

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

**“REEVALUACION DE LOS NIVELES DE PLOMO EN TEJIDO MUSCULAR DE
PECES - *Cichlasoma managuense* sp (Guapote o Pez Tigre)- DEL LAGO DE
AMATITLAN”**



INFORME FINAL DE TESIS

PRESENTADO POR

GUILLERMO ADOLFO MORÁN GÓMEZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO

GUATEMALA, ENERO DE 2011

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
1. Resumen -----	1
2. Introducción -----	2
3. Antecedentes -----	3
4. Justificaciones -----	4
5. Objetivos -----	5
6. Hipótesis -----	6
7. Materiales y Metodos -----	7
8. Resultados -----	13
9. Discusión de Resultados -----	18
10. Conclusiones -----	20
11. Recomendaciones -----	21
12. Referencias -----	22
13. Anexos -----	26

1. RESUMEN

El presente trabajo de tesis consistió en la evaluación de la cantidad de plomo presente en el tejido muscular del pez *Cichlasoma managüense*, para lo que se tomaron muestras en tres puntos diferentes del lago de Amatitlan, los cuales fueron: Rio Michatoya, Centro Lado Oeste y desembocadura del Rio Villalobos; a las muestras recolectadas se les realizó una digestión en horno de microondas, y la medición del plomo se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica.

Los resultados obtenidos se compararon con normas internacionales para alimentos de la FAO/OPS así como con los datos obtenidos por Hayro Garcia en el año 1997. Respecto a esto, se puede decir que se dieron variaciones en los niveles de plomo en cada punto de muestreo, reportándose valores inferiores en el análisis de t de student para cada punto en el presente estudio a los encontrados en 1997, pero sin variación significativa en las pruebas de hipótesis para las normas de FAO/OPS.

En vista de los resultados obtenidos se puede decir que si bien la contaminación por plomo no se ha incrementado, la pesca y consumo de *Cichlasoma managüense* continúa representando un peligro latente para la salud de los pescadores y pobladores de los alrededores del lago.

2. INTRODUCCION

Guatemala es un país que cuenta con variedad de recursos naturales, tanto de flora como de fauna y cuerpos de agua, así como de una gran cantidad de bosques. Sin embargo debido al crecimiento desordenado y sin control de la industria en nuestro país se han explotado en una forma inadecuada dichos recursos naturales, lo cual ha llevado a la desaparición de bosques y a la contaminación de los cuerpos de agua.

Este es el caso del lago de Amatitlán, que por encontrarse cerca de la capital se ha convertido en el destino de desechos tanto agrícolas e industriales como residenciales, lo cual ha llevado a que sea uno de los cuerpos de agua que presenta mayor contaminación en el país.

Sin embargo se han llevado a cabo esfuerzos para rescatar el lago por parte del gobierno a través de la Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán (AMSA), realizándose procesos de descontaminación y de tratamiento del agua de los ríos que desembocan en el mismo, pretendiendo de esta forma, disminuir o detener la contaminación, ya que el lago constituye una fuente de trabajo, recreación y de alimentación para los pobladores que habitan en los alrededores, realizándose actividades como la pesca y la agricultura. (24)

Entre los contaminantes presentes en el lago se encuentra el plomo; metal que representa un peligro para la salud de la población ya que posee una elevada toxicidad. En este estudio se midió y comparó el nivel de plomo en el tejido muscular de los peces *Cichlasoma managüense* (guapote o pez tigre) con el obtenido en el año de 1997 en esa misma especie en 3 puntos diferentes del lago: centro lado oeste, desembocadura del río Villalobos y río Michatoya, por medio de espectrofotometría de absorción atómica, para determinar si hubo cambios en cuanto a la cantidad de plomo presente en el tejido muscular de dicho pez. (7)

3. ANTECEDENTES

- 1999 Rosales, J. Realizó el estudio “Contaminación del lago de Amatitlán por desechos industriales” en el cual llegó a la conclusión que más de 700 fábricas contaminan el lago con desechos sólidos y líquidos. (2)
- 1997 García, H. Realizó un estudio sobre metales pesados en tejido muscular de *Cichlasoma managuense* encontrando que el plomo era uno de los mayores contaminantes presente en la cuenca del lago de Amatitlán. (7)
- 1996 Otaolaurruchi, R. Realizó un estudio sobre “Parámetros Hidrobiológicos del Lago de Amatitlán” en el cual llegó a la conclusión que el lago de Amatitlán presenta niveles elevados de fósforo por lo cual se considera como un lago eutrófico. (1)
- 1994 Montalvo, V. Realizó una evaluación de los niveles de nitratos y nitritos en las aguas del lago de Amatitlán en época lluviosa, concluyendo que las concentraciones elevadas de estas sustancias eran las responsables de la eutroficación del lago. (3)
- 1985 Peralta, L. Realizó un estudio sobre la “Determinación de la concentración de Alquil-bencensulfonatos en el lago de Amatitlán” concluyendo que las mayores concentraciones de éstos se encontraban en las regiones cerca del pueblo por la entrada del río Michatoya. (4)
- 1981 Gonzáles, J. Realizó un estudio sobre “Determinación de Cobre, Mercurio y Plomo en aguas y sedimentos del lago de Amatitlán”, en donde reportó que las concentraciones de plomo eran superiores a las normas internacionales. (5)

4. JUSTIFICACIONES

El lago de Amatitlán es un sistema lacustre en el cual se realiza la pesca artesanal para la venta y consumo de la población, además de actividades como el turismo y la recreación. Sin embargo debido a su cercanía con la ciudad de Guatemala y al desarrollo desordenado de la industria en los municipios que lo rodean es uno de los cuerpos de agua mas contaminados del país, por lo cual presenta elevados niveles de contaminantes entre los que se encuentra el plomo, el cual se acumula en el tejido muscular de peces como el *Cichlasoma managüense* (Guapote o Pez Tigre) , y al ser consumido por el ser humano puede provocar intoxicación y malformaciones congénitas. (21)

Por lo anterior es necesario continuar con las evaluaciones periódicas de plomo en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* comparando los resultados con estudios anteriores para establecer si con los procedimientos de descontaminación en el lago se logran disminuir los niveles de plomo o bien el consumo de los peces continúa representando un peligro para la salud de la población. Además por medio de la determinación de los niveles de plomo se contribuye con la evaluación del ecosistema del lago, para establecer si se encuentra en recuperación o bien continúa en un deterioro irreversible.

5. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVOS GENERALES:

4.1.1 Realizar un estudio comparativo de los niveles de plomo en tejido muscular de *Cichlasoma managüense* en 3 puntos diferentes del lago de Amatitlán.

4.1.2 Contribuir al conocimiento del grado de contaminación en el lago de Amatitlán por medio del estudio de los niveles de plomo en el tejido muscular en *Cichlasoma managüense*.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

4.2.1 Determinar si la cantidad de plomo presente en el tejido muscular de los peces se encuentran dentro de los niveles normales para consumo humano.

4.2.2 Comparar la medición actual con la realizada hace diez años.

4.2.3 Determinar si hay diferencias en el contenido de plomo en los diferentes puntos de muestreo establecidos.

6. HIPÓTESIS

El consumo de *Cichlasoma managüense* (Guapote o Pez Tigre) como alimento representa un peligro para la salud de los pobladores que habitan en los alrededores del lago de Amatitlán, por contener plomo en concentraciones mayores a las permisibles según normas internacionales de plomo en el tejido muscular.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 UNIVERSO O POBLACION:

Peces de la especie *Cichlasoma managüense* obtenidos del lago de Amatitlán.

7.2 MUESTRA:

Tejido muscular de peces *Cichlasoma managüense* obtenidos de 3 puntos de muestreo del lago de Amatitlán a los cuales se les determinará la cantidad de plomo que contienen.

7.3 RECURSOS HUMANOS:

Autor: Guillermo Adolfo Morán Gómez

Asesora: Licda. Carolina Guzmán Q.

Revisora: Licda. Mayté Donis de Recinos

Estadística: Lic. Federico Nave

Laboratorio Nacional de Salud: Licda. María del Carmen Castillo

AMSA: Lic. Hayro García

Licda. Elsa Jaugueri

7.4 RECURSOS INSTITUCIONALES:

- Biblioteca Central USAC
- Biblioteca Facultad de C.C.Q.Q. y Farmacia
- Biblioteca CEMA
- Departamento de Toxicología Escuela de Química Farmacéutica
- Laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
- Laboratorio Nacional de Salud
- Laboratorio AMSA

7.5 RECURSOS MATERIALES:

7.5.1 Material y Equipo de Laboratorio:

- Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito
- Lámpara para lectura de Plomo
- Triturador
- Centrífuga
- Balanza analítica
- Campana para extracción de gases
- Estufa
- Mufla
- Horno
- Bolsas plásticas, hielera, guantes.

7.5.2 Materiales para muestreo:

- Hielera
- Pinzas
- Bolsas
- Atarraya
- Caña de pescar
- Anzuelo libre de Plomo

7.5.3 Cristalería:

- Beakers
- Varillas de agitación
- Probetas
- Erlenmeyer
- Vidrios de reloj
- Crisoles
- Balones aforados
- Pipetas
- Matraces
- Perillas para pipeta

Materiales de Oficina:

- Papel
- Tintas
- Computadora
- Folders
- Ganchos

7.5.4 Reactivos:

- HNO_3 ultra puro grado suprapur.
- HCl 1N
- Pb estándar (1000ppm)
- EDTA 0.5% v/v
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (5000 mcg/ml)
- Agua bidestilada

7.6 METODOS

7.6.1 PROCEDIMIENTO GENERAL:

- Recolección de peces en 3 puntos diferentes del lago de Amatitlán siendo estos la desembocadura del río Villalobos, centro lado oeste y río Michatoya.
- La recolección se realizó con pescadores del lugar navegando hasta los puntos establecidos utilizándose atarraya.
- Las muestras recolectadas se mantuvieron en congelación lo cual conserva el Plomo para su posterior análisis.
- Preparación de la muestra para su análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.
- Determinación de los niveles de plomo en el tejido muscular de los peces recolectados en el lago.
- Comparación de los niveles obtenidos con los estándares internacionales.
- Interpretación de resultados y documentación

7.6.2 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS:

Preparación de la Muestra:

- Pesar el pez en balanza analítica.
- Homogenizar el tejido muscular del pez en licuadora.
- Pesar 1g del tejido en balanza analítica.
- Colocar en tubos de teflón de 55ml (especiales para digestión en microondas) y agregar 10ml de HNO₃ concentrado ultra puro.
- Preparar la solución blanco con 10 ml de HNO₃ concentrado ultra puro en un tubo de teflón.
- Colocar la muestra homogenizada y la solución blanco en el Horno Microondas para la digestión. (ver metodología en Anexo 6)

- Trasvasar las muestras digeridas y la solución blanco a balones aforados de 25ml y llevar a volumen con agua bidestilada.

Preparación de La solución Patrón de 0.1ppm:

- En un balón de 25ml colocar 100 μ L de la solución estándar de plomo de 1000 ppm y llevar a volumen con agua bidestilada, para obtener una solución de 4ppm.
- Tomar una alícuota de 625 μ L de la solución de 4ppm y llevar a volumen con agua bidestilada en un balón de 25ml, para obtener una solución de 0.1ppm.

ENSAYO:

- Colocar en el carrusel del espectrofotómetro las muestras digeridas, solución patrón de plomo de 0.1ppm, solución de fosfato monoácido de amonio (modificador de matriz) y solución blanco.
- Programar el espectrofotómetro para que prepare una curva de calibración con concentraciones de 0.02, 0.04 y 0.08 ppm, diluyendo la solución patrón de 0.1ppm con el blanco.
- Automáticamente el equipo comenzará el análisis efectuando la lectura de estándares y muestras, adicionando el modificador de matriz según programación (ver anexo 7 y 8).
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos por cada punto de muestreo.

7.6.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION:

- **Muestras y Diseño de muestreo:** Se colectaron 15 peces por cada punto de la especie *Cichlasoma managüense*. El diseño de la investigación es de tipo cuasi-experimental donde se escogen 3 lugares que son independientes uno de otro. La colecta de los peces se realizó con los pescadores del lugar, donde se navegó hasta cada punto de los establecidos y se utilizó atarraya para pescar. La cantidad de muestras se calcularon estadísticamente para comparar los 3 puntos para un nivel alfa = 0.05, con una variación esperada de 3.38ppm y un limite de error de 1.54ppm. (Ver anexo 12)
- **Análisis de Resultados:** El análisis estadístico de los resultados se realizó con base en una comparación con las normas de límites máximos permitidos en normas internacionales (FAO/OPS) por medio de pruebas de hipótesis binomial. Utilizándose la distribución T de student del promedio de Pb en cada punto con respecto a los valores reportados hace 10 años (18):

$$H_o = M_{(\text{conc.pb actual})} > M_{(\text{conc. pb hace 10 años})}$$

$$H_a = M_{(\text{actual})} < M_{10 \text{ años}}$$

7.6.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS:

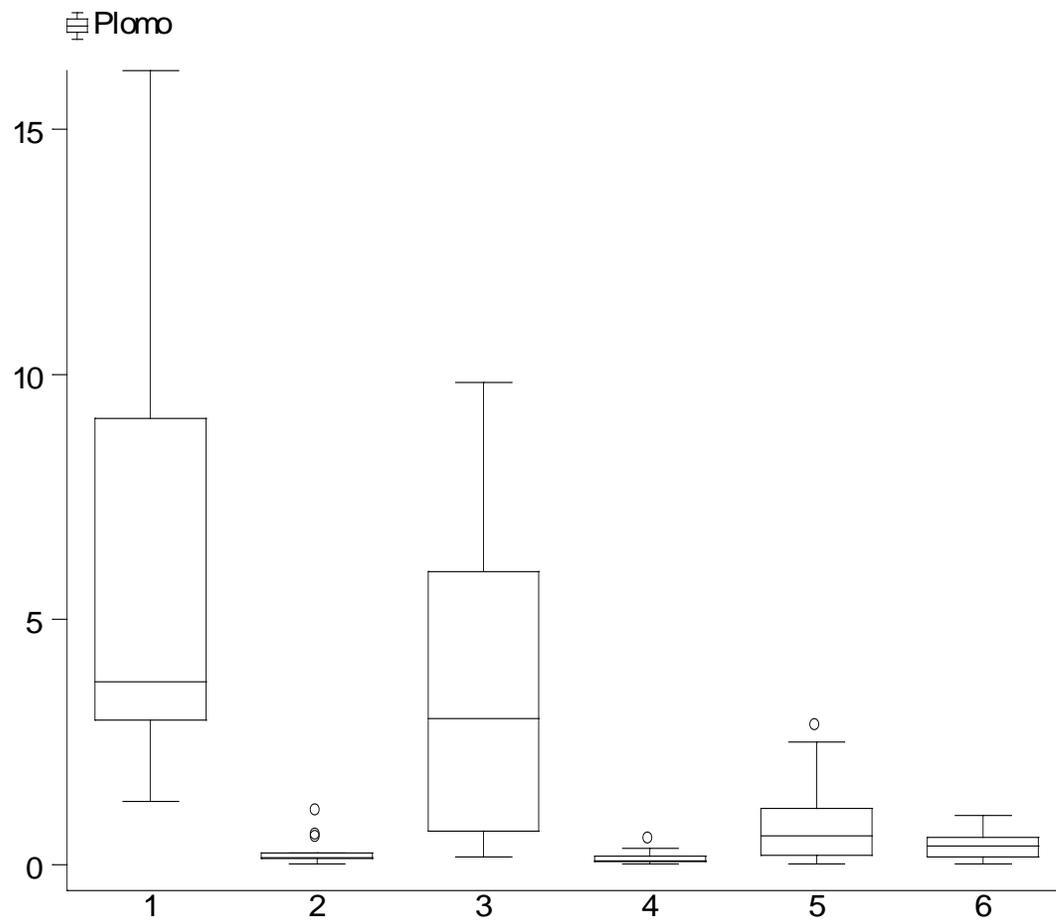
- Los resultados se expresan en ppm para el parámetro analizado
- Se calculó la cantidad de plomo presente en tejido muscular de peces del lago de Amatitlán y con base en los resultados, se analizaron las implicaciones en la salud de los habitantes de la cuenca del lago.
- Se compararon los resultados con los obtenidos por el Lic. Hyro García en el año de 1997 (7).

8. RESULTADOS

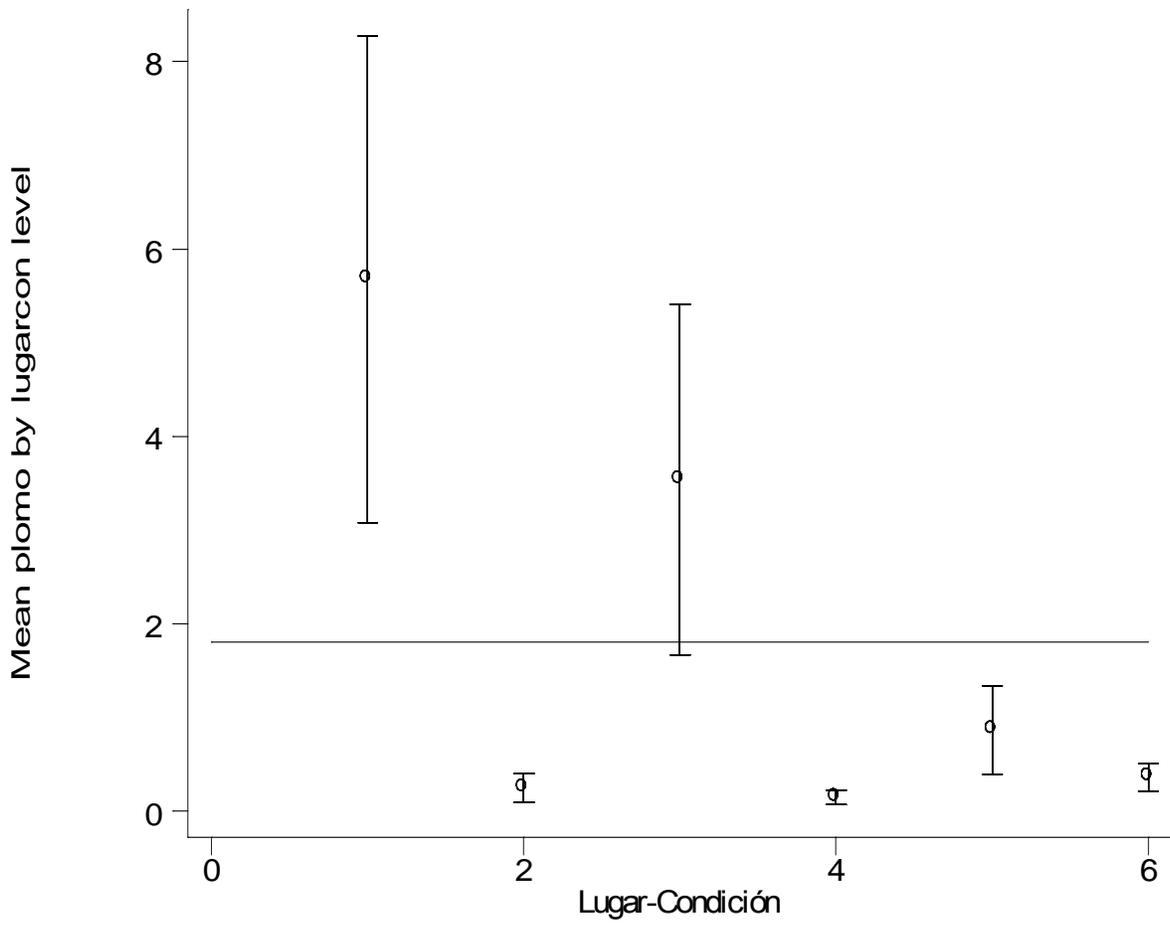
8.1 RESULTADO DE PLOMO EN TEJIDO MUSCULAR DE PECES

	Villalobos	Centro Oeste	Rio Michatoya	
No. muestras	Plomo	Plomo	Plomo	Limites FAO/OPS
1	1,061	0,0513	0,65	0,05
2	0,525	0,171	0,296	0,05
3	0,0135	0,0179	0,552	0,05
4	0,235	0,0689	0,617	0,05
5	0,067	0,0233	0,387	0,05
6	0,562	0,486	0,0129	0,05
7	0,118	0,325	0,454	0,05
8	0,135	0,156	0,0225	0,05
9	0,145	0,0807	1,005	0,05
10	0,135	0,313	0,194	0,05
11	0,133	0,0315	0,382	0,05
12	0,132	0,122	0,0572	0,05
13	0,135	0,0794	0,405	0,05
14	0,137	0,171	0,221	0,05
15	0,127	0,0755	0,158	0,05
promedio	0,2440	0,1448	0,3609	0,05
Desv. Est.	0,2730	0,1338	0,2716	7,18244E-18

GRAFICA No. 1



GRAFICA No. 2



Lugar	Condición	Lugar-Condición	Plomo
Villalobos	Antes	1	16.21
Villalobos	Antes	1	1.28
Villalobos	Antes	1	1.3
Villalobos	Antes	1	5.02
Villalobos	Antes	1	2.95
Villalobos	Antes	1	9.1
Villalobos	Antes	1	12.1
Villalobos	Antes	1	3.35
Villalobos	Antes	1	3.14
Villalobos	Antes	1	13.46
Villalobos	Antes	1	3.84
Villalobos	Antes	1	2.76
Villalobos	Antes	1	3.73
Villalobos	Antes	1	3.088
Villalobos	Antes	1	3.84
Villalobos	Después	2	1.061
Villalobos	Después	2	0.525
Villalobos	Después	2	0.0135
Villalobos	Después	2	0.235
Villalobos	Después	2	0.067
Villalobos	Después	2	0.562
Villalobos	Después	2	0.118
Villalobos	Después	2	0.135
Villalobos	Después	2	0.145
Villalobos	Después	2	0.135
Villalobos	Después	2	0.133
Villalobos	Después	2	0.132
Villalobos	Después	2	0.135
Villalobos	Después	2	0.137
Villalobos	Después	2	0.127
Centro Oeste	Antes	3	0.45
Centro Oeste	Antes	3	0.15
Centro Oeste	Antes	3	0.17
Centro Oeste	Antes	3	0.86
Centro Oeste	Antes	3	9.45
Centro Oeste	Antes	3	3.18
Centro Oeste	Antes	3	7.45
Centro Oeste	Antes	3	0.68
Centro Oeste	Antes	3	5.4
Centro Oeste	Antes	3	4.28
Centro Oeste	Antes	3	5.98
Centro Oeste	Antes	3	9.83
Centro Oeste	Antes	3	0.95
Centro Oeste	Antes	3	1.24
Centro Oeste	Antes	3	2.98
Centro Oeste	Después	4	0.0513
Centro Oeste	Después	4	0.171
Centro Oeste	Después	4	0.0179
Centro Oeste	Después	4	0.0689
Centro Oeste	Después	4	0.0233
Centro Oeste	Después	4	0.486
Centro Oeste	Después	4	0.325
Centro Oeste	Después	4	0.156

Centro Oeste	Después	4	0.0807
Centro Oeste	Después	4	0.313
Centro Oeste	Después	4	0.0315
Centro Oeste	Después	4	0.122
Centro Oeste	Después	4	0.0794
Centro Oeste	Después	4	0.171
Centro Oeste	Después	4	0.0755
Michatoya	Antes	5	0.18
Michatoya	Antes	5	0.12
Michatoya	Antes	5	0.015
Michatoya	Antes	5	0.25
Michatoya	Antes	5	1.15
Michatoya	Antes	5	0.46
Michatoya	Antes	5	0.087
Michatoya	Antes	5	0.59
Michatoya	Antes	5	2.5
Michatoya	Antes	5	1.13
Michatoya	Antes	5	1.11
Michatoya	Antes	5	1.15
Michatoya	Antes	5	1.16
Michatoya	Antes	5	2.8
Michatoya	Antes	5	0.25
Michatoya	Después	6	0.65
Michatoya	Después	6	0.296
Michatoya	Después	6	0.552
Michatoya	Después	6	0.617
Michatoya	Después	6	0.387
Michatoya	Después	6	0.0129
Michatoya	Después	6	0.454
Michatoya	Después	6	0.0225
Michatoya	Después	6	1.005
Michatoya	Después	6	0.194
Michatoya	Después	6	0.382
Michatoya	Después	6	0.0572
Michatoya	Después	6	0.405
Michatoya	Después	6	0.221
Michatoya	Después	6	0.158

9. DISCUSION DE RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos sobre la cantidad de plomo en el tejido muscular de peces del lago de Amatitlan, se puede decir que el grado de contaminación encontrado en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* es variable dependiendo de que punto de muestreo provenga la muestra analizada. Si se toma en cuenta el centro lado oeste del lago se puede decir que este lugar presenta niveles menores de contaminación con respecto a los demás puntos muestreados, lo cual concuerda con la información de contaminantes en esta área del lago; de acuerdo a los datos obtenidos y registrados en AMSA (Autoridad para el manejo sostenible de la cuenca y del lago de Amatitlan), una de las razones a las que se debe esto, es porque esta área se encuentra más alejada de la desembocadura del río Villalobos por lo tanto hay una menor descarga de contaminantes hacia ese lado del lago. Además, la presencia del relleno en esta área limita la circulación de agua y por lo tanto la circulación de contaminantes en este punto de muestreo.

Con respecto a los resultados de la desembocadura del río Villalobos (0.244mg/Kg), se puede decir que el análisis de t de student para los niveles de contaminación por plomo encontrados en el tejido muscular de los peces presenta una $p=0.00026$, por lo cual hay una diferencia significativa con los valores reportados en el estudio de Hayro Garcia; una de las razones posibles de esto, es que en la cuenca del río Villalobos ha disminuido la descarga de plomo debido a la aplicación del decreto 68-86, el cual limita la descarga de este contaminante en las cuencas y cuerpos de agua del país. Sin embargo, en esta área es en la que se puede observar la mayor cantidad de desechos sólidos en el lago, los cuales son removidos y almacenados en lagunas de sedimentación, lo cual puede constituir la fuente de plomo encontrado en el tejido muscular de los peces recolectados en este punto de muestreo.

Con respecto a los resultados obtenidos en la desembocadura del río Michatoya (0.3609mg/Kg), es el área que presenta los mayores niveles de contaminación por plomo en el tejido muscular de los peces con respecto a los otros puntos muestreados; ésto puede ser provocado por el contaminante acumulado en las aguas del lago, debido a la descarga del metal en tiempos anteriores, ya que el río Michatoya es el punto por donde sale el agua del lago de Amatitlan.

De lo anterior puede decirse, que si bien la contaminación por plomo en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* no presenta variaciones significativas en los análisis de la prueba de hipótesis binomial con respecto a la norma, los valores de t de student para cada punto de muestreo han decrecido de manera significativa con respecto a los estudios realizados en 1997. También es importante mencionar que los esfuerzos por detener el deterioro del lago de Amatitlan son alentadores, por lo cual se espera que la cantidad de este contaminante disminuya a niveles en los cuales la toxicidad de este elemento deje de representar un riesgo para la calidad de vida de las personas que habitan en los alrededores del lago.

10. CONCLUSIONES

1. El análisis de hipótesis binomial de los valores de plomo encontrados, no presenta variaciones significativas con respecto a la norma de FAO/OPS para plomo.
2. El análisis de t de student para cada punto de muestreo presenta una disminución significativa de plomo en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* con respecto a los valores obtenidos en el estudio de 1997.
3. Hay diferencia en la cantidad de plomo en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* en los puntos de muestreo analizados.
4. El consumo de *Cichlasoma managuense* por los habitantes de los alrededores del lago representa un riesgo para la salud de estas personas, por la cantidad de plomo que contienen.
5. Las acciones tomadas para detener el deterioro del lago han contribuido para que la contaminación por plomo no aumentara.

11. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de niveles de plomo en los peces *Cichlasoma managuense* en la estación seca para determinar diferencias según la época.
2. Realizar estudios de contaminación por plomo en especies de peces diferentes al *Cichlasoma managuense* como por ejemplo, tilapia, la cual también es ampliamente consumida por pobladores del lago.
3. Tomar en cuenta los ciclos de reproducción y los hábitos alimenticios de los peces para posteriores estudios de plomo en el tejido muscular del pez.
4. Realizar estudios en los que se determine niveles sericos de plomo debidas a este elemento, en los pobladores de los alrededores del lago de Amatitlan que incluyan a la especie *Cichlasoma managüense* en su dieta alimenticia, de tal manera de poder establecer si se relaciona estado de salud Vrs. contaminante alimenticio.

12. REFERENCIAS

1. Otaolaurruchi, Albert. 1996 Parámetros Hidrobiológicos del lago de Amatitlán. Tesis Licenciado en Acuicultura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas (CEMA).
2. Santiago R. Justo Rufino. 1999. Contaminación del lago de Amatitlán por Desechos Industriales. Guatemala. Tesis Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial.
3. Valladares Montalvo, Mario. 1994. Evaluación de los Niveles de Nitritos y Nitratos en las Aguas del lago de Amatitlán en Época Lluviosa. Guatemala. 46p. Tesis Licenciado Químico Farmacéutico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.
4. Peralta Azmitia, Lucrecia Margarita. 1985. Determinación de la Concentración de Alquil-bencensulfonatos en el lago de Amatitlán. 33p. Tesis Licenciada Química Farmacéutica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.
5. Pineda Gonzales, Jose Ramon. 1981. Determinación de Cobre, Mercurio y Plomo en aguas y sedimentos del Lago de Amatitlán. 46p. Tesis Licenciado Químico Farmacéutico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química Farmacéutica.
6. Cardona, J.1995. Muestreo de la calidad ambiental de la playa pública del lago de Amatitlán. Tesis Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

7. García, Hyro. 1997. Determinación y Cuantificación de Metales pesados y sustancias tóxicas por Métodos Espectrofotométricos en tejido muscular de *Cichlasoma managuense* en el lago de Amatitlán. 61p. Tesis Licenciado en Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Biología.
8. Plan Maestro de Manejo Integrado del Lago de Amatitlán y sus Cuencas Tributarias (PLANDEMAT). 2000. AMSA.
9. Manual Merck. 1999. Madrid España. Ediciones Harcourt. 10ma ed.
10. Cruz, G. 1990. Peces de Agua dulce de Guatemala, Vertiente del pacífico. Tesis Licenciado en Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Biología.
11. Basterrechea Díaz, M. 1997. El Lago de Amatitlán: Década de Estudios Limnológicos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 41p.
12. Kihn Pineda, Pablo H. 2006 Peces de las Áreas Protegidas de Guatemala (Zonas Costeras y Humedales de la Vertiente del Pacífico). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. CEDOF.
13. Dreisbach, R. 1990. Manual de Toxicología Clínica. Prevención, diagnóstico y tratamiento. 5ta. Edición. México. Manual Moderno.
14. Bernabei, D. 1994. Manual para el Laboratorio. Printed Germany. Editor Merck.
15. Coloma Samuel y Orellana Pablo. 1996. Distribución Espacial y Composición General de Egeria Densa en el Lago de Amatitlán.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas. CEMA.

16. Ladrón de Guevara & Moya Pueyo. 1995. Toxicología Médica, Clínica y Laboral. España. Editorial Interamericana. McGraw-Hill.
17. AOAC. Official Methods of Analysis. 1984. Tomo I,II. 14th. Edición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Unidad de Análisis Instrumental.
18. Nave, F. 2007. Método Estadístico. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Área Bioestadística. (entrevista Personal).
19. Amado de Zeissig, J. 1973. Investigación de Insecticidas Residuales en la Fauna Marina. Universidad de San Carlos de Guatemala. Editorial Universitaria. Colección "Monografías".
20. Krupp, Marcus. 1986. Manual de Diagnóstico Clínico y Laboratorio. 8va. Edición. México. Editorial Manual Moderno, S.A.
21. Goodman y Gilman. 1996. Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica. 9a Edición. México. Editorial Interamericana. Volumen I y II.
22. Siegel, S. 1988. Non Parametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2nd. ED. USA. McGraw-Hill Book Company.
23. True/Dreisbach. 2003. Manual de Toxicología Clínica de Dreisbach: prevención, diagnóstico y tratamiento. 7^a. Edición. México. El Manual Moderno.

24. La Cuenca y el Lago de Amatitlán. 2006. AMSA.
25. American Journal of Industrial Medicine, 2007. <http://www.ntoxmet.it>
26. www. Toxicologia.cl/servitox%20noticias./brescia.htm.
27. Norma Oficial Mexicana. 1993. www.normasmexicanas.com
28. Bussing, William. 1990. Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 182p-208p.
29. <http://www.marn.gob.gt>
30. Manual de Funcionamiento del Espectrofotometro de Absorción Atomica. Mayo 2004. AMSA.

ANEXOS

INDICE ANEXOS:	PAG.
1. Amatitlán-----	1
2. Mapa de muestreo-----	13
3. Cichlasoma managüense-----	14
4. Toxicidad del Plomo-----	16
5. Declaracion de Brescia -----	19
6. Metodología Horno Microondas.-----	23
7. Metodología Espectrofotómetro de Absorción Atómica -----	24
8. Atomización en Horno de Grafito-----	25
9. Resultados de Plomo de Hyro Garcia-----	30
10. Mapa Amatitlan-Guatemala-----	31
11. Decreto 68-86 -----	32
12. Datos Estadísticos-----	43

ANEXO 1

MUNICIPIO DE AMATITLAN



SITUACION GEOGRAFICA:

El municipio de Amatitlán se encuentra ubicado en la parte sur del departamento de Guatemala, (sur de la cuenca del lago) a 28 Km de la ciudad capital. Es uno de los siete municipios con mayor influencia en el deterioro del lago.

LIMITES:

- Norte: Municipio de Villa Nueva y Villa Canales
- Sur: Palín y San Vicente Pacaya (Escuintla) y Villa Canales
- Este: Villa Canales
- Oeste: Magdalena Milpas Altas y Santa Maria de Jesús (Sacatepéquez)

ELEVACION:

La cabecera municipal se encuentra a 1,189.95msnm.

TEMPERATURA ANUAL: 22°C

HUMEDAD: 50%

CLIMA: Templado

ACCIDENTES GEOGRAFICOS:

Sierra: Monterrico

Cerros: Cardona, Cerro Grande, Cerro Chiquito, De Corado, El Filón, El Morlón, Hoja de Queso, La Mariposa, La Montaña, La Mujer Dormida, La Pipa, Limón, Mal Paso, Palencia, Santa María, y Silla de Los Órganos.

ASPECTOS HIDROGRAFICOS:

Río: Michatoya

Zanjones: Malena y Mico

Lago: Lago de Amatitlán

Laguna: Calderas, ubicada en la aldea del mismo nombre, a inmediaciones del Volcán de Pacaya, a una altura de 1778msnm.

INTEGRACION TERRITORIAL:

Su jurisdicción municipal comprende una población denominada “Ciudad” que es la cabecera municipal, 14 aldeas, 15 caseríos, 34 fincas y 45 colonias aproximadamente.

ETIMOLOGIA:

Según Francisco Gall, el vocablo Amatitlán proviene de la lengua mexicana Náhuatl y de la lengua pipil, y significa “Ciudad de las cartas” o del correo. “Amat” significa “carta”, “Tlan” es “ciudad”. Amatitlán recibía indistintamente esta designación o la de Chichoy, voz cakchiquel, que significa “en el lugar de la laguna”; prevaleciendo la primera denominación según la opinión de Gage y muchos otros historiadores.

RESEÑA HISTORICA:

La fecha oficial de fundación es el 24 de junio de 1,549, año importante para los españoles en cuanto a la reducción de los indígenas a los poblados, durante la presidencia de Don Alonso López de Cerrato. El patrón titular de la parroquia y poblado es San Juan Bautista Amatitlán.

En 1,680 (20 de mayo) se expide Real Cédula dándoles títulos de “Villa “ a los poblados de Amatitlán y Petapa. En 1,835 (28 de agosto) la Villa de Amatitlán,

pasa a ser "Ciudad". En 1,839 (8 de noviembre) la Asamblea dicta el decreto 35 creando el distrito independiente de Amatitlán formado por: San cristóbal Amatitlán (Palín), Villa Nueva, Petapa, Santa Inés Petapa (Villa Canales), la ciudad de Amatitlán y lugares anexos a estas poblaciones. En 1935 (29 de abril) acuerdo incorporando a Amatitlán como "Municipio " al departamento de Guatemala.

IDIOMA: El idioma predominante es el español. Algunas lenguas y dialectos mayas son utilizados por personas que se dedican al comercio de productos en el mercado municipal.

LUGARES TURISTICOS:

- Playa pública del Lago
- Dos Bayas
- Hotel y balneario Santa Teresita
- Balneario la Ceiba
- El relleno

POBLACION:

El número de habitantes del municipio de Amatitlán es de 82, 870 según dato estimado por el instituto Nacional de Estadística, 2002

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA:

Según datos del Censo IV habitacional y IX de Población, la PEA es de 29,102.4 personas entre hombres y mujeres. La población a partir de los 7 años de edad, se le considera económicamente Activa y se divide entre ocupada y desocupada. En el ámbito de los municipios de la cuenca, la distribución de la PEA varía en cuanto a las principales actividades económicas a que se dedican. En Amatitlán las principales actividades son : la agricultura, pecuaria, industria, artesana, pesca, construcción y turismo; predominando el visitante nacional sobre el internacional.

SALUD:

Se cuenta con el Centro de Salud Modelo y los puestos de salud ubicados en el área rural los cuales son coordinados por el Hospital Nacional de Amatitlán y supervisados por la jefatura de área del Ministerio de Salud. En el año de 1,985 se establece la Unidad Asistencial del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social ubicada en el barrio Hospital a inmediaciones del Hospital Nacional.

Cantidad de Instituciones de Salud

Descripción	Cantidad
Hospital Nacional	01
Hospitales Privados	04
Centros de Salud Modelo	01
Farmacias Estatales	02
Farmacias Privadas	30
Unidad Asistencial del IGSS	01
Botiquín Rural	06
Puestos de salud	03 (Los Cerritos, Llano de Ánimas, y Calderas)

SERVICIO DE AGUA:

El sistema municipal de agua para consumo humano abastece a 5,855 usuarios de la ciudad de Amatitlán, para lo cual recurre a 8 pozos mecánicos y al manantial denominado El Barretal. La tarifa actual es de Q. 10.00 por abastecimiento de 30,000/litros/mes siendo una de las más bajas a nivel nacional. Debido a la demanda existente, varias empresas particulares surten del vital líquido a buena parte de la población, a través de pozos propios abastecen a 3,827 usuarios de diversas colonias de la ciudad, quienes pagan tarifas que oscilan entre Q18.00 y Q58.00 mensuales.

Los pozos municipales que abastecen a la ciudad, son los siguientes:

- Pozo No. 1 Mercado Municipal No.2
- Pozo No. 2 Calzada Asiole, San Nicolás
- Pozo No. 3 Pozo Slowing
- Pozo No. 4 Plazuela del Cementerio
- Pozo No. 5 Estadio Municipal
- Pozo No. 6 Finca el Rosario

Además 1,500 usuarios de varias aldeas reciben el servicio a través del sistema de agua rural que ellos mismos administran. Actualmente, existen “llena cantaros” ubicados en: Chorrito, Callejón Collins, Barrio San Lorenzo, Aceros Arquitectonicos, 4^a Ave., final beneficio Michatoya y Cementerio General.

Los pobladores de la aldea de calderas hacen uso del agua de la laguna del mismo nombre, y algunos ubicados en la riberas del Lago de Amatitlán utilizan sus aguas para diversas actividades.

RESIDUOS LIQUIDOS:

Amatitlán drena sus aguas residuales domésticas e industriales al Río Michatoya, sin tratamiento previo contribuyendo a su deterioro. Las aguas de dicho río son utilizadas por algunos pobladores para el lavado de ropa e higiene personal; así también para la pesca, riego de cultivos y producción de energía a través de la Hidroeléctrica Jurún Marinalá.

RESIDUOS SÓLIDOS:

Los residuos sólidos que se generan en el municipio, causan una serie de impactos negativos al ambiente debido al insuficiente sistema de recolección y disposición final de los mismos y a la despreocupación de los pobladores ante los problemas ambientales.

El servicio municipal de recolección de basura atiende a 1,612 usuarios en la ciudad de Amatitlán. Existen además tres empresas privadas que también proporcionan el servicio y que disponen los residuos en el vertedero controlado del Km 22.5, único lugar autorizado para el efecto.

Al no ser recolectados los residuos sólidos por la municipalidad o las empresas privadas, éstos contaminan áreas públicas o terrenos baldíos, ocasionando problemas de diversa índole, siendo sus consecuencias principales: malos olores, generación de gases, lixiviados, contaminación del aire, incendios, plagas o vectores de enfermedades, deterioro del paisaje y problemas de carácter social.

PRODUCCION AGRICOLA:

Puede decirse que el suelo del municipio de Amatitlán es generalmente fértil, se cultiva a gran escala: café, maíz, frijol, tabaco, maní, legumbres, hortalizas, frutas de varias especies como naranja, limón, mandarina, banano y jocote de corona entre otros. La producción agrícola satisface el consumo interno y algunos productos causan excedentes para comercio exterior. Otros productos que se obtienen en menor escala: ejote, arveja, yuca, guisquil, cebolla, ajo, rábano, pepino, chiltepe, apio, puerro, cilantro, perejil, garbanzo, chipilín, uva, caña de azúcar, granada, granadilla y lima.

PESCA:

La pesca en Amatitlán se practica desde antaño, y varios pobladores la desempeñan como una actividad económica. Otros practican la pesca como esparcimiento y deportistas que la practican en sentido de competencia, la pesca se da todo el año, de preferencia en la época de invierno durante los meses de mayo a octubre.

Los lugares en donde hay mayor pesca en el lago son: El relleno, El tabón, El caballon, Las peñas, El Bebedero del Llano, los Tulares, La Barca, los Cushinales, El Rincón de Murga y El Cuadro.

Las variedades de peces son: pupos, mojarras, guapotes, pepescas y tilapia.

TURISMO:

El turista nacional se convierte en el mayor generador de ingresos al municipio. La playa pública del Lago de Amatitlán se ve revestida de familias en busca de sana diversión y entretenimiento. Ventas de comida popular, restaurantes, paseos en lancha se convierten en el mayor atractivo del lugar. Además, Amatitlán cuenta con una variedad de parques, piscinas, hospedajes, ríos, entre otros.



CUENCA DEL LAGO DE AMATITLAN

Se encuentra ubicada en el Valle de las Vacas o de la Ermita, departamento de Guatemala, situada entre tres sistemas de fallas: Mixco, Pinula y Jalpatagua, formando el "Graben" en donde se encuentran asentados la mayor parte de los municipios del departamento.

Tiene una extensión de 381.31Km², ubicada en la zona de la provincia Fisiográfica de la Sierra Madre. Esta cuenca es una subcuenca del río María Linda, o sea, una parte de la cuenca del mencionado río y se ubica dentro de las coordenadas 14⁰42' a 90⁰16'86'' longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Los límites de la cuenca son los siguientes: al Norte con la divisoria continental de aguas (Calzada Roosevelt y Boulevard Liberación hasta los Arcos en la Ciudad de Guatemala) y la cuenca del río Motagua de la Vertiente del Océano Atlántico; al Oeste con la cuenca del río Achiguate; al Este con la cuenca del río Los Esclavos; al sur con el río Michatoya y parte media del río María Linda, que constituye una de las cuencas de la Vertiente del pacífico. La altitud varía entre 1,186 2,500 msnm.

La cuenca está formada por catorce municipios, algunos del departamento de Guatemala y otros del departamento de Sacatepéquez, de éstos, siete tienen influencia directa en el lago debido al impacto producido por la degradación de los recursos naturales, siendo: Villa Nueva, Villa Canales, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Mixco, Amatitlán y Guatemala (parte sur de la capital Zona 7, 11, 12, 13 y 21). La población de la cuenca es, aproximadamente, 2,000,000 de habitantes; siendo Villa Nueva el municipio más poblado, ubicándose el 79% en el área urbana y cuyo 34% pertenece a la población Económicamente Activa –PEA-.

Los suelos que conforman la Cuenca del Lago son, básicamente, formaciones de origen volcánico de diferentes épocas las que a través del tiempo han ido consolidándose hasta llegar a formaciones de roca.

La cuenca del lago de Amatitlán es sumamente susceptible a la erosión debido a que sus pendientes son superiores a 20%.

HIDROGRAFIA:

El río Villalobos es el principal río del área, inicia a una altura de 1480mts. Sobre el nivel del mar. Para 1978 el río Villalobos ya presentaba elevada contaminación de sólidos en suspensión y altas concentraciones de Plomo, fósforo, potasio, sodio, nitratos y nitritos entre otros. Se ha detectado una elevada contaminación con excretas, evidenciada a través de la presencia de coniformes fecales, provenientes de las descargas de aguas negras. Se calcula que el río arrastra al lago 75,513 toneladas de desechos sólidos por año. El río Villalbos arrastra gran cantidad de tierra debido a la erosión de los suelos y a la actividad minera que realizan algunas empresas para la fabricación de materiales de

construcción, urbanizaciones y extracción de arena. Todo esto provoca que el lago de Amatitlán disminuya el área y su volumen se agota. En los últimos años el lago ha perdido aproximadamente 26,000 m² de extensión.

LAGO DE AMATITLAN:

El lago de Amatitlán tiene sus orígenes en la era cuaternaria y su formación se debe a los movimientos tectovolcánicos ocurridos en el área y provocados por los volcanes Pacaya, Agua, Fuego y Acatenango. Durante esta época su extensión era de aproximadamente 80 Km² ocupando la superficie de los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, Villa Canales ya que se han encontrado fósiles de caracoles y pequeños esqueletos de peces, durante excavaciones realizadas en esos lugares.

El lago de Amatitlán puede ser considerado como dos lagos, debido a que las características físicas, químicas y biológicas de cada parte son diferentes. El lado oeste recibe los vertidos residuales de la zona sur de la ciudad capital que incluye los municipios de Mixco, Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Santa Catarina Pinula entre otros. Este punto tiene la ventaja de descargar sus aguas en el río Michatoya. La mayor descarga residual de agua en el centro lado oeste, es derivada por la escorrentía de las agrícolas (beneficios de café, agrocultivos, ingenio de azúcar) que acarrea gran cantidad de fertilizantes, plaguicidas, biocidas, etc. Este cuerpo hídrico tiene una clasificación de monomítico cálido. Este recurso natural tiene un alto grado de eutroficidad por los nutrientes que recibe como el nitrógeno y el fósforo derivado de las industrias, del sector agroindustrial así como de las aguas domésticas, entre otras. La columna de agua ha sufrido un desequilibrio ya que en la parte superficial del lago sus características son las siguientes: pH alcalino, turbiedad alta, oxígeno disuelto, temperatura alta, transparencia baja, sólidos en suspensión altos y en la parte profunda pH ácido, oxígeno disuelto muy bajo, temperaturas muy bajas, los sólidos en suspensión muy altos.

FLORA: En el lago existen varias clases de plantas. En sus orillas se encuentran plantas como la *Jussiaea Peruviana*, o hierba de clavo, la *Typha Scirpas* o tul. Otras plantas flotan, como la *Eichhomia Crassipes* conocida como lechugilla o ninfa. Entre las algas esta la *Mycrocystis aeruginosa* (nata verde flotante) que produce un olor similar al gamezán, provoca irritación en la piel y al ser ingerida produce vómitos pudiendo ocasionar la muerte.

Las algas se han producido en exceso debido a las grandes cantidades de Fósforo y Nitrógeno que llegan al lago provenientes de las aguas residuales domésticas, industriales y agroindustriales sin ningún tipo de tratamiento, las cuales son transportadas por el río Villalobos.

FAUNA: A la llegada de los españoles en el lago existía una especie de pez pequeño llamado mojarra azul (*Cichlasoma guttulatum*), especie endémica del lugar. Su alimentación era herbívora ya que se alimentaba de algas y plantas acuáticas, posteriormente se introdujo otra especie de pez, también herbívora: la pepesca (*Astianax fasciatus*).

Alrededor de 1940, nuevamente fue sembrada otra especie en el Lago conocida popularmente como guapote o pez tigre (*Cichlasoma managuense*) que vive en la actualidad, es una especie de pez carnívoro, el cual se alimenta de las especies herbívoras y omnívoras, provocando un desequilibrio en el ecosistema del lago. Este hecho ocasiono también la proliferación de algas (fitoplancton) y plantas acuáticas flotantes como la lechugilla.

Otro de los especímenes que se encuentra en gran proporción es el (*Cichlasoma macracanthum*) o mojarra negra, que es un pez omnívoro de carne muy nutritiva, y pocas espinas. Además en el lago se encuentran otras especies como la Tilapia spp. Que es un pez herbívoro con tendencias carnívoras, coloración gris oscuro y alta fecundidad. Otras especies son la carpa, pupos, caracol, almeja, camarón y cangrejo. Las descargas de residuos sólidos que afectan al lago también afectan a la reproducción de peces, ya que ésta se precipita al fondo y cubre los huevecillos de los peces y los organismos que son alimento para éstos, impidiendo que se desarrollen.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DEL LAGO:

Producción Industrial: En la actualidad, Guatemala cuenta con más de 3,193 industrias; de estas 1200 se encuentran ubicadas en la cuenca del Lago distribuidas en varias ramas como: Textileras, alimenticias (que ocupan el 29.8% de la mano de obra de los habitantes), metalúrgicas, galvanoplásticas, químicas, agroquímicas, curtiembres, jabones, beneficios de café, cosméticos, yeso, cerámica, maquilas, entre otras. Estas se distribuyen principalmente en las zonas 11, 12 y Municipio de Villa Nueva.

El principal problema radica en la falta de tratamientos de sus residuos líquidos, sólidos y gaseosos. Por tal razón en Guatemala el sector industrial, hasta el momento, no funciona de acuerdo a las características del ecodesarrollo.

Uso del Suelo: el uso del suelo se modifica en forma constante, pasando de áreas de uso agrícola y forestal a áreas urbanas.

Desestabilización de los Ríos: La deforestación en las cabeceras de la cuenca y en las riberas de ríos, la explotación descontrolada de materiales para la construcción, el crecimiento urbano desordenado y no planificado han provocado un desequilibrio ecológico que ha incidido en el deterioro de los ríos de la cuenca y por lo tanto el del lago de Amatitlán.

AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATITLAN (AMSA)

Con el nombre de Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago d Amatitlán –ARRLA-, se inicia el proyecto de recuperación y conservación del lago de Amatitlán. La institución fue creada el 12 de Junio de 1985, cuya naturaleza, capacidad jurídica, funciones y ámbito de competencia no se encontraban suficientemente establecidos en dichos acuerdos, siendo necesario redefinir todos estos aspectos, para darle la importancia, apoyo y protección que la Autoridad requiere. El 18 de septiembre de 1996 el Congreso de la República emitió la creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán –AMSA- para darle mayor potestad, apoyo y protección a la citada Autoridad.

Por tanto, es creada como un Organismo al más alto nivel con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las acciones y medidas del sector público y privado que sean necesarias para recuperar el ecosistema del lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias, mejorando la calidad de vida de sus habitantes. Para cumplir con este mandato, la institución ha sido organizada en Divisiones integradas por profesionales y técnicos de diversas disciplinas; siendo las siguientes:

- División de Planeamiento Urbano y Ordenamiento Territorial
- División de Recolección y Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos
- División de Reingeniería Industrial y Agroindustrial
- División Forestal, Conservación y Manejo de Suelos.
- División de Educación Ambiental, Concientización Ciudadana y Desarrollo Turístico
- División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos
- División de Derecho Ambiental
- División de Relaciones Interinstitucionales y Fortalecimiento de los Gobiernos Locales
- División de Ejecución de Proyectos
- División de Evaluación y Seguimiento

TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS:

Relleno Sanitario: Es el lugar donde se dispone finalmente la basura, sanitariamente segura desde todo punto de vista. Desde diciembre del año 2000 AMSA ha llevado a cabo la administración, operación y mantenimiento del Relleno Sanitario ubicado en el Km 22.5 Ruta CA-9. En el Relleno Sanitario es depositada la basura de ocho municipios de la Cuenca del Lago de Amatitlán, siendo éstos: Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán; así como eventualmente de la ciudad capital, Mixco y San Lucas Sacatepéquez. Las distintas actividades que en él se generan, permiten el ingreso de recursos económicos a más de 90 guajeros y personal administrativo. En la actualidad AMSA trabaja en el Reglamento de Residuos Sólidos Municipales y en prácticas de reciclaje a nivel escolar y comunitario.

TRATAMIENTO DE RESIDUOS LIQUIDOS:

Debido a que una fuente grande de contaminación de la cuenca y del Lago de Amatitlán la constituye el agua de uso doméstico no tratada, como la utilizada en el lavado de ropa, la higiene personal y uso de sanitarios, es necesario construir y/o rehabilitar plantas de tratamiento para evitar que ésta llegue en precarias condiciones al cuerpo hídrico.

Generalmente, el tratamiento ideal para las aguas residuales requiere de dos pasos:

Tratamiento Primario: este remueve entre 40% y 50% los residuos sólidos acumulados, realizándose a través de:

- Alcantarillas Sanitarias
- Canal de Rejas
- Desarenadores
- Tanque de Sedimentación

Tratamiento Secundario: Llamado también tratamiento Biológico debido a la presencia de microorganismos que degradan la materia orgánica. Este tratamiento remueve entre 85% y 90% de los sólidos restantes. Complementando el proceso a través de:

- Tanque de sedimentación
- Filtros biológicos
- Reactor anaerobio de Flujo Ascendente
- Lagunas de estabilización
- Zanjias de oxido-reducción
- Tanques anaerobios

En la actualidad AMSA ha rehabilitado 3 plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas, siendo estas: Nimajuyu, Villalobos II y el Mezquital. Teniendo planificado la rehabilitación de 7 plantas más siendo éstas: Lagunas de Estabilización de Villa Canales, Santa Isabel, Planta Aurora II, Ciudad San Cristóbal, Ciudad Peronia, San Jacinto y Berlín. (24)

ANEXO 2
PUNTOS DE MUESTREO DEL LAGO DE AMATITLAN



ANEXO 3

Cichlasoma managüense



FAMILIA CICHLIDAE

Los peces de esta familia son pequeños o de tamaño regular, aunque *Cichla ocellaris* de Sudamérica sobrepasa los 500mm. En Costa Rica las especies pequeñas llamadas mojarras se consumen poco, pero el famoso guapote de mayor tamaño es muy gustado. En el resto del área centroamericana se conocen también por el nombre común de mojarras y guapotes pero se distinguen más entre las diversas especies dándoles nombres locales tales como: chamarra, picaculo, moga y otros. El cíclido nuestro es robusto, con fuertes espinas en las aletas dorsal, anal y pélvicas y muchas veces de colorido muy llamativo. Las mojarras poseen patrones de comportamiento complicados y frecuentemente se encuentran parejas cuidando un cardumen de cientos de crías diminutas.

Los cíclidos son peces del fondo, de pozas y de las orillas de los ríos o lagunas donde viven cerca de las piedras y la maleza. La mayoría de las mojarras costarricenses se adapta tanto al ambiente lacustre como al ambiente de los ríos; sólo una especie nacional, *Cichlasoma maculicaudada*, habita comúnmente las aguas salobres cerca del mar. No son de alturas, y la mayor diversidad de los cíclidos se encuentra debajo de los 100m de altura. El guapote es principalmente piscívoro; otras mojarras locales comen algas u hojas y frutos pero la mayoría se alimentan de insectos y detritos.

Los cíclidos son ovíparos y generalmente depositan huevos adhesivos en rocas o troncos debidamente limpiados por los padres. *Cichlasoma managüense* es una excepción ya que cuida sus huevecillos no adhesivos en una depresión en la arena. Los dos padres participan en el cuidado de los huevos, crías y juveniles. Ambos sexos se parecen mucho, pero durante la época reproductiva se diferencia más por su coloración, tamaño o en la forma de las aletas.

Por su costumbre de habitar siempre cerca de escondites entre las piedras o las raíces de árboles, son peces difíciles de capturar. Todas las especies son bastante voraces y pican bien carnadas pequeñas como lombrices e insectos. El

guapote es un pez muy gustado entre los pescadores deportistas debido a su tamaño, lucha y buen sabor.

Se conocen más de 600 especies de cíclidos distribuidos por Sudamérica hasta Tejas, Estados Unidos; son muy abundantes en África y hay un género en la India y Sri Lanka. La familia Cichlidae es la más diversa en las aguas dulces del país, ya que 23 especies, pertenecientes a 4 géneros, son nativas de Costa Rica. Actualmente se cultivan en Costa Rica varias especies del género Tilapia importadas de África. Las tilapias tienen muchos dientes muy finos en las mandíbulas, característica que las distingue de las especies de Cichlasoma cónicos y menudos numerosos.

Cichlasoma managuense:

Caracteres distintivos: Esta especie se caracteriza por su boca grande, mandíbula inferior saliente y el cuerpo y las aletas manchadas de negro. Otro detalle importante de este pez es el lóbulo en el ángulo inferior del preopérculo. La coloración general varía de un verde dorado a morado. El lomo es verde musgo, los costados dorados con un matiz morado y el vientre amarillento. Además, del patrón de manchas negras circulares sobre el cuerpo, se distingue a menudo una banda negra más o menos continua entre el ojo y la cola y otra entre el ojo y el ángulo inferior del opérculo. Las aletas dorsal y anal son de color azul o turquesa con motas negras sobrepuestas. La cola es parda con matices azules en la base. El iris es rojo.

Ecología: Este guapote es bastante común entre las malezas en la litoral del lago de Nicaragua. También abunda en playones de ríos aledaños al Gran Lago, pero generalmente no se encuentra en aguas fluviales. Es de aguas estancadas entre 0 y 45m de altura. Vive en escondites entre troncos y piedras en zonas litorales a temperaturas entre 25 y 36⁰C. Es piscívoro y alcanza por lo menos 220mm.

Distribución: Su distribución natural es en la vertiente atlántica, del río Ulúa, Honduras, hasta la cuenca del río Matina, Costa Rica. Debido a su rápido crecimiento y buen sabor, este guapote ha sido introducido a varios países centroamericanos incluyendo la vertiente pacífica de Costa Rica; por esta razón actualmente puede aparecer en cualquier lado en zonas de poca altura. Hay que considerarlo muy raro en la mayor extensión de las zonas norte y atlántica de Costa Rica y solamente en remansos y playones de los afluentes del lago de Nicaragua puede cogerse, con frecuencia (28).

ANEXO 4

TOXICIDAD DEL PLOMO

FUENTES:

Se encuentra principalmente en diferentes tipos metálicos para máquinas de escribir, baterías de almacenamiento, pinturas industriales, soldaduras, cubrimiento de cables eléctricos, vidriado de alfarería, gomas, juguetes, gasolina (tetraetilo de plomo) y aleaciones de latón. Entre otros materiales están las cuentas de plástico, o joyería cubierta con plomo para dar un aspecto perlado, whisky ilegal, cerámica casera vidriada, vidrio plomado, polvo en las galerías de tiro, así como cenizas y humo producto de la combustión de madera vieja pintada, periódicos, revistas, contenedores de baterías y pigmentos de pintura artística.

DATOS CLÍNICOS

Concentraciones sanguíneas de plomo > 50 a 80 µg/dl; protoporfirina eritrocítica libre > 200 a 250 µg/dL.

SIGNOS Y SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN POR PLOMO

INTOXICACIÓN AGUDA: por ingestión o inyección de compuestos de plomo solubles o de rápida absorción.

- Sabor metálico.
- Dolor abdominal.
- Vómito.
- Diarrea.
- Heces negras.
- Oliguria.
- Colapso.
- Coma.

INTOXICACIÓN CRÓNICA: por ingestión, absorción cutánea o inhalación de plomo orgánico o particulado.

	Sugestivos	Intoxicación incipiente	Saturnismo definido
Aspecto general	Inquietud, angustia, irritabilidad, confusión.	Palidez, ictericia, línea de plomo.	Línea de plomo, ictericia, pérdida de peso, letargo, envejecimiento prematuro.
Aspecto digestivo	Sabor metálico persistente, hiporexia, estreñimiento leve	Sabor metálico, pérdida del apetito, dolor abdominal, estreñimiento.	Náuseas, vómito, dolor abdominal intenso, rigidez abdominal, estreñimiento notable, sangre en heces.
Sistema nervioso	Irritabilidad.	Cefalea ligera, insomnio leve, palpitaciones, incremento de la irritabilidad.	Cefaleas persistentes, ataxia, confusión, cambios notables en los reflejos, temblor, fasciculaciones, neuritis, trastornos visuales, encefalitis, alucinaciones, convulsiones, coma, parálisis.
Cambios diversos	Ninguno.	Dolor muscular, fatiga, hipotensión.	Debilidad general, dolores articulares, hipertensión.
Examen de orina	Excreción urinaria de plomo > 0.8 mg/día	Trazas de proteínas.	Incremento en proteínas, hematuria, glucosuria, oliguria.
Cambios sanguíneos	Anemia, policromatofilia, incremento de plaquetas, duplicación en la cuenta de reticulocitos.	Incremento en los reticulocitos. Plomo en sangre > 60 µg/dL. Reducción de hemoglobina. Reducción de plaquetas. Reducción en la cantidad de eritrocitos por debajo de 4 millones.	Incremento en los reticulocitos. Plomo en sangre > 60 µg/dL. Reducción de hemoglobina. Reducción de plaquetas. Reducción en la cantidad de eritrocitos por debajo de 4 millones.

TRATAMIENTO

Tratamiento de emergencia: eliminar los compuestos solubles ingeridos que contienen plomo mediante lavado gástrico con sulfato de magnesio diluido o solución de sulfato de sodio, o por medio de vómito. El edema cerebral se trata con manitos y prednisolona, u otro corticosteroide.

Antídotos:

A todos los pacientes con síntomas clínicos de intoxicación por plomo se les administra dimercaprol y edetato cálcico disódico, y más tarde succímero; éste tratamiento está indicado para pacientes asintomáticos con concentraciones sanguínea de plomo por > 250 a 300 µg/dL de sangre completa.

1. Flujo urinario: iniciar con incremento de la diuresis. Se administra solución glucosaza al 10% por vía intravenosa, 10 a 20 mL/Kg. de peso corporal en 1 a 2 horas. Si no se inicia la diuresis se administra manitol en solución al 20%, 5 a 10 mL/Kg. de peso corporal por vía intravenosa, en 20 min.
2. En niños: administrar dimercaprol, 4 mg/Kg. por vía intramuscular cada 4 horas (30 dosis), administrar 4 horas después edetato cálcico disódico, en un sitio de inyección separada, 12.2 mg/Kg. por vía intramuscular cada 4 horas en forma de solución al 20% con procaína al 0.5%, para un total de 30 dosis. Si no ha ocurrido mejoría importante para el cuarto día, incrementar el número de inyecciones a 10 de cada fármaco. En pacientes sin encefalopatías que responden bien, se interrumpe el dimercaprol después del tercero o cuarto día y el edetato se reduce a 50 mg/Kg. por día por los restantes cinco días de inyecciones. De dos a tres semanas después del primer ciclo terapéutico, si las concentraciones sanguíneas de plomo son > 80 µg/dL, administrar un segundo ciclo de 30 inyecciones de cada fármaco. Los ciclos de edetato cálcico sódico no excederán de 500 mg/Kg. con intervalos de al menos una semana entre éstos. Para vigilancia, administrar penicilamina 30 mg/Kg. por día en 3 a 4 dosis, en 3 a 6 meses o hasta que la concentración de plomo en sangre sea < 60 µg/dL y succímero 10 mg/kg cada 8 horas por cinco días y después dos veces al día durante 14 días. El ciclo se repite después de un intervalo de 14 días hasta que la concentración de plomo en sangre se encuentra por debajo de 25 µg/dL.
3. Adultos: los adultos con encefalopatía hepática aguda reciben dimercaprol o edetato disódico de la misma manera que los niños. Para otros adultos con síntomas, el ciclo de dimercaprol y edetato cálcico disódico se acorta o se administra sólo este último en dosis de mg/Kg. por vía intravenosa, en forma de solución al 0.5% en solución glucosaza al 5%, o solución salina en no menos de 8 horas, durante un período máximo de cinco días. Después se administra penicilamina por vía oral, 500 a 750 mg/día durante 1 a 2 meses, o hasta que la concentración de plomo en orina se encuentre por debajo de 0.3 mg/día. (25)

ANEXO 5

Declaración de Brescia sobre la Prevención de la Neurotoxicidad por metales. Brescia, Italia. 17-18 de Junio de 2006

El Comité Científico de Neurotoxicología y Psicofisiología y el Comité Científico de Toxicología de los Metales de la Comisión Internacional de Salud Ocupacional (ICOH) convocaron un Taller Internacional sobre *Neurotoxicidad de los Metales: Plomo, Mercurio y Manganeso, Desde la Investigación a la Prevención (NTOXMET)* los días 17 y 18 de Junio de 2006 en la Universidad de Brescia, Italia. Participaron científicos y médicos de 27 naciones.

Para cada uno de los metales el reconocimiento inicial de su neurotoxicidad se realizó en el contexto de la exposición a altas dosis. Por ejemplo, la intoxicación por plomo fue reconocida en primer lugar en mineros, fundidores y linotipistas; la intoxicación por metilmercurio en habitantes de la comunidad de pescadores de Minamata y la intoxicación por manganeso en mineros y trabajadores de aleaciones de hierro. El desarrollo posterior de instrumentos analíticos más sensibles y sofisticados condujeron a la detección de la toxicidad subclínica y sobre el desarrollo con niveles de exposición cada vez menores. En cada caso, el grado de toxicidad fue mucho mayor que el apreciado inicialmente y el tamaño de la población afectada también fue mucho mayor.

Tuvieron que transcurrir muchas décadas entre el reconocimiento inicial de la neurotoxicidad y el inicio de los programas de prevención. Las alertas tempranas fueron ignoradas frecuentemente e incluso resistidas activamente. La observación histórica de los prolongados retardos que típicamente transcurren antes de la iniciación de las medidas de prevención, motivó una extensa discusión en el Taller acerca de la necesidad de desarrollar estrategias más efectivas. A partir de esta discusión, surgieron una serie de recomendaciones sobre las líneas futuras para la investigación y prevención de la neurotoxicidad de los metales.

En la sesión final del Taller Internacional de Brescia, fueron adoptadas por consenso las siguientes recomendaciones sobre la Prevención de la Neurotoxicidad de los Metales:

1. Debe prestarse más atención a los indicadores tempranos de neurotoxicidad. Las observaciones clínicas o los datos toxicológicos que sugieran la existencia de neurotoxicidad (incluyendo toxicidad subclínica y del desarrollo) deben ser tomados muy seriamente. Tales observaciones deberían llevar a la consideración de prudentes acciones preventivas.
2. Deben revisarse en todos los países todos los usos del plomo y su reciclado, y acabar con aquellos usos que contribuyan a la exposición ambiental y humana, incluyendo su empleo en juguetes, pinturas, cañerías de agua, materiales de

construcción, soldaduras, materiales electrónicos, medicamentos y cosméticos. Debería evitarse el traslado de estos productos de un país a otro. Esta aproximación ha sido adoptada exitosamente en la Unión Europea y es necesario extenderla a todo el mundo.

3. En particular, el tetraetil plomo debe eliminarse y sin demora en los suministros de gasolina en todas las naciones. La retirada del plomo orgánico de la gasolina ha producido una reducción de más del 90% en los niveles medios de plomo en sangre de las poblaciones de los países industrialmente desarrollados, y este éxito se está repitiendo actualmente en algunos de los países en desarrollo. Esta acción representa uno de los mayores triunfos en salud pública del pasado siglo XX y requiere ser extendido a todas las naciones.

4. Deben reducirse urgentemente los niveles guía de exposición a plomo. Los niveles actuales han sido establecidos hace muchos años y no reflejan recientes avances en el conocimiento científico acerca de los efectos tóxicos observados con niveles de exposición inferiores a dichos estándares. El Taller de Brescia recomienda que:

- *Para los niños*, el nivel de acción, que debería activar los esfuerzos de prevención de la comunidad para reducir las fuentes de exposición, debería reducirse inmediatamente a la concentración de 50 µg/L de plomo en sangre en todas las naciones. Este valor se propone como un nivel temporal cuya reducción puede ser considerada en años venideros con nuevas evidencias que se recojan sobre la toxicidad a niveles de plumbemia aún menores. Esta reducción del nivel de acción de la plumbemia reducirá la incidencia de neurotoxicidad subclínica en niños así como las consecuencias retardadas de la toxicidad sobre el desarrollo.

- *Para los trabajadores industriales*, el estándar para la plumbemia debería reducirse inmediatamente a 300 µg/L en todos los países. Una consideración adicional debería darse para una posterior reducción de este estándar a 200 µg/L y aún menor en los años siguientes. Esta disminución del estándar de exposición reducirá la incidencia de la neurotoxicidad subclínica y otros efectos tóxicos durante la vida laboral y responde a nueva documentación presentada en este Taller acerca del incremento del riesgo de demencia en los últimos años de la vida como consecuencia de la exposición a largo plazo al plomo.

- *Para mujeres trabajadoras industriales en edad reproductiva*, el estándar para plomo en sangre debería reducirse inmediatamente al mínimo obtenible en todos los países del mundo, preferentemente a 50 µg/L, un nivel concordante con el nivel estándar recomendado para niños. El plomo atraviesa libremente la placenta desde la materna hacia la circulación fetal para penetrar en el cerebro en desarrollo donde causa lesiones cerebrales prenatales. Esta disminución recomendada en los niveles de exposición maternos, reducirá la incidencia de neurotoxicidad fetal en los descendientes de las mujeres trabajadoras.

5. Debe reducirse la exposición de embarazadas y mujeres en edad fértil a metilmercurio para prevenir neurotoxicidad subclínica fetal. Existe fuerte evidencia

de que la exposición prenatal a metilmercurio causa neurotoxicidad fetal. El consumo de pescado con elevadas concentraciones de mercurio es la ruta de exposición primaria en la mujer embarazada. Más del 50% del mercurio en el pescado puede ser de origen industrial.

Las estrategias recomendadas por el Taller de Brescia para reducir la exposición a mercurio son las siguientes:

- Deberían revisarse en todas las naciones todos los usos industriales, los procesos de reciclado y otras fuentes industriales de mercurio al medio ambiente; todos los usos no esenciales deberían eliminarse y controlarse las emisiones. Este abordaje ha sido introducido con éxito en la Unión Europea y es promovido activamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Deberían reducirse las emisiones de mercurio por las centrales eléctricas de carbón.
- Todas las plantas de cloro-sosa del mundo deberían convertirse urgentemente a tecnologías alternativas que no estén basadas en mercurio, y asegurar el depósito seguro de los productos y residuos de mercurio.
- La minería de oro con mercurio debe ser controlada y cumplir las normas de seguridad, y promover tecnologías alternativas.
- Se deben desarrollar recomendaciones alimentarias efectivas, culturalmente apropiadas para limitar el consumo de pescado contaminado con metilmercurio en mujeres embarazadas. Teniendo en cuenta los contenidos de nutrientes y la disponibilidad, deberían recomendarse dietas saludables con pescado y otros productos del mar que contengan niveles mínimos de contaminación.

6. Debe reducirse la exposición de embarazadas y niños pequeños a manganeso prevenir la neurotoxicidad subclínica. En Brescia se presentaron nuevos datos importantes sobre la neurotoxicidad del manganeso. En trabajadores adultos, estos datos sugieren que el manganeso produce neurotoxicidad subclínica a niveles de exposición por debajo de aquellos que producen parkinsonismo. En los niños, la evidencia de dos recientes estudios epidemiológicos, sugiere que la exposición a manganeso en la vida temprana causa neurotoxicidad subclínica del desarrollo.

7. Debe cesar en todos los países la adición de compuestos orgánicos de manganeso a la gasolina. Los datos presentados en el Taller de Brescia aumentan la preocupación sobre la probabilidad de que la adición de manganeso a la gasolina pudiera causar una toxicidad generalizada sobre el desarrollo similar a la que causó la adición en todo el mundo de tetraetil plomo. A la luz de esta información, sería extremadamente imprudente añadir manganeso a la gasolina.

8. Deben reconsiderarse los niveles guía de exposición a manganeso. En muchos países los estándares para manganeso en agua potable no están basados en riesgos para la salud, y aquellos que sí lo están no protegen contra la neurotoxicidad del desarrollo resultante de la exposición intrauterina y en la vida postnatal temprana. Los estándares actuales de exposición ocupacional podrían no proteger a los trabajadores frente a la neurotoxicidad subclínica. Debería adoptarse un límite de concentración de manganeso en aire en polvo total

inhalable de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para proteger a los trabajadores de la exposición prolongada y los consecuentes efectos a largo plazo.

9. Debe considerarse el impacto económico de la neurotoxicidad causada por metales. Los costos de la toxicidad pueden ser mucho mayores que los costos del control de la contaminación. La principal contribución a estos costos es el daño al sistema nervioso central en desarrollo. Esta lesión puede originar pérdidas de por vida de inteligencia y capacidades motoras, alteraciones psicológicas permanentes y trastornos de la conducta. Estos efectos pueden producir una reducción de la productividad económica, y cuando esta reducción se extiende a lo largo de la sociedad, son importantes los resultantes impactos económicos. Los costos de la contaminación se repiten anualmente en cada cohorte de recién nacidos expuestos, de adultos y de ancianos, mientras que los costos del control de la contaminación se producen una única vez.

10. Existe una gran necesidad de investigación continuada de la neurotoxicidad por metales. Estudios recientes sobre la neurotoxicidad de cada uno de los metales que han sido discutidos en el Taller de Brescia, nos informan de que podemos anticipar efectos adversos de niveles de exposición menores que los previamente considerados como seguros, cuando se realicen estudios más amplios usando medidas sensibles de exposición y de efecto, así como mejores técnicas estadísticas.

a) Para plomo, mercurio y manganeso, queda mucho por conocer sobre las consecuencias retardadas de la toxicidad sobre el desarrollo y la exposición prolongada de los adultos a niveles bajos, como causas posibles de neurodegeneración. Esta investigación es crítica para guiar tanto las futuras investigaciones sobre los metales como paradigmas de los contaminantes neurotóxicos, como para orientar los programas de prevención.

b) Se necesitan estudios prospectivos de cohortes desde del nacimiento, paralelamente al estudio en adultos y ancianos con una evaluación retrospectiva de la exposición.

c) Se necesita investigación neurotoxicológica, incluyendo estudios de neurotoxicología del desarrollo, para aquellos metales no considerados en el Taller de Brescia, en particular arsénico y aluminio, así como las interacciones con elementos esenciales, plaguicidas y contaminantes orgánicos persistentes. d) Es necesario investigar los factores genéticos y otros factores que contribuyen a la susceptibilidad para la toxicidad de los metales.

e) Se necesita investigar los diversos determinantes del ambiente donde crecen los niños, incluyendo la situación social, que pueden modificar los indicadores de exposición a metales neurotóxicos y subsecuentemente la magnitud de los efectos en el neurodesarrollo.

f) Se necesita investigar las consecuencias potenciales del calentamiento global para la exposición humana a metales neurotóxicos, especialmente mercurio. (26)

ANEXO 6

Técnica para la digestión de material biológico en el análisis de plomo utilizando horno microondas

- Pesar cada Pez en balanza semianalítica
- Homogenizar en licuadora filetes del músculo del pez
- Pesar 1g de músculo de pez homogenizado y colocarlo en tubos de teflón de 55ml especiales para microondas.
- Agregar 10 ml de Ácido Nítrico concentrado ultra puro a cada tubo.
- Preparar una solución blanco con 10ml de HNO₃ conc. ultra puro en un tubo aparte.
- Colocar las muestras y el blanco, en el carrusel dentro del horno microondas
- Programar el horno microondas para una digestión de tejido animal a una potencia de 1600 watts durante 15 min.
- Al terminar la digestión se sacan los tubos y se dejan enfriar a temperatura ambiente.
- Trasvasar el contenido de los tubos directamente a balón aforado de 25ml y aforar con agua bidestilada.

ANEXO 7

METODOLOGIA ANALISIS DE PLOMO EN ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA DE GRAFITO

- 1) Encender enfriador del Espectrofotómetro de Absorción Atómica
- 2) Abrir llave de Argon.
- 3) Encender espectrofotómetro en modo horno de grafito, y esperar 10 minutos para que caliente la lámpara de plomo.
- 4) Colocar en el carrusel la solución estándar de Plomo, el blanco, las soluciones patrón, el modificador de matriz, y las muestras.
- 5) Colocar el carrusel dentro del espectrofotómetro de absorción atómica.
- 6) Programar el espectrofotómetro para que realice el análisis de plomo colocándole los parámetros necesarios para el desarrollo de esta técnica.
- 7) El espectrofotómetro comenzara la lectura de la siguiente manera
 - a) lectura del blanco.
 - b) lectura de estándares con modificador de matriz para la curva de calibración. (El equipo diluirá automáticamente el estándar de plomo de 0.1ppm para realizar los estándares de 0.02, 0.04 y 0.08 ppm, con los cuales correrá la curva de calibración, agregando automáticamente el modificador de matriz).
 - c) lectura de las muestras junto con el modificador de matriz.
- 8) Presentación de resultados en el programa analítico del espectrofotómetro.
- 9) Impresión de resultados.
- 10) Análisis estadístico de los resultados.

ANEXO 8

ATOMIZACION EN HORNO DE GRAFITO

La absorción atómica en horno de grafito ha ganado reputación en el campo de la química analítica como una técnica de rutina para la determinación de niveles bastante bajos de metales traza en una amplia variedad de muestras. Esto es en contraste con la situación varios años atrás cuando estaba relegado como un accesorio en la investigación. Las nuevas técnicas de corrección de interferentes han dado un nuevo realce a la calidad de los resultados obtenidos en el atomizador de tubo de grafito.

La generación de átomos por medio de la atomización en horno de grafito calentado eléctricamente es una técnica complementaria a la absorción atómica de llama convencional, más que una técnica que la reemplace. Hay muchas ventajas analíticas de la absorción atómica de llama, pero hay muchos análisis de metales traza que solo se pueden llevar a cabo por medio de la atomización en horno de grafito. Con estas dos técnicas para la generación de átomos en estado elemental, la absorción atómica sigue siendo uno de los métodos más versátiles y específicos para la medición de metales.

ATOMIZACION EN LLAMA COMPARADO CON ATOMIZACION EN HORNO DE GRAFITO:

Los sistemas de llama para la espectroscopia de absorción atómica dan excelentes resultados, además son simples, convenientes y extremadamente útiles. Estos permiten mediciones analíticas rápidas en varias muestras simples.

Sin embargo, vale la pena examinar en forma breve las desventajas de la atomización en llama con lo cual se destaca la necesidad de procesos de atomización alternativos.

a) La eficiencia de los sistemas de nebulización es baja; más o menos del 10%. Así por cada mililitro de solución aspirado, 0.9ml se desperdician y solamente 0.1ml alcanzan la llama como un aerosol fino.

b) Para la cantidad de muestra que finalmente alcanza la llama, la producción de átomos en estado elemental esta gobernado por muchas variables tales como la temperatura de la llama, interacciones entre los gases de la llama, componentes de la matriz y el analito, interferencias químicas, y el medio en el cual el analito molecular estaba disociado.

c) La zona de la llama en la cual la absorción ocurre, es solamente una pequeña sección de la llama entera. La absorción efectiva depende por lo tanto de la fracción de átomos en estado elemental presentes en el camino de la luz para cualquier instante en particular. El tiempo de residencia de un átomo en el camino

de la luz es extremadamente corto –de unos 10^{-4} segundos– y dependiente de la velocidad de los gases de la flama.

d) El efecto total de (a), (b) y (c) es que el número de átomos que contribuyen con la señal analítica es extremadamente pequeño comparado con la cantidad total de elemento aspirado. Por lo tanto, el proceso completo es ineficiente en términos de muestra utilizada.

e) Los gases de la flama además producen distintas bandas de absorción y emisión las cuales pueden causar interferencia y ruido de fondo.

Con la llegada de la atomización sin flama, en particular con la atomización en horno con tubo de grafito, se reducen bastante estas limitaciones físicas y químicas, que se dan con el proceso de atomización con flama.

a) con el atomizador de grafito, un volumen discreto de la muestra se vaporiza, y el desperdicio es virtualmente eliminado.

b) Aunque los átomos en estado elemental están sujetos a interferencias, estas son de naturaleza diferente a las encontradas en la atomización en flama, las cuales se controlan manejando adecuadamente las condiciones analíticas y el tratamiento pre-químico.

c) El tubo de grafito es en efecto una cámara en donde la vaporización de los elementos se lleva a cabo incrementando secuencialmente la temperatura por medio de energía eléctrica.

El efecto total es que la sensibilidad analítica se incrementa utilizando la atomización con horno de grafito.

VENTAJAS DE LA ATOMIZACION EN HORNO:

Los sistemas de absorción atómica de flama están sujetos a limitaciones de sensibilidad los cuales restringen el alcance de estos. La atomización en horno supera estas limitaciones y provee tres importantes ventajas:

Primero, la sensibilidad es mejor. Los métodos de atomización en horno de grafito son hasta 100 veces más sensibles que los métodos de flama para muchos elementos en un amplio rango de muestras.

Segundo, menos muestra es necesaria. Las determinaciones se pueden llevar a cabo con volúmenes desde 5 microlitros (0.005mL) hasta 100 microlitros (0.1mL). Los métodos de flama normalmente requieren volúmenes sobre los 5 mL.

Tercero, la preparación de las muestras se puede simplificar. Muchas muestras tales como los ácidos concentrados, líquidos viscosos, solventes orgánicos y

líquidos con sólidos disueltos se pueden analizar directamente en el horno de grafito. Con la alta sensibilidad del método se pueden evitar los procedimientos de concentración o de extracción del solvente. La preparación de la muestra y su manejo se pueden minimizar.

Sin embargo, la atomización en horno de grafito no se recomienda si:

- a) la muestra se encuentra en una forma líquida y la concentración del analito permite un análisis simple por absorción atómica de llama, (debido al costo de operación).
- b) Ciertos elementos refractantes tales como el tungsteno, tantalio o zirconio no se pueden determinar. Algunos elementos no son fáciles de atomizar por horno de grafito, y la atomización en llama sigue siendo la mejor técnica (lo cual depende de la concentración del analito).

La atomización en horno es una técnica sencilla para mediciones analíticas. Esto es, un volumen estable de muestra se analiza a un tiempo, en contraste con la atomización en llama donde la muestra es aspirada continuamente, y muchas mediciones se pueden tomar durante el periodo de aspiración. La necesidad de corregir el ruido de fondo es especialmente importante con los hornos de grafito, en contraste con los análisis en llama.

Aunque hay diferentes enfoques en la construcción de hornos para altas temperaturas, todos están diseñados para ejecutar la misma función –generar átomos libres que la absorción atómica pueda medir–, (esto hace que el análisis sea más largo comparado con la técnica de llama) lo cual es llevado a cabo en tres etapas:

1. Etapa de Secado: durante la cual el solvente es removido de la muestra dentro del horno.
2. Etapa de Carbonizado: la cual remueve moléculas orgánicas o material inorgánico.
3. Etapa de Atomización: en la cual los átomos libres se generan dentro de una zona confinada. La señal de absorción producida en la etapa de atomización es un pico nítido, en el cual el área se puede relacionar con la cantidad de analito presente en la muestra.

Sin embargo el procedimiento anterior hace que el análisis sea más largo comparado con la técnica de llama. Aunque existen algunas limitaciones con estas tres etapas analíticas, estas se han venido superando por medio de programas flexibles en instrumentos modernos.

DATOS ANALITICOS

Notas y Definiciones

La información presentada aquí es una guía en la selección de las condiciones apropiadas de operación para el atomizador de grafito. Se hace énfasis en que los datos aplican en analitos con matrices simples. Las condiciones de operación para muestras complejas pueden diferir en algún grado dependiendo de la naturaleza de la muestra.

Cada vez que las muestras difieran significativamente de las matrices simples citadas aquí, va a ser necesario investigar detalladamente el comportamiento de la muestra en el atomizador de grafito, hasta que las condiciones óptimas puedan ser establecidas.

Matriz: Es la matriz en la cual el elemento de interés va a ser investigado.

Modificador Químico: Es un reactivo el cual cuando se añade a la muestra o bien reduce la interferencia, o aísla el analito en una forma específica que permite la separación entre las señales de absorción del analito y las de los interferentes. Un modificador químico ideal es un reactivo el cual no solo reduce los efectos de los interferentes, sino también realza la sensibilidad del analito.

Parámetros de operación del Horno: Programa analítico a partir del cual se deriva la interpretación de los datos para un elemento en particular dentro de una matriz específica.

Para el tubo de grafito:

- (a) Pasos del 1 al 3, abarcan la etapa de secado
- (b) Pasos del 4 al 5, son etapas de carbonizado
- (c) Paso 6, etapa de detención del gas
- (d) Paso 7, etapa de rampa y de lectura
- (e) Paso 8, etapa de atomización y de lectura
- (f) Paso 9, limpieza de tubo con máxima corriente de gas

Etapas de Carbonización: Para matrices simples, se requiere una serie de etapas de carbonización entre las etapas de secado y de atomización. Para una máxima sensibilidad, la etapa de detención del gas se implementa al final de la carbonización; el comando de lectura comenzara en el paso de rampa de la etapa de atomización.

Plomo:

Condiciones de Operación del Plomo

Paso No.	Temperatura (°C)	Tiempo (seg.)	Corriente de gas (L/min)	Tipo de Gas	Lectura
1	85	5	3.0	Argon	No
2	95	40	3.0	Argon	No
3	120	10	3.0	Argon	No
4	400	5	3.0	Argon	No
5	400	1	3.0	Argon	No
6	400	2	0	Argon	No
7	2100	1	0	Argon	Si (lectura plomo)
8	2100	2	0	Argon	Si (lectura plomo)
9	2100	2	3.0	Argon	No

Parámetros instrumentales:

Lámpara 5 mA
Ancho de Banda 0.5 nm
Longitud de Onda 283.3 nm

Parámetros de Funcionamiento:

Máxima Temperatura de Calcinación: 600°C
Modificador Químico: Fosfato monoácido de Amonio

- los modificadores químicos de fosfato permiten altas temperaturas de calcinación y estabilizan la señal del plomo. (30)

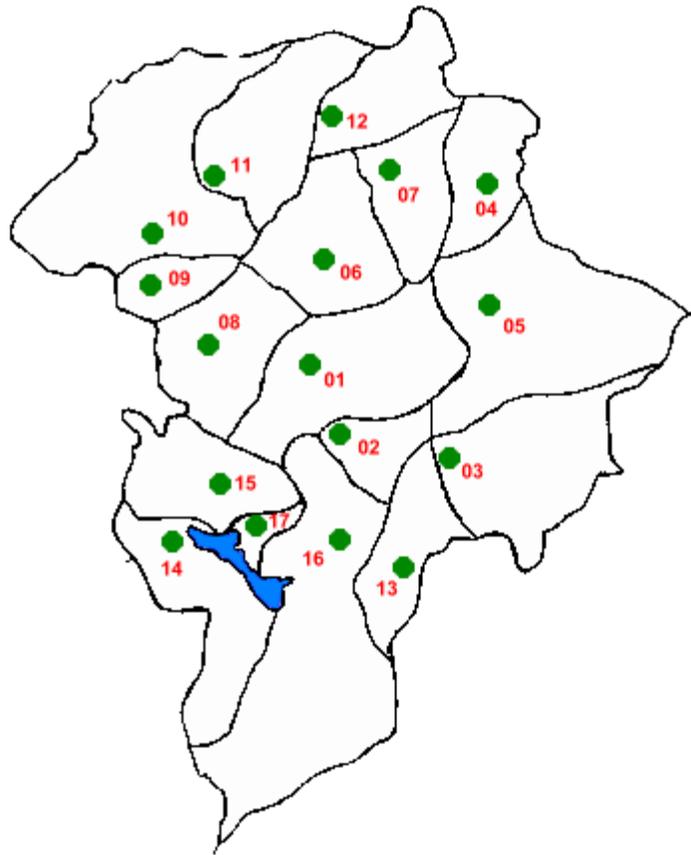
ANEXO 9

RESULTADOS DE PLOMO DE ESTUDIO DE HAYRO GARCIA

	Villalobos	Centro Oeste	Rio Michatoya	
No. muestras	Plomo	Plomo	Plomo	Limites FAO/OPS
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
1	16.21	0.45	0.18	0.05
2	1.28	0.15	0.12	0.05
3	1.3	0.17	0.015	0.05
4	5.02	0.86	0.25	0.05
5	2.95	9.45	1.15	0.05
6	9.1	3.18	0.46	0.05
7	12.1	7.45	0.087	0.05
8	3.35	0.68	0.59	0.05
9	3.14	5.4	2.5	0.05
10	13.46	4.28	1.13	0.05
11	3.84	5.98	1.11	0.05
12	2.76	9.83	1.15	0.05
13	3.73	0.95	1.16	0.05
14	3.088	1.24	2.8	0.05
15	3.84	2.98	0.25	0.05
promedio	5.68	3.54	0.86	0.05

ANEXO 10

Mapa, Amatitlan, Guatemala



1. Guatemala, 2. Santa Catarina Pinula, 3. San José Pinula,
4. San José del Golfo, 5. Palencia, 6. Chinautla, 7. San Pedro Ayampuc,
8. Mixco, 9. San Pedro Sacatepéquez, 10. San Juan Sacatepéquez
11. San Raimundo, 12. Chuarrancho, 13. Fraijanes,
14. Amatitlán,
15. Villa Nueva, 16. Villa Canales, 17. Petapa

ANEXO 11

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA DECRETO NUMERO 68-86*

CONSIDERANDO:

Que la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales es fundamental para el logro de un desarrollo social y económico del país, de manera sostenida;

CONSIDERANDO:

Que Guatemala aceptó la declaratoria de principios de las resoluciones de la histórica conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo, Suecia, en el año de 1972, y en tal virtud, debe integrarse a los programas mundiales para la protección y mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida en lo que a su parte territorial corresponde;

CONSIDERANDO:

Que en ausencia de un marco jurídico institucional que permita normar, asesorar, coordinar y aplicar la política nacional y las acciones tendientes a la prevención del deterioro ecológico y mejoramiento del medio ambiente, se hace necesario emitir el correspondiente instrumento legal especial y crear una entidad específica para el logro de estos propósitos;

CONSIDERANDO:

Que la situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala ha alcanzado niveles críticos de deterioro que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país, obligándonos a tomar acciones inmediatas y así garantizar un ambiente propicio para el futuro.

POR TANTO,

En uso de las facultades que le confieren los artículos 157 y 171, inciso a) de la Constitución Política de la República de Guatemala,

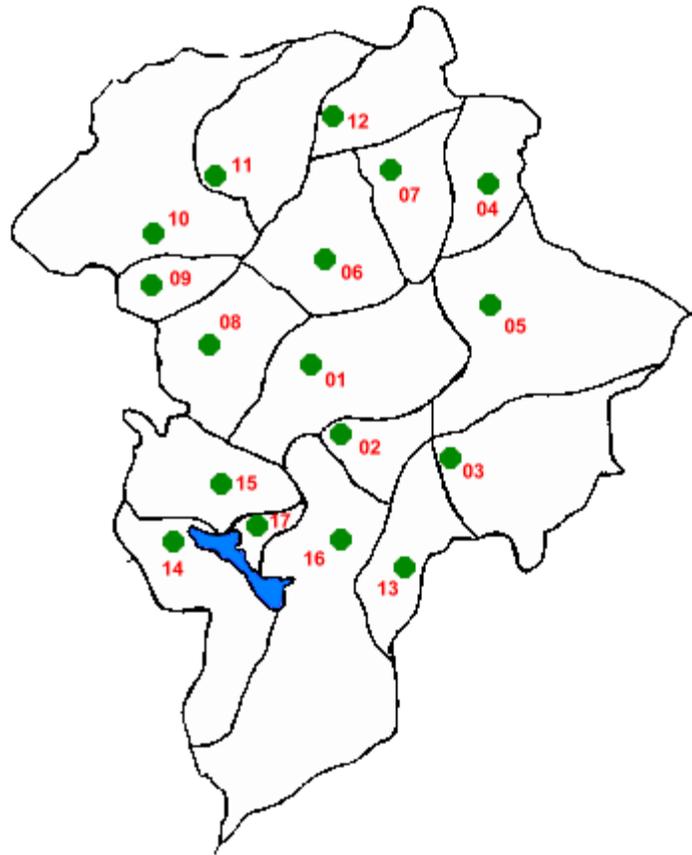
DECRETA:

La siguiente

LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE

ANEXO 10

Mapa, Amatitlan, Guatemala



1. Guatemala, 2. Santa Catarina Pinula, 3. San José Pinula,
4. San José del Golfo, 5. Palencia, 6. Chinautla, 7. San Pedro Ayampuc,
8. Mixco, 9. San Pedro Sacatepéquez, 10. San Juan Sacatepéquez
11. San Raimundo, 12. Chuarrancho, 13. Fraijanes,
14. Amatitlán,
15. Villa Nueva, 16. Villa Canales, 17. Petapa

ANEXO 11

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA DECRETO NUMERO 68-86*

CONSIDERANDO:

Que la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales es fundamental para el logro de un desarrollo social y económico del país, de manera sostenida;

CONSIDERANDO:

Que Guatemala aceptó la declaratoria de principios de las resoluciones de la histórica conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo, Suecia, en el año de 1972, y en tal virtud, debe integrarse a los programas mundiales para la protección y mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida en lo que a su parte territorial corresponde;

CONSIDERANDO:

Que en ausencia de un marco jurídico institucional que permita normar, asesorar, coordinar y aplicar la política nacional y las acciones tendientes a la prevención del deterioro ecológico y mejoramiento del medio ambiente, se hace necesario emitir el correspondiente instrumento legal especial y crear una entidad específica para el logro de estos propósitos;

CONSIDERANDO:

Que la situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala ha alcanzado niveles críticos de deterioro que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país, obligándonos a tomar acciones inmediatas y así garantizar un ambiente propicio para el futuro.

POR TANTO,

En uso de las facultades que le confieren los artículos 157 y 171, inciso a) de la Constitución Política de la República de Guatemala,

DECRETA:

La siguiente

LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE

- c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población;
- d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio;
- e) La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente;
- f) El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos;
- g) La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía;
- h) Salvar y restaurar aquellos cuerpos de agua que estén amenazados o en grave peligro de extinción;
- i) Cualesquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta ley.

Artículo 13.- Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

TITULO III

De los sistemas y elementos ambientales

CAPITULO I

Del sistema atmosférico

Artículo 14.- Para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y dictará las disposiciones que sean necesarias para:

- a) Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes;
- b) Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera;
- c) Regular las sustancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera;

- d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones;
- e) Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos;
- f) Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica;
- g) Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

CAPITULO II

Del sistema hídrico

Artículo 15.- El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para:

- a) Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas;
- b) Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental;
- c) Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos;
- d) Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua;
- e) Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, litorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo;
- f) Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas;
- g) Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies;

- h) Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua;
- i) Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas lacustres, de ríos y manantiales;
- j) Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala;
- k) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

CAPITULO III

De los sistemas lítico y edáfico

Artículo 16.- El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con:

- a) Los procesos capaces de producir deterioro en los sistemas lítico (o de las rocas y minerales), y edáfico (o de los suelos), que provengan de actividades industriales, minerales, petroleras, agropecuarias, pesqueras u otras;
- b) La descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes;
- c) La adecuada protección y explotación de los recursos minerales y combustibles fósiles, y la adopción de normas de evaluación del impacto de estas explotaciones sobre el medio ambiente a efecto de prevenirlas o minimizarlas;
- d) La conservación, salinización, laterización, desertificación y aridificación del paisaje, así como la pérdida de transformación de energía;
- e) El deterioro cualitativo y cuantitativo de los suelos;
- f) Cualquiera otras causas o procesos que puedan provocar deterioro de estos sistemas.

CAPITULO IV

De la prevención y control de la contaminación por ruido o Audial

Artículo 17.- El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes que sean necesarios, en relación con la emisión de energía en forma de ruido, sonido, microondas, vibraciones, ultrasonido o acción que perjudiquen la salud

física y mental y el bienestar humano, o que cause trastornos al equilibrio ecológico.

Se considera actividades susceptibles de degradar el ambiente y la salud, los sonidos o ruidos que sobrepasen los límites permisibles cualesquiera que sean las actividades o causas que los originen.

CAPITULO V

De la prevención y control de la contaminación visual

Artículo 18.- El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes, relacionados con las actividades que puedan causar alteración estética del paisaje y de los recursos naturales, provoquen ruptura del paisaje y otros factores considerados como agresión visual y cualesquiera otras situaciones de contaminación y de interferencia visual, que afecten la salud mental y física y la seguridad de las personas.

CAPITULO VI

De la conservación y protección de los sistemas bióticos

Artículo 19.- Para la conservación y protección de los sistemas bióticos (o de la vida para los animales y plantas), el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con los aspectos siguientes:

- a) La protección de las especies o ejemplares animales o vegetales que corran peligro de extinción;
- b) La promoción del desarrollo y uso de métodos de conservación y aprovechamiento de la flora y fauna del país;
- c) El establecimiento de un sistema de áreas de conservación a fin de salvaguardar el patrimonio genético nacional, protegiendo y conservando los fenómenos geomorfológicos especiales, el paisaje, la flora y la fauna;
- d) La importación de especies vegetales y animales que deterioren el equilibrio biológico del país, y la exportación de especies únicas en vías de extinción;
- e) El comercio ilícito de especies consideradas en peligro; y
- f) El velar por el cumplimiento de tratados y convenios internacionales relativos a la conservación del patrimonio natural.

TITULO III

CAPITULO VI

TITULO IV

Del órgano encargado de la aplicación de esta ley

Artículo 20.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 21.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 22.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 23.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 24.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 25.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 26.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 27.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 28.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

TITULO V

CAPITULO UNICO

Infracciones, sanciones y recursos

Artículo 29.- Toda acción u omisión que contravenga las disposiciones de la presente ley, efectuando así de manera negativa la cantidad y calidad de los recursos naturales y los elementos que conforman el ambiente, se considerará como infracción y se sancionará administrativamente de conformidad con los

procedimientos de la presente ley, sin perjuicio de los delitos que contempla el Código Penal.

Para el caso de delitos la Comisión los denunciará a los tribunales correspondientes, impulsado por el Ministerio Público, que será parte de estos procesos para obtener la aplicación de las penas.

Artículo 30.- Se concede acción popular para denunciar ante la autoridad, todo hecho, acto u omisión que genere contaminación y deterioro o pérdida de recursos naturales o que afecte los niveles de calidad de vida.

Si en la localidad no existiera representante de la Comisión Nacional de Protección del Medio Ambiente, la denuncia se podrá hacer ante la autoridad municipal, la que la remitirá para su atención y trámite a la mencionada Comisión.

Artículo 31.- Las sanciones que la Comisión Nacional del Medio Ambiente dictamine por las infracciones a las disposiciones de la presente ley, son las siguientes:

- a) Advertencia, aplicada a juicio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y valorada bajo un criterio de evaluación de la magnitud del impacto ambiental;
- b) Tiempo determinado para cada caso específico para la corrección de factores que deterioran el ambiente con participación de la Comisión en la búsqueda de alternativas viables para ambos objetivos;
- c) Suspensión cuando hubiere variación negativa en los parámetros de contaminación establecidos para cada caso específico por la Comisión Nacional del Medio Ambiente;
- d) Comiso de las materias primas, instrumentos, materiales y objeto que provengan de la infracción cometida, pudiéndose destinar a subasta pública o su eliminación cuando fueren nocivos al medio ambiente;
- e) La modificación o demolición de construcciones violatorias de disposiciones sobre protección y mejoramiento del Medio Ambiente;
- f) El establecimiento de multas para restablecer el impacto de los daños causados al ambiente, valorados cada cual en su magnitud; y
- g) Cualquiera otras medidas tendientes a corregir y reparar los daños causados y evitar la continuación de actos perjudiciales al medio ambiente y los recursos naturales.

Artículo 32.- La aplicación de las sanciones a que se refiere el artículo anterior, será competencia de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Artículo 33.- Para la aplicación de lo regulado en este capítulo, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, tendrá en cuenta discrecional:

- a) La mayor o menor gravedad del impacto ambiental;
- b) La trascendencia del mismo en perjuicio de la población;
- c) Las condiciones en que se produce; y
- d) La reincidencia.

Artículo 34.- Previo a imponer la sanción correspondiente, los infractores serán citados y oídos por la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Estas sanciones las aplicará la Comisión, siguiendo el procedimiento de los incidentes, señalado en la Ley del Organismo Judicial.

Artículo 35.- Evacuada la audiencia y emitidos los dictámenes respectivos, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, dictará la resolución correspondiente.

En los casos de incomparecencia, sin más trámite se resolverá lo que en derecho corresponda.

Artículo 36.- Toda multa o sanción que se imponga, deberá hacerse efectiva en los plazos que la comisión establezca para cada caso en particular. En caso de incumplimiento, se procederá de conformidad con la ley correspondiente, siempre que no existan recursos pendientes.

Las multas ingresarán al Fondo Común del Erario, en cuenta especial como disponibilidad privativa a favor de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, con destino a programas para la conservación y mejoramiento del ambiente, y la calidad de vida de los habitantes del país.

Artículo 37.- Toda persona que se considere afectada por los hechos degradantes al ambiente, podrá acudir a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, a efecto de que investiguen tales hechos y se proceda conforme esta ley.

Artículo 38.- (Derogado por el Artículo 11 del Decreto Legislativo Número 90-2000).

Artículo 39.- La Comisión Nacional del Medio Ambiente, recomendará a la Presidencia de la República, las derogatorias fiscales como otro tipo de incentivos en base a solicitudes aprobadas por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

TITULO VI

Disposiciones transitorias y derogativas

CAPITULO I

Disposiciones derogatorias

Artículo 40.- La Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, deberá integrar a la Comisión Nacional del Medio Ambiente a dichos consejos, con la finalidad de que la Comisión proponga la incorporación de la dimensión ambiental en las políticas, programas y proyectos de desarrollo.

CAPITULO II

Disposiciones derogativas

Artículo 41.- Se derogan las leyes y disposiciones que se opongan a la presente ley, especialmente el Acuerdo Gubernativo número 204-86, de fecha 16 de abril de 1986, que creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente, emitido por el Presidente de la República en Consejos de Ministros.

Artículo 42.- La presente ley entrará en vigencia, a los ocho días de su publicación en el Diario Oficial.

Pase al Organismo Ejecutivo para su publicación y cumplimiento.

Dado en el Palacio del Organismo Legislativo, en la ciudad de Guatemala, a los veintiocho días del mes de noviembre de mil novecientos ochenta y seis.

ELIAN DARIO ACUÑA ALVARADO
Segundo Vicepresidente en funciones de Presidente.

ROBERTO ADOLFO VALLE VALDIZAN
Secretario

ROBERTO ALEJOS CAMBARA
Secretario

Palacio Nacional: Guatemala, cinco de diciembre de mil novecientos ochenta y seis. Publíquese y cúmplase.

CEREZO ARÉVALO

El Ministro de Gobernación,
JUAN JOSE RODIL PERALTA. (29)

ANEXO 12

	Villalobos Antes	Villalobos Después	Centro oeste Antes	Centro oeste Despues	Michatoya Antes	Michatoya Despues	Normas FAO/OPS	Normas Alemanas
No. muestras	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo
	Antes	Después	Antes	Despues	Antes	Despues	FAO/OPS	Alemanas
1	16.21	1.061	0.45	0.0513	0.18	0.65	0.05	0.05
2	1.28	0.525	0.15	0.171	0.12	0.296	0.05	0.05
3	1.3	0.0135	0.17	0.0179	0.015	0.552	0.05	0.05
4	5.02	0.235	0.86	0.0689	0.25	0.617	0.05	0.05
5	2.95	0.067	9.45	0.0233	1.15	0.387	0.05	0.05
6	9.1	0.562	3.18	0.486	0.46	0.0129	0.05	0.05
7	12.1	0.118	7.45	0.325	0.087	0.454	0.05	0.05
8	3.35	0.135	0.68	0.156	0.59	0.0225	0.05	0.05
9	3.14	0.145	5.4	0.0807	2.5	1.005	0.05	0.05
10	13.46	0.135	4.28	0.313	1.13	0.194	0.05	0.05
11	3.84	0.133	5.98	0.0315	1.11	0.382	0.05	0.05
12	2.76	0.132	9.83	0.122	1.15	0.0572	0.05	0.05
13	3.73	0.135	0.95	0.0794	1.16	0.405	0.05	0.05
14	3.088	0.137	1.24	0.171	2.8	0.221	0.05	0.05
15	3.84	0.127	2.98	0.0755	0.25	0.158	0.05	0.05
promedio	5.68	0.244	3.54	0.1448	0.86	0.3609	0.05	0.05

PRUEBA DE t DE STUDENT POR LUGAR

VILLALOBOS

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Antes</i>	<i>Después</i>
Media	5.67786667	0.24403333
Varianza	22.0324283	0.07453123
Observaciones	15	15
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	4.47597277	
P(T<=t) una cola	0.00026135	
Valor crítico de t (una cola)	1.76130925	
P(T<=t) dos colas	0.0005227	
Valor crítico de t (dos colas)	2.1447886	

Existe diferencia significativa entre antes y después ($p=0.00026$), es decir, que la concentración de plomo actualmente es significativamente menor que hace 10 años, en VILLALOBOS

CENTRO OESTE

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Antes</i>	<i>Despues</i>
Media	3.53666667	0.14483333
Varianza	11.424381	0.01789951
Observaciones	15	15
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	3.88350474	
P(T<=t) una cola	0.00082731	
Valor crítico de t (una cola)	1.76130925	
P(T<=t) dos colas	0.00165463	
Valor crítico de t (dos colas)	2.1447886	

Existe diferencia significativa entre antes y después ($p=0.00083$), es decir, que la concentración de plomo actualmente es significativamente menor que hace 10 años, en CENTRO OESTE

MICHATOYA

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Antes</i>	<i>Despues</i>
Media	0.86346667	0.36090667
Varianza	0.72466241	0.07378208
Observaciones	15	15
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	17	
Estadístico t	2.17826736	
P(T<=t) una cola	0.02187639	
Valor crítico de t (una cola)	1.73960643	
P(T<=t) dos colas	0.04375278	
Valor crítico de t (dos colas)	2.10981852	

Existe diferencia significativa entre antes y después ($p=0.022$), es decir, que la concentración de plomo actualmente es significativamente menor que hace 10 años, en MICHATOYA

No. muestras	Villalobos	Villalobos	Centro oeste	Centro oeste	Michatoya	Michatoya
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo	Plomo
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
1	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3	NO	SI	NO	SI	SI	NO
4	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO	SI	NO	NO
6	NO	NO	NO	NO	NO	SI
7	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8	NO	NO	NO	NO	NO	SI
9	NO	NO	NO	NO	NO	NO
10	NO	NO	NO	NO	NO	NO
11	NO	NO	NO	SI	NO	NO
12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
13	NO	NO	NO	NO	NO	NO
14	NO	NO	NO	NO	NO	NO
15	NO	NO	NO	NO	NO	NO

	Villalobos	C-Oeste	Michatoya
ANTES			
NO	15	15	14
SI	0 p = 1.00	0 p = 1.00	1 p = 1.00
DESPUES			
NO	14	12	13
SI	1 p = 1.00	3 p = 0.9963	2 p = 0.9995

NOTA: Para determinar si las muestras por lugar cumplían las NORMAS en forma significativa, se realizó individualmente una prueba de hipótesis binomial, contando el número de éxitos (SI) y de fracasos (NO), los valores "p" en la columna de la derecha de cada lugar, indica que no se considera que el número de éxitos sea significativo; es decir, que tanto antes como después, no se cumplió con la Norma.

Si bien es cierto que con relación a las Normas no hubo cambio significativo, si es importante destacar que los niveles de plomo en forma cuantitativa si fueron menores significativamente. (18)