pb	17.09	69.83	0.0325

Existe diferencia significativa entre las medias reportadas para el plomo en ppm.

	Lobina	Guapote
Pb	17.09	69.83

9. DISCUSION DE RESULTADOS

Con relación a los valores reportados para el plomo y en comparación con los valores permisibles según las normas del Codex Alimentarios de la FAO/OMS (54), para este metal (0.05 ppm) es notoria la diferencia observada en ambas especies.

El plomo se presenta normalmente en los tejidos y órganos de peces y otros animales en bajas concentraciones. Sin embargo en este estudio, se encontraron concentraciones elevadas de hasta 136.40 ppm, que hace que el consumo del músculo de los peces por el humano sea peligroso, lo cual no es de extrañar, dado que en los estudios recientes relacionados con características del agua y sedimentos de la laguna de Chichoj, realizados por Mouriño en 1993, se determinaron concentraciones de hasta 0.24 ppm en agua y de hasta 324.90 ppm en sedimentos (1). El límite máximo permisible (LMP), para Pb en agua es de 0.01 ppm según las normas COGUANOR para agua potable (53).

Las medias reportadas para los cuatro meses trabajados, todas muestran una diferencia estadística con un alfa de 0.05 es decir que las concentraciones medias de los metales detectados son diferentes (ver cuadros en la parte de resultados).

Todos los valores de probabilidad fueron mayores de 0.05 lo cual indica que la precisión del análisis es buena.

Normalmente, los iones metálicos en el agua forman compuestos que precipitan al fondo, lo que les imposibilita el ingreso a la cadena alimenticia, sin embargo, éste fenómeno puede verse alterado con la acidificación del medio, así como por la anoxia (en la laguna de Chichoj se presentan valores en el perfil de óxido reducción de hasta -0.26 en el fondo), lo cual favorece la inversión de este fenómeno. Los compuestos formados y precipitados inicialmente, pueden disociarse y quedar así disponibles al consumo de microorganismos que a su vez serán consumidos por otros mayores. El fenómeno de mezcla homogeniza las condiciones de anoxia, acidez y concentración de todo tipo de contaminantes y partículas orgánicas que normalmente se encuentran en el sedimento, en toda la columna de agua.

Esto, sumado a las descargas industriales que se incrementan en los meses de fin e inicio de año y las descargas municipales que recibe la laguna, posiblemente permitan que los metales presentes aparezcan en formas químicas disponibles a los seres vivos.

El plomo aparece más alto en el C managuense, debido quizá a sus hábitos alimenticios o a su metabolismo, es posible que por el comportamiento de libre desplazamiento dentro de la columna de agua, estos peces se encuentren más expuestos a la contaminación que los M salmoides.

El Hierro se detectó en concentraciones promedio de 449.22 ppm, este metal no es dañino para la salud humana y no altera el funcionamiento de los organismos vivos, forma parte de órganos y tejidos y por ende no existe una dosis máxima permisible.

El Zn se detectó en concentraciones promedio de 117.76 ppm, este metal se encuentra normalmente en las rocas como la blenda y la smithsonita y en el agua cuando existe contaminación industrial, el promedio detectado en el músculo de los peces pasa la dosis diaria máxima admisible (DDMA), lo que puede poner en peligro la vida de las personas que consumen la carne del pescado en estudio, ya que este metal es considerado carcinógeno (13). El Zn así mismo, es peligroso para la ictiofauna ya que interactúa con la mucosidad branquial imposibilitándolos para el intercambio gaseoso y ocasionando asfixia (14).

El Rb y el Sr fueron detectados en promedios de 22.74 y 13.22 respectivamente. Es poco lo que se sabe sobre la presencia de estos dos metales en la cadena alimenticia o su acción directa sobre los órganos y tejidos humanos animales o vegetales mas, por no ser reportados como tóxicos peligros, estos metales son inócuos a la vida.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Contrario a lo esperado el Cr, que posiblemente sea utilizado por la industria de curtiembre (que descarta sus aguas residuales a la laguna), no apareció en el músculo de los peces ni fué reportado por Sanchez en su investigación de lirios (56). Lo que indica que los compuestos formados por este metal, son altamente estables y quedan fuera del alcance de los microorganismos en los sedimentos, lo cual viene a ser confirmado por los reportes de Mouriño en 1993, las concentraciones en sedimentos fueron de 491.81 ppm, y en agua 0.050 ppm (1).

10. CONCLUSIONES

1. Debido a que no se reportó diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo, excepto para el plomo, el cual se detectó en el punto 1 (poblado), se asume que los metales K, Ca, Fe, Cu, Zn, Rb y Sr, se distribuyen equitativamente al menos en los puntos de muestreo, y pasan a formar parte del músculo de los peces en estudio.
2. Dada la diferencia significativa entre los valores obtenidos para el plomo entre los puntos 1 y 2, se concluye que este fenómeno puede deberse a una descarga puntual o a una veta del mineral localizada en el punto 1, (las aguas cercanas al poblado).
3. El guapote (*Cichlasoma managuense*) concentra más el plomo en el músculo, debido posiblemente al tipo de comportamiento que estos animales presentan dentro de la cadena alimenticia y a su libre desplazamiento en la columna de agua. Por tanto, esta especie presenta mayores riesgos para la población que lo consume .
4. El Cr, no aparece en el músculo de los peces estudiados, lo que indica que no está disponible a la cadena alimenticia o bien que no se encuentra en estado VI, que es el más tóxico por su facilidad de penetración y alta solubilidad.
5. El C managuense y el M salmoides, no son aptos para el consumo humano, pues representan un riesgo para la salud por su contaminación con metales tóxicos y carcinógenos Pb y Zn en concentraciones por encima de lo recomendado por la FAO/OMS en el Codex Alimentarius (54).

11. RECOMENDACIONES

1. Ampliar la investigación respecto al número de especies, número y puntos de muestreo, con el fin de determinar la capacidad de concentrar metales por parte de los peces estudiados afirmando así los resultados obtenidos
2. Continuar con el monitoréo limnológico del cuerpo de agua, con el fin de determinar la el comportamiento de la misma así como detectar contaminaciones puntuales.
3. Determinar la concentración de metales en los diferentes eslabones de la cadena alimenticia, incluyendo zoo y fito plantón.
4. Iniciar estudios similares en cuerpos de agua con mayores descargas de contaminantes y con mayor uso del recurso pesquero como ejemplo el lago de Amatitlán.
5. Efectuar estudios metabólicos de los peces respecto a acúmulo de toxinas a nivel celular.

12. REFERENCIAS

1. Mouriño C. Investigación de calidad de agua y nivel trófico de la laguna de Chichoj, Alta Verapaz, Guatemala. Guatemala: Jóvenes Cristianos de Guatemala- Dirección General de Energía Nuclear/MEN, 1992. 120p.
2. Albizures JR. Estudio Ecológico de la Laguna Chichoj. Guatemala: Editorial Universitaria, 1980. 109p.
3. Ramade F. Éléments d'Écologie appliquée, Paris: Ediscience-McGraw, 1974. 522p.
4. INGGO. Bioacumulación de metales pesados y plaguicidas en especies acuáticas de importancia económica. México: SARH, Direc. Gral. de Protección y Ordenamiento Ecológico. Doc. Tec. 1980. 138p.
5. Branco SM. Ecología, 2. ed. Sao Paulo: CETESB S.P, 1978. 179p.
6. Branco SM. Limnología Sanitaria; Estudio de la contaminación de aguas continentales. Washington, D.C: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de desarrollo Científico y Tecnológico, 1984. 120p.
7. El-Assaly FM, et al. Radiation physical approach to trace elements evaluation in poisonous fish toxin. El Cairo, Egypt: National Centre for Radiation Research and Technology. Eyp-Jour-of-rad-Sci- and-Aplic 1985; 2:191-199.
8. Verboost PM, *et al.* Cadmium inhibition of calcium uptake in rainbow trout gills. Am. Jour- of-Phys 1987; 253:216-252.
9. Sarmani S, Wood AK, Hamzah Z. Determination of arsenic and selenium in Malaysian sea foods by instrumental neutron activation analysis. Malasia: National Univ. of Malaysia. China Nuclear Society, Beijing, 1990. (p. 192-193).

10. Kamel LN, Godoy JM, Nicoli IG. Study of Cr, Cs, Fe, and Co distribution in corvina and shrimp in Piraquara de Dentro region. Río de Janeiro: Instituto de Radioprotecao e Dosimetria. General Congreso of Nuclear Energia. 1986. (p. 297 -296).
11. Dabeka RW, Ihnat M. Methods of cadmium detection. New York: Food Research Div, Food Directorate. John Wiley and Sons Inc. 1987. (p. 231-264).
12. Goodman C. Las bases farmacológicas de la terapéutica. 7 ed. Bogotá: Editorial Panamericana, 1989. 1641 p.
13. Merk, Sistemas modernos de análisis. Amsterdam: Merk Inc. 1984. Doc Tec. 128p.
14. Alvarez RU, Rosales HL, Carranza EA. Metales pesados en los sedimentos del Río Blanco. Veracruz, México: Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 1986. (p. 1-10).
15. Whitfield M, Turner DR, Y Dickinson AG. Spectciación of dissolved constituents in estuaries. En Riverinput to ocean sistem. Nueva York: UNESCO/IOC/UNEP, 1979. (P.132-188).
16. Halffter GR, Ibarra A, Ochoa A. Estudio de la contaminación en el bajo Río Coatzacoalcos. Informe. México: Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, 1973. (p. 13-23).
17. Báez A P, Rosas I, Nulman R. Movimiento del mercurio residual en el estuario del río Coatzacoalcos. México: An Inst Goef 18-19, 1975. (p. 131-147).
18. Pérez- Zapata AJ. Plomo y Mercurio en lagunas costeras de Tabasco. Un Ecosistema en peligro. México: Centro de Ecodesarrollo, 1981. (p. 58-61).

19. Villanueva S, Botello AV. Metales pesados de la zona costera del Golfo de México y Caribe mexicano; una revisión. Tlaxcala, México: Centro de Investigación en Genética y Ambiente Universidad Autónoma de Tlaxcala, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México, N° 1 Volumen 8 1992. (p. 46-75).
20. Mantoura RF. Organo-metalic interaction in natural waters. Amsterdam: Marine Organic chemistry, Elsevier, 1981. (p. 123-179)
21. Wallace Jr GT, et al. The biogeochemical fate and toxicity of mercury in controlled experimental ecosystem. Estu Cos Shelf Sci. 1982; 3:151-182.
22. Hartung R. Contaminación por mercurio. Wisconsin: Ann Arbor Sci, 1972. 172 p.
23. Landner L. Restoration of mercury contaminated lakes and rivers. Wisconsin: Swedish Water and Air Pollution Research Laboratory, 1970. 76p.
24. Olinari R. Elementos de bioquímica general y de Química Microbiológica. Sao Paulo: Edgar Blucher, 1975. (p. 19-42).
25. Battalha BL, Parlatore AC. Control de la calidad del agua para consumo humano. Sao Paulo: CETESB, 1977. 198p.
26. Botello AV, Hicks E, Mandelli EF. Estudios preliminares sobre los niveles de algunos contaminantes en la laguna de Términos. Caracas: Fao, 1976. (p. 267-280).
27. United Nations and United Nations Environment Program Regional Seas. GASAM P: Cadmium, lead and tin in mare environment. UNEP Regional Seas Report and Studies No 56, GESAMP . Report and Studies No 22, 1985. Doc. Tec. (p. 1-68)
28. Klein L. River Pollution, II; Causes and Effects. Londres: Butterwoths, 1962. 206p.

29. Villalobos-Pietrini R. Efectos biológicos del cromo. México: Instituto de ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de México, 1977. (p. 115-162).
30. Páez-Osuna F, *Et al.* Niquel y plomo en las fracciones disueltas y particuladas del sistema flúvico-lagunar de la laguna de términos. México: Instituto de Ciencias del Mar y Limmología, 1987. (p. 79-86).
31. INSIVUMEH. Archivo de la Sección de Climatología/Agrometeorología, Guatemala: Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, 1984. Doc Tec. 416p.
32. Asociación Cristiana de Jovenes De Guatemala. (ACJ). San Cristobal Verapaz Hacia un desarrollo integral Y rescate da la laguna Chichoj, San Critobal Verapaz, Guatemala: Secretaría de la ACJ, 1992. 18p.
33. Russell-Hunter, WD. Acuatic productivity. N York: Macmillan, 1970. 289p.
34. Arce O. Caracterización biofísica y socioeconómica de la cuenca de la laguna de Chichoj. Informe parcial Guatemala, 1991. 32p.
35. Diccionario Geográfico De Guatemala. IGM, tomo 1. Guatemala, 1978. Doc. Tec. (p.682)
36. Alvarez J. Peces mexicanos. 7 ed. México: Comisión Nacional Consultiva de Pesca, 1970. 163p.
37. Villa J. Peces nicaragüenses de agua dulce. Nicaragua: Fondo de promoción cultural del banco de América. Editorial Unión S:A, 1982. 253p.
38. Pérez JF. Determinación experimental de las sensitividades para los elementos de $Z = 20$ a $Z = 38$, utilizando estandares acuosos en capa fina en un sistema de reflexión total de rayos X, con tubo de molibdeno. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1990. 79p.

39. **Pérez OR.** Analisis multielemental de Ca, Zn, Cu, Mn, Ni, As, Cr, Hg, Pb, Cl, S, K, V, Sr, Bi, Ti; en agua potable de la ciudad capital, utilizando un sistema de reflexión total de rayos X con un tubo de rayos X de ánodo de molibdeno. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1991. 92p.
40. **Knuth J, et al.** Determination of Copper and Iron in human blood serum by Energy Dispersive X-ray Analisis. *J. clin. chem. clin. biochem* 1977;15:537-560.p.
41. **Bohlen A.** Microanalysis of solid samples by Total-reflection X-ray Fluorescence spectrometry. *Anali Chem* 1987; 59:2552-2555.
42. **Bibrey DB.** Determination of metals in oil using Total Reflection X-ray Fluorescence Spectrometry. Department of Chemistry, Colorado States. University, 1989. Doc Tec. (p.1-8).
43. **Aigenger H, Wobrauscher P.** Total Reflectance X-ray Spectrometry Adv. X-ray anal. Florida: 1985 28:1-8.
44. **Valkovic V.** Analysis of biological materials for trace elements using X-ray spectroscopy. Florida: CRC. Press, 1980. 227p.
45. **Ayala R, Et al** Manual de procedimientos para el análisis multielemental por espectrometría de rayos X. Guatemala: Dirección General de Energía Nuclear, 1991. 32p.
46. **Margalef R.** Ecología, Barcelona: Omega, 1977. 951 pp.

47. Davertón A. Asainissement des Villes et Égouts de Paris, Paris: Dunod, 1922. 793p.
48. Granville HS. Administracao e controle da Qualidade Ambiental. Sao Paulo: Editora Pedagógica e Universitaria Ltda, Editora Universitaria de Sao Paulo, Companhia de Tecnologia e saneamiento Ambiental de Sao Paulo, 1978. 295p.
49. Jorgensen. Fundamental of ecological modelling. Amsterdam: Elsevier, 1986. 254p.
50. Murgel SB. Limnología Sanitaria; Estudio de la polución de aguas continentales, Washington D.C: Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, Programa General de Desarrollo Científico y Tecnológico, Monografía No 28 1984. 120p.
51. Nriagu JO, Coker RD. Trace metals in humic and fulvic acids from Lake Ontario sediments. Ontario: Environ Scio Technol, 1989. (443-446 p).
52. INDE. (Instituto Nacional de Electrificación), Archivo de la sección de climatología, Guatemala: Ministerio de Comunicaciones. 1992.
53. Norma de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR. NGO 29 001 Agua Potable. Especificaciones, Junio 1984.
54. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Comision del *Codex Alimentarius*. Contaminantes, Volumen XVII. Roma: Organización de las Naciones Unidas para agroindustria y alimentos. OMS, 1984. Doc. Tec. 32p.
55. Documenta Geigy. Scientific Tables. Germany Edited B & K Diem and C. Lentner Published By J.R. Geigy S.A, 1970. 809p.

13.ANEXOS.

Definiciones de interés

13.1. ¿Que es polución y contaminación?.

La palabra "polución" deriva del latín polluere que significa manchar ensuciar. "Contaminación", del latín contaminare significa infectar, ensuciar o manchar.

En general el término contaminación es más referido a las aguas, (más específico), mientras que polución es más general, aplicándose a todo ambiente alterado (6).

Según Margalef 1977 y Botello 1976, El hecho de que el agua sea inadecuada para ciertos usos puede fundamentar un concepto legal o jurídico, pero nunca científico. Según estos autores, la única generalización posible de la polución es que altera la capacidad de autorregeneración de los ecosistemas (26, 46).

Los estudios sobre polución, sus efectos y la autodepuración se basan en el análisis experimental del efecto de cada contaminante sobre cada organismo o comunidad de un ecosistema, cuando éste se encuentra presente en todo momento y a concentración constante (5, 6).

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

13.2. Historia de la polución de las aguas continentales

Este problema siempre ha acompañado al hombre desde que se decidió al abandono de su vida de cazador y colector de vegetales para dedicarse a la edificante tarea de la agricultura permitiéndose así la aparición de comunidades humanas, alterando la composición y características de los bosques y de las aguas de ríos y lagos.

Los problemas crecieron cuando las ciudades lo hicieron y las preocupaciones por las aguas "servidas" es decir de uso doméstico empezaron a sentirse tanto a nivel ecológico como sanitario.

En Babilonia, Jerusalén, Siracusa y otras ciudades, ya se registran estructuras y canalizaciones para alejar los residuos líquidos y aguas pluviales de las ciudades, pero las primeras construcciones con dicho fin se encuentran en Roma (47).

En la edad media, líquidos y sólidos eran simplemente lanzados a las calles o a los fosos de las ciudades, por ello se padecieron grandes epidemias, con saldos de miles de víctimas.

Solo durante el siglo XVI, Francia e Inglaterra adoptan medidas para la evacuación de las aguas negras. Con los sistemas de descarga líquida de los desechos domésticos que se implantaron en el siglo XIX, se facilita la eliminación de las aguas residuales, pero esto agravó rápidamente la situación de los ríos y lagos receptores, aniquilándose los peces y propagándose enfermedades como el cólera y la fiebre tifoidea. La rápida proliferación de las industrias, por lo general (cosa que aún no ha cambiado), ubicadas a las orillas de los ríos donde vaciaban sus residuos líquidos agravó el problema (28).

Los perjuicios a la economía (pesca, turismo, etc), salud pública y ecología son actualmente alarmantes.

La labor científica desplegada en los últimos años aún no es suficiente para frenar, evaluar y corregir los efectos indeseables del problema de la polución de aguas continentales (6).

Esta carrera desigual, encuentra su explicación en varios problemas del humano, siendo los principales aunque no los únicos los siguientes:

13.2.1. Explosión demográfica.

Gracias al desarrollo científico, tecnológico y productivo, la longevidad humana se ha alargado considerablemente y las tasas de natalidad han aumentado; la medicina controla las enfermedades cada vez mejor y como consecuencia se tiene una exitosa población que se duplicará solamente en 40 años y donde todos vivirán por más tiempo (5, 6, 48).

13.2.2. Crecimiento de las ciudades

Debido a que los seres humanos viven en zonas limitadas llamadas ciudades, es indispensable agrandar las redes de alcantarillados, según vaya en aumento la población y por lo tanto habrá una mayor cantidad de desagües municipales que irán directo a las aguas de ríos y lagos (49, 50).

13.2.3. Aumento de la producción industrial.

Mayor demanda, mayor producción, producto del crecimiento demográfico, de una población enferma de consumismo, lo que, en palabras comunes, se traduce en obtener cosas superfluas e innecesarias, gracias al poder de convencimiento publicitario. El humano actual rompe las marcas de consumo de materia y energía, sin precedente histórico (50, 51).

13.2.4. Usos de productos sintéticos.

Para la comodidad en el hogar o para el control de plagas, en fin, bajo diversas excusas se usan a diario una gran cantidad de compuestos complejos que se caracterizan

por ser recalcitrantes, es decir que no se descomponen por la capacidad autodepuradora del medio ambiente, tóxicos por lo general, tienden a aumentar sus concentraciones en los cuerpos receptores, lo que no ocurre con los poluentes orgánicos que sí son descompuestos por acción de microorganismos (50).

13.2.5. Resistencia del poder industrial

El desmedido interés en aumentar la producción y el rendimiento industrial a toda costa es uno de los principales y más grandes obstáculos que afrontan los interesados en controlar y mantener el medio ambiente libre de tan nefastas contribuciones... Gobiernos como el de Inglaterra han cedido ante la presión del poder, no se diga más de Latinoamérica (28).

A pesar de todo esto se están dando cambios muy significativos en muchos países que han aprendido la lección y que recientemente (y con no poco esfuerzo) han iniciado la regresión de la polución.

Parece contradictorio, que en la actualidad los gobiernos deban hacer inversiones cuantiosas en revertir procesos que habrían sido fáciles de prever en su momento, los científicos actuales se ven en la necesidad de crear tecnología para frenar los resultados de la tecnología.

13.3. Eutroficación:

Es el proceso por el cual, una masa de agua pasa de la condición oligotrófica (de baja productividad) a una eutrófica (o de alta productividad), se debe al aumento de la disponibilidad de nutrientes de origen alóctono y específicamente los que constituyen factores limitantes del desarrollo de organismos fotosintéticos. Es un proceso de desequilibrio, alteración significativa de los ecosistemas naturales, provocado por la introducción de elementos en concentraciones anormales, es un caso particular de polución (6, 24, 51)

La eutrofización, está relacionada con la concentración de un determinado elemento químico, su efecto perturbador que puede ser caracterizable y cuantificable. Los problemas que surgen son de diversos órdenes, desde color, sabor, por exceso de algas, obstrucción de filtros, hasta sobrepoblación de especies que pueden ser graves problemas o bien la muerte de otras nativas (6, 46, 48).

13.4. Poluentes tóxicos:

Hay diferencias entre las resultantes de la acción de un tóxico para un individuo que bebe del agua contaminada y del resultado en uno que vive en ella (5, 6, 52).

Para un animal que bebe o toma el veneno, se puede hablar de dosis "nociva letal", pero esta no puede aplicarse a un animal que siempre está en contacto con el veneno, en este caso se debe referir a concentraciones del elemento en cuestión. La exposición continuada de un ambiente a la contaminación es el área de la "Ecotoxicología" (3).

Cuando varios contaminantes entran en juego, es decir en acción conjunta, el cuadro puede complicarse, ya que algunos serán atenuantes, sinérgicos o antagónicos.

La acción del veneno, dependerá de la cantidad de éste en el medio, pero hay excepciones a la regla, representadas por los tóxicos de efectos acumulativos, en los organismos o en el ecosistema (3, 48, 52).

13.5. Datos Generales de la laguna.

Se encuentra a 203 Km de la ciudad de Guatemala y a 14 Km de la ciudad de Cobán. En la sierra de Panpaché al lado sur de la cabecera.

Latitud Norte.....	15°21'55''
Longitud oeste.....	90°28'33''
Elevación de la laguna.....	1398 ms. SNM
Elevación de la cuenca.....	2060 ms. SNM
Area de la laguna.....	38.40 Ha. (1991*)
Longitud máxima.....	1750 m.
Ancho máximo (oeste).....	500 m.
Ancho medio (este).....	350 m.
Profundidad máxima (oeste).....	25 m.
Profundidad máxima (centro).....	5 m.
Profundidad máxima (este).....	15 m.

(34).

13.6. Datos generales de la cuenca. _____

Cuenca: tierras altas tierras bajas

Area.....10 Km².....19 Km².

Altitud.....1500-2060 ms SNM.....1398-1500 ms SNM

Relieve.....Pronunciado.....no sobresaliente

Pendiente.....4-32%.....0-16%.

Geología.....Dolomitas, caliza Aluvión, Depósi-
 conglomerados, tos pomáceos ca-
 arenisca, limonita fé y rojizo.

Edafología.....Arcilloso poco pro- Franco y Franco
 fundo, poco limoso, prof:
 permeable, material 10-96 cm.
 organico variable mat org variable

(34).

13.7 Datos climáticos:

Temperatura mínima.....15.64 °C.
Temperatura máxima.....20.28 °C.
Temperatura media.....18.21 °C
Precipitación.....1905.33 mm
Humedad relativa media.....85%
Insolación mínima.....3.68 h/día (Sep)
Insolación media.....4.84 h/día (año)
Velocidad del viento.....3.71 km/h mar
18.18 Km/h feb.

(53).

13.8. _____

Según el Dictámen 332 hecho por el Profesor: Carlos H Ponce, en el año de 1975:

En el departamento de curtido:

-Dos bombas o pipas para pelambre funcionan alternándose, con capacidad de 75 a 100 quintales de cuero y 162 galones de agua, en procesos de 16 a 20 horas.

Reactivos usados:

Cal hidratada.

Sulfuro de sodio.

Los desechos van al río.

-Dos bombas para suelas

Reactivos usados:

Quebracho (corteza de un árbol)

Los desechos van al río.

-Tres bombas para curtir usando sal-cromo (nombre comercial).

Reactivos usados:

Sal cromo (Dicromato de sodio)

Nota: el dicromato de sodio es muy soluble, y en la molécula se encuentra como cromo VI, el estado de oxidación más tóxico.

Fórmula: $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{Na}_2$

Los desechos van al río.

-Dos máquinas para dividir piel.

-Dos máquinas para descargar.

-Una exprimidora.

Que descarga sus desechos al río.

Departamento de recurtido:

-Dos máquinas de teñido.

Reactivo usado: Anilinas.

Tabla No 1

Perfil de Oxido Reducción (mV)

Estación cercana al poblado

Mouriño 1992

m.	Muestras			
	1	3,9,10	4,5	7,8
0	0.12	0.16	-0.1	0.12
1	0.12	0.16	-0.1	0.12
2	0.12	0.16	-0.1	0.12
3	0.12	0.16	-0.1	0.12
4	0.12	0.16	-0.1	0.12
5	0.12	0.16	-0.1	0.12
6	0.12	0	-0.1	-0.04
7	0.12	0	-0.3	-0.25
8	0.12	-0.21	-0.3	-0.25
9	0.12	-0.21	-0.3	-0.25
10	0.12	-0.21	-0.3	-0.25
11	0.12	-0.21	-0.3	-0.25
12	0.12	-0.21	-0.3	-0.25
13	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
14	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
15	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
16	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
17	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
18	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
19	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
20	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
21	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25
22	-0.17	-0.21	-0.3	-0.25

Tabla No 2

Perfil de Oxido Reducción (mV)

Estación cercana al Petencito

Mouriño 1992

m	muestras			
	1,2,3,11	4,8	5,7	9,10
0	0.09	0.12	0.02	0.03
1	0.09	0.12	0.02	0.03
2	0.09	0.12	0.02	0.03
3	0.09	0.12	0.02	0.03
4	0.09	0.12	0.02	0.03
5	0.08	0.12	-0.2	0.03
6	0.02	0.12	-0.2	0.03

fuente (1)

Tabla No 3

Perfil de Oxido Reducción (mV)

Estación cercana al Petencito

Mouriño 1992

m.	Muestreos				
	1	2,3,9,10,11,	4,8	5,7	
0	0.08	0.16	0.12	0.02	
1	0.08	0.16	0.12	0.02	
2	0.08	0.16	0.12	0.02	
3	0.08	0.16	0.12	0.02	
4	0.08	0.16	0.12	0.02	
5	0.08	0.16	0.12	-0.16	
6	0.08	0	0.12	-0.16	
7	0.08	0	0.12	-0.16	
8	-0.11	-0.21	0.12	-0.16	
9	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
10	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
11	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
12	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
13	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
14	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
15	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	
16	-0.11	-0.21	0.12	-0.26	

Fuente (1)

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Tabla No 4

**Perfil estadístico de oxígeno disuelto
(mg/l)**

Estación cercana al poblado

Mouriño 1992

m.	Muestreos		
	1,7,8,11	2,3,5,9,10	4
0	9.02	8.27	0.76
1	9.02	8.27	0.76
2	9.02	8.27	0.76
3	9.02	4.29	0.76
4	2.8	1.66	0.76
5	0.12	1.66	0.76
6	0.12	0.1	0.76
7	0.12	0.1	0.76
8	0.12	0.1	0.76
9	0.12	0.1	0.76
10	0.12	0.1	0.76
11	0.12	0.1	0.76
12	0.12	0.1	0.76
13	0.12	0.1	0.76
14	0.12	0.1	0.76
15	0.12	0.1	0.76
16	0.12	0.1	0.76
17	0.12	0.1	0.76
18	0.12	0.1	0.76
19	0.12	0.1	0.76
20	0.12	0.1	0.76
21	0.12	0.1	0.76
22	0.12	0.1	0.76

Tabla No 5

**Perfil estadístico de oxígeno disuelto
(mg/l)**

Estación cercana al Petencito

Mouriño 1992

m.	Muestreos	
	4	1 a 3 y 5 a 11
0	2.62	8.21
1	1.91	8.21
2	1.91	8.21
3	1.91	5.62
4	1.11	5.62
5	1.11	0.73
6	1.11	0.73

Tabla No 6
Perfil estadístico de oxígeno disuelto
(mg/l)
 Estación cercana al Petencito Mourifo 1992

m.	Muestreos		
	1,2,3,7,8,11	4	5,10
0	7.72	1.37	4.19
1	7.72	1.37	4.19
2	7.72	1.37	4.19
3	7.72	0.19	4.19
4	5.18	0.19	4.19
5	0.39	0.19	4.19
6	0.39	0.19	4.19
7	0.39	0.19	4.19
8	0.39	0.19	4.19
9	0.39	0.19	4.19
10	0.39	0.19	4.19
11	0.39	0.19	4.19
12	0.39	0.19	4.19
13	0.39	0.19	4.19
14	0.39	0.19	4.19
15	0.39	0.19	4.19
16	0.39	0.19	4.19

fuente (1)

Cuadro No 1

Normas COGUANOR para agua potable

ICAITI, junio 1984

Elemento	Símbolo	LMA	LMP
Aluminio	(Al)	0.05	0.1
Bario	(Ba)	nd	1
Boro	(B)	nd	1
Calcio	(Ca)	75	200
Cinc	(Zn)	5	15
Cromo	(Cr)	nd	0.05
Cobre	(Cu)	0.05	1.5
Hierro	(Fe)	0.1	1
Magnesio	(Mg)	50	150
Manganeso	(Mn)	0.05	0.5
Mercurio	(Hg)	nd	0.002
Plomo	(Pb)	nd	0.1
Niquel	(Ni)	0.01	0.02

LMA Límite máximo aceptable en ppm
LMP Límite máximo permisible en ppm
ppm partes por millón
nd no determinado

fuente (53)

COMPARANDO VALORES

Cuadro No 2
 Comparación entre los valores reportados para las concentraciones de metales en músculo de pescado, lirios, agua y sedimentos de la laguna de Chichoj y el límite máximo permisible

Elemento	Agua	Sedimento	Lirios	Peces	LMP	Tóxico
K		7872	37792	19322.73		
Ca		93843	29940	1697.38	1	
Fe	1.05	29713	6200	449.22	1.5	
Cu	0.18	30	342	193.99	15	*
Zn	0.13	201.86		117.76		*
Rb		101.13	69	22.74		
Sr	0.12	90.87		13.22		
Pb	0.03	324.9		41.06	0.1	*
Cr		491.81				*

Cuadro No 3

Metales en aguas de la laguna Chichoij

Según Mouríño 1992

Metales	Símbolo	Valor máximo ppm	Valor promedio ppm
Titanio	(Ti)	0.12	0.1
Manganeso	(Mg)	0.17	0.02
Hierro	(Fe)	2.23	1.05
Niquel	(Ni)	0.05	0.18
Cobre	(Cu)	0.29	0.18
Cinc	(Zn)	0.17	1.13
Bromo	(Br)	0.04	0.1
Stroncio	(Sr)	0.14	0.12
Plomo	(Pb)	0.24	0.03

fuente (1)

ppm= partes por millón

Cuadro No 4

Metales en sedimentos de la laguna Chichoij

Según Mouríño 1992

Metales	Símbolo	Valores máximos ppm	Valores promedio ppm
Potasio	(K)	7872	45.58
Calcio	(Ca)	93843	53172
Titanio	(Ti)	2673	1957
Cromo	(Cr)	491.81	211.15
Manganeso	(Mn)	679.2	484.08
Cobalto	(Co)	128.9	102.77
Hierro	(Fe)	29713	23904
Niquel	(Ni)	2.82	0.82
Cobre	(Cu)	30	22.21
Cinc	(Zn)	201.86	169.17
Bromo	(Br)	45.27	12.16
Rubidio	(Rb)	101.13	57.82
Stroncio	(Sr)	90.87	55.87
lomo	(Pb)	324.9	139.14
Vanadio	(V)	49.21	22.88

fuente (1)

Cuadro No 5

Disis de ingestion

Según el Codex Alimentarios

Elemento	símbolo	dosis	mg/Kg peso corporal	provisional
Arsénico	(As)	DDMA	0.002	
Cadmio	(Cd)	DSPT	0.0067-0.0083	*
Cobre	(Cu)	DDMA	0.05-0.5	*
Hierro	(Fe)	DDMA	0.8	
Plomo	(Pb)	IST	0.05	*
Mercurio	(Hg)	IST	0.005	
Estaño	(Sn)	DDMA	20	*
Cinc	(Zn)	DDMA	0.3-1.0	*

DDMA

dosis diaria máxima admisible

DSPT

dosis semanal provisional tolerable

IST

ingestión semanal tolerable

Fuente (55)

Cuadro No 6

Contenido normal de elementos en porciones comestibles de pescado (Por cada 100 gr).

Según las tablas de la Geigy

Nombre común	Nombre Científico	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	P	S
Arenque	<i>Clupea hamgus</i>	118	317	57	26	0.02	1.1	0.3	240	202
Caballa	<i>Homarus vulgaris</i>	144	358	5	33	0.02	1	0.16	239	197
Perca	<i>Sebastess marinus</i>	94	345	46	nd	nd	1	nd	212	nd
Lucio	<i>Erox lucius</i>	70	300	20	30	0.02	0.7	0.25	210	200
Salmón	<i>Salmo salar</i>	48	391	29	29	0.01	0.8	0.2	266	190
Sardina		510	560	354	nd	nd	3.5	0.04	434	nd
Trucha	<i>Salmo trutta</i>	39	470	19	nd	0.03	1	0.33	220	nd
Tuna	<i>Thunnus thunnus</i>	361	343	7	nd	nd	1.2	nd	294	nd
Bacalao	<i>Gadus callarias</i>	86	339	11	28	0.01	0.5	0.5	190	nd
Lenguado	<i>Pleuronectes flesnus</i>	68	332	12	31	0.02	0.8	0.18	195	dn
Mero	<i>Hippoglossu h.</i>	56	340	13	nd	0.01	0.7	0.23	211	dn

nd: No determinado

Fuente (55)

RESULTADOS

Resultados obtenidos en el análisis individual de músculo de pescado

Metal: Cu		Cuadro No 7							
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	74.41	96.42	16.11	83.67	7.41	1986.46	80.24	131.36	
muestra 2	14.82	67.26	182.43	84.76	2.3	16.11	23.25	195.98	
muestra 3	801.37	241.56	121.63	236.18	73.17	84.75	nr	71.82	
Lobina									
muestra 1	783.15	230.77	25.13	39.63	685.17	107.73	62.37	18.49	
muestra 2	420.66	148.76	25.73	32.53	nr	31.26	18.24	nr	
muestra 3	202	399.31	nr	nr	nr	30.99	25.91	nr	

Metal: Sr		Cuadro No 8							
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	6.32	11.21	10.6	33.27	1.76	9.57	27.56	10.9	
muestra 2	7.38	nr	nr	11.21	1.28	nr	4.39	22.69	
muestra 3	nr	nr	nr	34.13	9.57	nr	nr	nr	
Lobina									
muestra 1	5.15	7.45	nr	11.63	9.18	18.18	39.45	17.35	
muestra 2	11.16	nr	nr	3.39	19.18	9.31	nr	7.19	
muestra 3	9.3	nr	nr	nr	3.98	nr	nr	16.78	

Metal Zn		Cuadro No 9							
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	48.55	86.6	58.35	117.8	8.69	63.26	94.9	90.25	
muestra 2	23.94	nr	155.35	58.35	2.99	58.35	59.75	143.62	
muestra 3	428.89	nr	167.73	229.98	49	57.12	40.37	nr	
Lobina									
muestra 1	237.09	176.95	78.24	218.28	63.52	18.96	115.5	311.88	
muestra 2	nr	77.8	110.99	258	73.53	nr	139.68	102.76	
muestra 3	nr	172.26	57.1	nr	359.81	nr	31.01	63.86	

RESULTADOS

Metal: K		Cuadro No 10							
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	8799.15	116.17	22327.5	50115.5	2060.95	16453.5	365.46	24917.88	
muestra 2	8429.32	16957.36	38278.8	22327.5	1459.92	22327.46	27467.4	33802.9	
muestra 3	4545.41	35953.27	28207.7	25341.2	8463.79	16795.42	16189.75	35418.89	
Lobina									
muestra 1	4842.08	5627.09	21130.8	30423.8	8778.6	1096.96	25376.83	29161.85	
muestra 2	7459.17	5640.23	16312.3	30978.4	8775.86	13870.6	44053.76	18851.99	
muestra 3	8772.32	9716.27	23378.7	24197.8	3955.78	15846.54	21537.76	33101.69	

Metal Ca		Cuadro No 11							
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	321.09	965.18	1789.81	766.47	118.95	767.17	4405.03	697.8	
muestra 2	441.02	828.9	2099.02	1789.81	110.93	2098.03	1737.67	1000.4	
muestra 3	759.78	2792.86	1218.02	4285.81	432.84	484.69	1895.45	3271.96	
Lobina									
muestra 1	732.93	605.18	5209.48	1205.9	386.86	4859.61	13220.85	2436.99	
muestra 2	643.67	265.05	726.73	941.72	386.84	506.63	1567.13	2046.41	
muestra 3	1286.5	834.62	1125.7	1909.19	564.6 nr		2212.38	1039.63	

Metal: Fe		Cuadro No 12							
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	86.78	21.39	332.14	189.67	40.09	65.71	1290.98	139.46	
muestra 2	471.25	107.66	471.24	521.99	29.23	692.75	692.75	179.32	
muestra 3	506.69	943.57	516.27	569.96	126.49	25.66	1422.27	521.99	
Lobina									
muestra 1	313.47	348.01	751.44	511.76	296.15	575.18	696.87	866.16	
muestra 2	202.9	nr	492.82	206.2	210.14	163.72	684.99	305.38	
muestra 3	378.75	nr	1991.7	661.83	nr	149.08	154.59	288.62	

RESULTADOS

Cuadro No 13

Metal: Rb									
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	8.65	12.93	20.94	41.73	1.87	10.24	25.77	45.81	
muestra 2	13.66	46.25	44.04	nr	10.5	20.94	nr	29.27	
muestra 3	nr	nr	nr	nr	nr	16.03	nr	nr	
Lobina									
muestra 1	9.13	nr	nr	51.85	10.44	nr	24.57	15.87	
muestra 2	nr	nr	nr	27.24	18.44	nr	26.53	8.98	
muestra 3	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	26.83	

Cuadro No 14

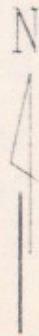
Metal : Pb									
Especie	punto 1 (poblado)				punto 2 (Petencito)				
	noviembre	diciembre	enero	febrero	noviembre	diciembre	enero	febrero	
Guapote									
muestra 1	nr	nr	nr	65.37	9.23	nr	nr	nr	
muestra 2	nr	nr	nr	125.61	nr	nr	nr	nr	
muestra 3	nr	nr	nr	136.4	nr	nr	nr	nr	
Lobina									
muestra 1	21.23	20.18	nr	nr	2.67	nr	125.61	nr	
muestra 2	37.94	nr	nr	nr	5.87	nr	nr	nr	
muestra 3	nr	nr	nr	nr	14.66	nr	nr	nr	

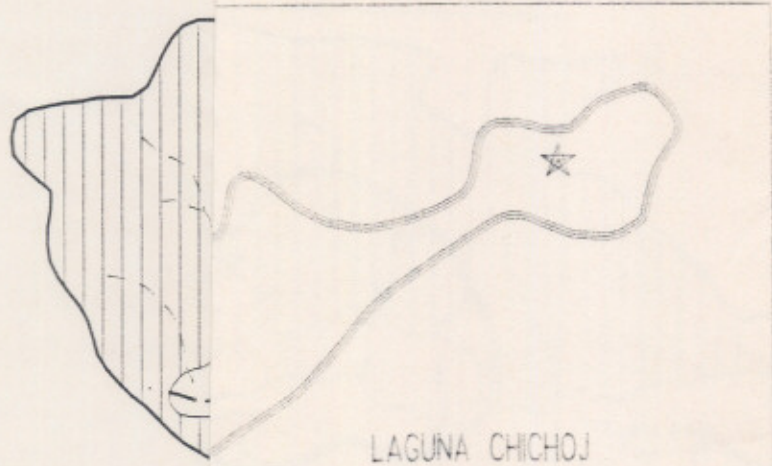
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GRATAMALA
Biblioteca Central



EN LA REGION N
EN EL DEPARTAM
EN EL MUNICIPI

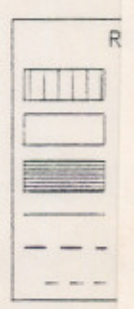
FUENTE :











LAGUNA CHICHOJ

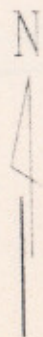
MUESTREO



FUEN



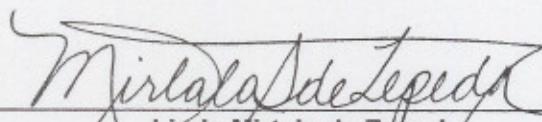
REFEREN	
	TIERRA
	TIERRA
	CUERPO
	CORRIE
	CORRIE
	CORRIE



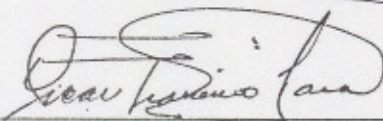
FUENTE



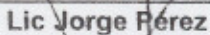
Nidia Alvarez Rangel
Investigadora



Licda Mirtala de Zepeda
Asesora.



Oscar Francisco Lara, M.Sc.
Director de la Escuela de Biología



Lic Jorge Pérez
Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia