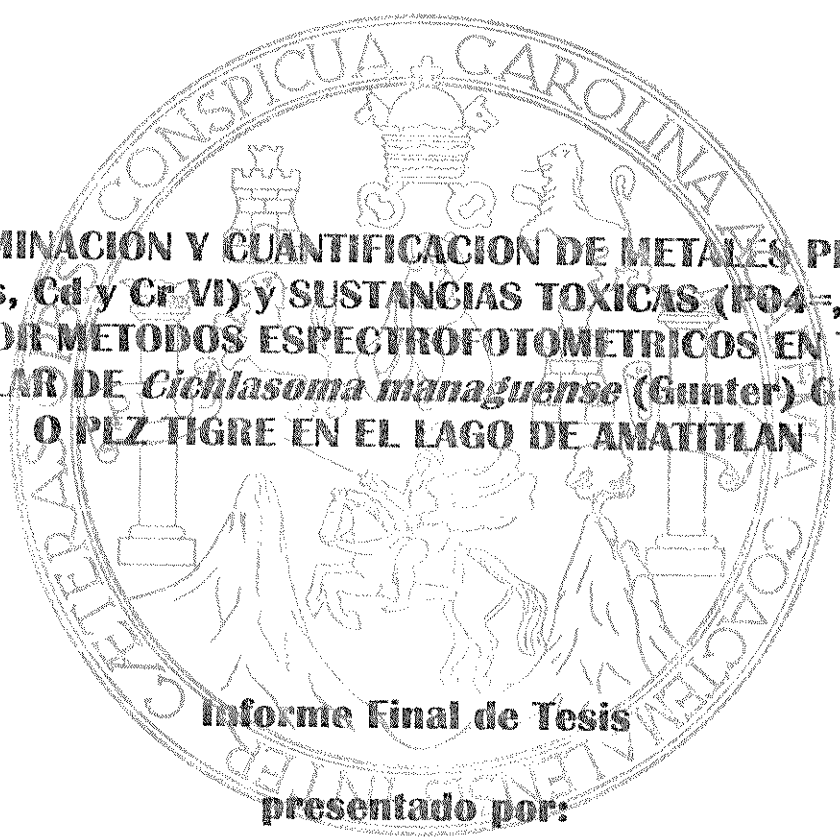


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**



**DETERMINACION Y CUANTIFICACION DE METALES PESADOS
(Pb, As, Cd y Cr-VI) y SUSTANCIAS TOXICAS (PO4⁼, NO2- y
CN-) POR METODOS ESPECTROFOTOMETRICOS EN TEJIDO
MUSCULAR DE *Cichlasoma managuense* (Gunter)-GUAPOTE
O PEZ TIGRE EN EL LAGO DE AMATITLAN**

Informe Final de Tesis

presentado por:

Hayro Oswaldo García García

**Para optar al título de
Biólogo**

Guatemala, Noviembre de 1997

16
(1853)
.4

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS
Y FARMACIA**

- DECANO LIC. JORGE RODOLFO PEREZ FOLGAR**
- SECRETARIO LIC. OSCAR FEDERICO NAVE HERRERA**
- VOCAL I LIC. MIGUEL ANGEL HERRERA GALVEZ**
- VOCAL II LIC. GERARDO LEONEL ARROYO CATALAN**
- VOCAL III LIC. RODRIGO HERRERA SAN JOSE**
- VOCAL IV BR. HERBERT RAUL AREVALO ALVARADO**
- VOCAL V BR. MANOLA ANLEU FORTUNY**

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Por ser mi guía siempre.

Al hombre que más quiero en esta tierra a mi padre José Santiago García, por su esfuerzo, cariño y constante apoyo para la culminación de mis estudios.

A MIS HERMANOS: César Eliú, Edwing Roberto, Sergio Rudy, Cristina García, Arely Xiomara y José David por su constante apoyo.

A MI CUÑADA: Miriam Raquel por sus consejos y estímulos.

A MI SOBRINA: Kelly Karenina por su amor y cariño.

A MIS TIOS: José Vicente García y Pedro García por sus consejos.

A MIS AMIGOS: Miguel, Allan, Nelsón, Jorge Luis, Joel, Aury y Ana María (compañera de batalla política),

A la Licenciada Roselvira Barillas de Klee por sus consejos y regaños que de mucho me sirvieron para poder concluir mis estudios.

**Y A ESE BELLO ECOSISTEMA LACUSTRE LLAMADO
AMATITLAN**

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

A LA ESCUELA DE BIOLOGIA

A TODO EL PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO DE LA
AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA Y
DEL LAGO DE AMATITLAN -AMSA- POR HABERME BRINDADO
LAS FACILIDADES ACADEMICAS Y FINANCIERAS PARA LA
REALIZACION DE ESTA INVESTIGACION.

A MI ASESORA, CATEDRATICA Y AMIGA LICDA. AURA
ELIZABETH PADILLA ARRIAGA POR SU ASESORIA Y
ORIENTACION TECNICA -ACADEMICA PARA LA REALIZACION
DE ESTA TESIS.

A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD PERIODO 95-97

AL LIC. OSCAR FEDERICO NAVE HERRERA POR SU ASESORIA EN
EL MODELO ESTADISTICO DE ESTA INVESTIGACION.

INDICE

I. RESUMEN.	1
II. INTRODUCCION	2
III. ANTECEDENTES	3
3.1 Generalidades del Area de Estudio	3
3.2 Familia Cichlidae	3
3.3 Clasificación Taxonómica del <i>Cichlasoma managuense</i>	4
3.4 Análisis y resultados de monitoreos realizados al Lago de Amatitlán y normas de agua potable y residuales	5
3.4.1 Análisis químico de laboratorio efectuados al Lago de Amatitlán realizados por la Dirección de Energía Nuclear	6
3.4.2 Monitoreos realizados a ríos que conforman la cuenca del Lago de Amatitlán	7
3.4.3 Límites de toxicidad de metales pesados y sustancias tóxicas en agua potable, según normas COGUANOR	8
3.4.4 Número de industrias por zona, municipio y tipo de producción en la cuenca del Lago de Amatitlán	8
3.4.5 Límites máximos permisibles para el vertido de aguas residuales al alcantarillado sanitario en Costa Rica	9
3.4.6 Límites máximos permisibles para el vertido de aguas residuales en cuerpos de agua en Costa Rica	10
3.4.7 Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros para ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales de la República Mexicana	11
3.4.8 Dosis de Ingestión de metales pesados, según el Codex Alimentarios	12
3.4.9 Contenido normal de elementos en porciones comestibles de pescado (Por cada 100 grs)	12
3.5 Metales pesados y sustancias tóxicas	13
3.5.1 METALES PESADOS	13
3.5.1.1 Plomo	13
3.5.1.1.1 Absorción, distribución y excreción	13
3.5.1.1.2 Intoxicación aguda por plomo	14
3.5.1.1.3 Intoxicación crónica por plomo	14
3.5.1.2 Arsénico	14
3.5.1.2.1 Intoxicación aguda por arsénico	15

3.5.1.2.2 Intoxicación crónica por arsénico	15
3.5.1.3 Cadmio	16
3.5.1.3.1 Absorción, distribución y excreción	16
3.5.1.4 Cromo VI	16
3.5.1.4.1 Intoxicación por Cromo VI	17
3.5.2 SUSTANCIAS TOXICAS	17
3.5.2.1 Nitritos NO ₂ -	17
3.5.2.1.1 Intoxicación por Nitritos	17
3.5.2.2 Cianuros CN	18
3.5.2.2.1 Intoxicación aguda por cianuro	18
3.5.2.2.2 Intoxicación crónica por cianuro	18
3.5.2.3 Fosfatos P ₀₄ =	19
3.5.2.3.1 Intoxicación aguda por fosfatos	19
3.5.2.3.2 Intoxicación crónica por fosfatos	19
IV. JUSTIFICACIONES	20
V. OBJETIVOS	21
5.1 Objetivos Generales	21
5.2 Objetivos Especificos	21
VI. HIPOTESIS	22
VII. MATERIALES Y METODOS	23
7.1 Universo de Trabajo	23
7.2 Recursos Humanos	23
7.3 Recursos Físicos	23
7.4 Recursos Materiales	23
7.4.1 Para la toma de muestras	23
7.4.1.1 Material	24
7.4.1.2 Equipo	24
7.4.1.3 Para la determinación de laboratorio	24
7.4.2.1 Materiales	24
7.4.2.2 Equipo	25
7.4.2.3 Reactivos	25
7.6 Métodos	26
7.6.1 Muestreo	26
7.6.2 Toma de muestras y Análisis Estadístico	26-27
7.6.3 Diagrama de Flujo	29

VIII. RESULTADOS	30-34
IX. DISCUSION DE RESULTADOS	35-37
X. CONCLUSIONES	38
XI. RECOMENDACIONES	39
XII. REFERENCIAS	40-43
XIII. ANEXOS	44
13.1 Mapa de Puntos de monitoreo del Lago de Amatitlán	45
13.2 Mapa de puntos de monitoreo de Cichlasoma managuense en el Lago de Amatitlán	46
13.3 Mapa de la División Política de la Cuenca del Lago de Amatitlán	47
13.4 Mapa de los Ríos que conforman la Cuenca del Lago de Amatitlán	48
13.5 Gráfica. Metales Pesados. Centro Lado Este. Lago de Amatitlán	49
13.6 Gráfica. Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno. Centro Lado Este. Lago de Amatitlán	50
13.7 Gráfica. pH, Temperatura, Oxígeno disuelto. Centro Lado Este Lago de Amatitlán	51
13.8 Gráfica. Metales Pesados. Centro lado Oeste. Lago de Amatitlán	52
13.9 Gráfica. Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno. Centro lado Oeste. Lago de Amatitlán	53
13.10 Gráfica. pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto. Centro lado Oeste Lago de Amatitlán	54
13.11 Gráfica. Metales pesados. Playa de Oro. Lago de Amatitlán	55
13.12 Gráfica. Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno. Playa de Oro. Lago de Amatitlán	56
13.13 Gráfica. pH, Temperatura, Oxígeno disuelto. Playa de Oro Lago de Amatitlán	57
13.14 Gráfica. Metales pesados. Desembocadura Río Villalobos. Lago de Amatitlán	58
13.15 Gráfica. Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno. Desembocadura Río Villalobos. Lago de Amatitlán	59

13.16	Gráfica. pH, Temperatura, Oxígeno disuelto. Desembocadura Río Villalobos. Lago de Amatitlán	60
13.17	Tabla de la Prueba de Hipótesis Binomial	61

I. RESUMEN

En la presente investigación se determinó la concentración de plomo, arsénico, cadmio, cromo VI, cianuro, nitritos y fosfatos en el tejido muscular del *Cichlasoma managuense* (Pez tigre o Guapote) de el Lago de Amatitlán que es la especie de mayor densidad poblacional y de mayor consumo por los pobladores de Amatitlán y los municipios circunvecinos.

La técnica que se utilizó para la determinación de los metales pesados y las sustancias tóxicas fue la Espectrofotometría por Absorción Atómica. En base a monitoreos y análisis de aguas realizadas en el Lago de Amatitlán por la Dirección General de Energía Nuclear -DGEN- y la Autoridad del Lago de Amatitlán -ARRLA- se determinaron ciertos puntos donde existen diferentes tipos de contaminación doméstica e industrial en este ecosistema y de estos se tomaron 3 puntos de colecta de peces: desembocadura del río Villalobos, centro lado oeste y el río michatoya

Los datos obtenidos de los análisis realizados en mg/Kg se compararon con normas de límites máximos permisibles de alimentos de la FAO/OPS y alemanas y se les efectuó el estadístico de la Prueba de la Hipótesis Binomial donde se concluyó que el *Cichlasoma managuense* (pez tigre o guapote) no es apto para la ingesta humana por el alto contenido de estos contaminantes.

De los metales tóxicos con mayor concentración en el guapote en forma descendente es el plomo que es un veneno acumulativo y es sumamente tóxico para la biota acuática, el cadmio que produce enfermedades cardiovasculares y ataca órganos de reproducción, el arsénico que posee una acción paralizante de los tejidos musculares de humanos, el cromo VI, es carcinógeno. De las sustancias tóxicas, los nitritos producen metahemoglobinemia y el cianuro es letal (veneno)

II. INTRODUCCION

La falta de una política nacional de desarrollo ha permitido que la ocupación del territorio en los alrededores de la ciudad capital se halla dado en forma desordenada y aleatoria con la ubicación de la industria nacional en el área de la cuenca del lago de Amatitlán. Este fenómeno se ha dado a raíz de la centralización de los servicios en el departamento de Guatemala, esto ha conllevado a la atracción de mano de obra a estos puntos, demandando una infraestructura cada vez mayor en lo referente a comunicaciones, educación, vivienda, agua potable, drenajes, alcantarillado, transporte, salud entre otros.

Las industrias de la cuenca del lago de Amatitlán comprenden principalmente las ramas de textiles, metalurgia, alimentos, galvanoplásticas, plásticos, curtiembres, yeso y cerámica, pinturas, químicos, agroquímicos, farmacéuticas, agroindustrias, rastros, crianza de animales, etc., donde la mayoría de estas carecen de sistemas de tratamiento para las aguas servidas, encontrándose por ejemplo en monitoreos de aguas de desecho industrial altos niveles de contaminantes como: arsénico, cianuro, cromo VI, cadmio, plomo, nitratos, nitritos, detergentes, desinfectantes en general, aguas muy alcalinas y ácidas (1).

El mal uso que se le ha dado al suelo, ya que estos son de Uso Forestal y no agrícola es otro factor determinante en la contaminación y el asolvamiento del lago de Amatitlán. La eutroficación en este sistema lacustre ha desequilibrado la secuencia de la cadena trófica ya que ha disminuido el zooplancton y aumentado considerablemente el fitoplancton y por ende un desequilibrio en las demás especies faunísticas en el lago y la cuenca.

En la presente investigación se pretende determinar y cuantificar los metales pesados como: plomo, arsénico, cromo VI, cadmio y sustancias tóxicas: cianuro, nitritos y fosfatos en el *Cichlasoma managuense* (Gunter) (Pez Tigre o Guapote).

III. ANTECEDENTES

3.1 GENERALIDADES DEL AREA

El Lago de Amatitlán se encuentra ubicado en los paralelos 14 23'25" y 14 40'25" latitud norte y meridianos 90 41'25" longitud Oeste, en el municipio del mismo nombre del departamento de Guatemala y constituye el límite geopolítico entre éste y los municipios de Villa Canales, Villa Nueva y San Miguel Petapa. La cuenca del lago tiene aproximadamente 396 Kms 2, se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre (2).

La cuenca del Lago de Amatitlán esta formada de varias subcuencas, las que finalmente convergen en el río Villa Lobos, en el lado norte del lago y el río Michatoya al sur. Los ríos tributarios del río Villa Lobos son: Platanitos, Pinula, Las Minas, Tulujá, El Bosque, Molino, San Lucas, Parrameño (5). Los suelos de la cuenca y del lago, son de origen volcánico de diferentes épocas (consolidados hasta ser rocas), aluvión y del lado norte sedimentos eólicos, flujos de ceniza, sedimentos fluviales y lacustres. Según la clasificación taxonómica de suelos de Simmons (1959), los suelos de la cuenca y el Lago de Amatitlán corresponden a las categorías taxonómicas III, V y VII, de vocación forestal

La topografía de la cuenca se caracteriza por un relieve muy fuerte y subsuelo muy suelto, (suelto y permeable), forma un terreno de relieve moderado, al norte de una cadena volcánica de la época cuaternaria con alturas hasta 4000 msnm, paralela a la costa pacífica. Su climatología, hay predominancia de vientos de noreste-sureste, donde su temperatura media anual de la cuenca es bastante estable y oscila entre los 18 y 21 oC. Su precipitación es variable y oscila entre los 900 - 1400 mm/año. la época más lluviosa es en los meses de Junio a Septiembre; la altura sobre el nivel del mar, varía desde los 1400 msnm hasta los 1188, ambos parámetros ubicados en el municipio de Amatitlán (1, 2).

La cuenca y el lago de Amatitlán presenta 2 zonas de vida: a) Bosque Húmedo Subtropical Templado: con vegetación:

Pinus oocarpa (pino colorado), *Curatella americana* (lengua de vaca), *Quercus* sp. (roble) *Byrsonima crassifolia* (nance) y b) Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical: *Pinus pseudostrobus* (pino triste), *Pinus*

montezumae (pino ocote), *Alnus jorullensis* (aliso), *Juniperus comitana* (ciprés), *Ostrya* sp. (duraznillo), *Arbutus xalapensis* (madrón de la tierra fría). Sobre la vegetación acuática se encuentran como géneros predominantes: *Eichornia* y *Egeria* (3).

Según Villar, L. y King, H. (comunicación personal con Barrios, M. 1995) se pueden observar las especies de patos migratorios: *Mareca americanas*, *Oxyura jamaicensis*, *Anas discors* y *A. clipeata*, mencionan también al zambullidor: *Podiceps nigricollis* y la gallareta *Fulica americana*. Según López G. y García, H. (1996) las especies predominantes de zooplancton en el Lago de Amatitlán son: Cladocera: *Daphnia*, Rotífera: *Keratella*, *Asplanchnia* (3, 4, 5).

Los peces presentes en el Lago son: *Cichlasoma managuense* (Guapote) que constituye el 98% de la pesca del lago, *Cichlasoma gutulatum* (mojarra), *Cichlasoma nigrofasciatum* (Mojarra negra), *Tilapia nilotica* (Carpa), *Tilapia mossambica* (Tilapia), *Cyprinus carpio* (Tilapia), *Astianaxfasciatus* (Pepesca), *Ctenopharyngodon idella* (Vaca de agua), *Mollinesia sphenops* (pescadito), *Poecilistes peurospilas* (Pupo). Además de estos peces se menciona *Potamocarcinus guatemalensis* (Cangrejo café), *Pomacea flagellata* (caracol negro), *Sanguinolaria rostrata* (almeja) y *Macrobrachium rosenbergui* (Camarón) (6).

Según Urruela & Sittenfeld (1975) los peces constituyen la fuente más importante de proteínas de origen animal y de alta calidad que puede consumir el hombre, ya que el contenido de proteína digerible de la carne de pescado es mayor en porcentaje, que la de cualquier otra clase de carne (6).

3.2 FAMILIA CICHLIDAE

La familia Cichlidae es de las familias más importantes en la ictiofauna dulce-acuícola de Guatemala y está representada por especies nativas e introducidas, de gran importancia económica. Esta familia posee varias especies del género *Cichlasoma*, y *Tilapia*. Peces comestibles que se caracterizan por su crecimiento rápido, su cuerpo es comprimido lateralmente muy alto, con unas espinas en las aletas dorsal y anal, con orificios nasales simples, con línea lateral interrumpida de hábitos alimenticios, omnívoros, herbívoros y carnívoros, su carne es bastante nutritiva, con pocas espinas, su fecundidad sexual han creado problemas de superpoblación (5, 6).

3.3 CLASIFICACION TAXONOMICA *Cichlasoma managuense*

El *Cichlasoma managuense* posee un cuerpo fusiforme y comprimido con aleta caudal de tipo díficerea, con escamas de tipo cicloidea, su coloración es oscuro con líneas amarillas, sus dientes son carnívoros en ambas mandíbulas en la parte de enfrente únicamente y pequeños en el resto de la mandíbula. Tiene boca protráctil, su intestino es corto por lo que se puede determinar que es una especie carnívora (7, 8).

Cabe mencionar que todos los grupos de especies del Género *Cichlasoma* han sido caracterizados, primordialmente, por la forma, tamaño y disposición de los dientes, así como el tipo de escamas. Dentro de la clasificación general del Reino Animal, las especies estudiadas se encuentran clasificadas así:

Phylum Chordata
Subphylum Vertebrata
Clase Osteichthyes
Subclase Actinopterygii
Super Orden Teleostei
Orden Peciformes
Familia Cichlidae
Género *Cichlasoma*

Especie: *Cichlasoma managuense*
Nombre Común: Guapote o Pez Tigre
(6, 7, 9, 10, 11).

3.4 Análisis y resultados de monitoreos realizados al Lago de Amatitlán y normas de agua potable y residuales

Los estudios limnológicos del Lago de Amatitlán existen desde los años treinta, posteriormente, con el traslado de la capital de Guatemala al Valle de la Ermita, los cuales fueron realizados con el fin de establecer las posibles fuentes de abastecimiento de agua para la capital. No es sino hasta 1972 que se generó una preocupación más específica al respecto de la contaminación del Lago de Amatitlán, causada en aquel entonces principalmente, por la ubicación de las ciudades de Villa Nueva, Petapa, Villa Canales y parte de Mixco.

A iniciativa de algunas entidades privadas como el Comité del Lago de Amatitlán, organismos internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA) y Dirección de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas (DGEN), en el período de 1986 a 1990 se realizaron estudios puntuales sobre el grado de contaminación del lago y sus afluentes, determinando puntos estratégicos de recolección de muestras y poder realizar un monitoreo de la calidad de las aguas y los diferentes contaminantes que afectaban la calidad del agua y la biota del lago (8).

El Lago de Amatitlán y su cuenca han sido estudiados desde diferentes puntos de vista tales como la susceptibilidad a la erosión de la cuenca del Río Villalobos Ocheita, M. (1974), el transporte de sedimentos, Morataya, J. (1975), la carga de detergentes del tipo aril-alquil-sulfonato, Paz, H. (1983), aspectos sanitarios de las comunidades asentadas en las riberas del lago Delgado, D. (1976), determinación de metales pesados en sus aguas, Pineda, J. (1981), su productividad primaria Aguilera, R (1984) y evaluación del equilibrio entre el fósforo y el oxígeno en la interfase agua-sedimento, Madriz, L. (1984) (8).

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán -AMSA- es una entidad gubernamental que ha realizado monitoreos en el Lago determinando parámetros fisicoquímicos como: temperatura, conductividad, salinidad, total de sólidos disueltos (T.D.S.), oxígeno disuelto, oxígeno disponible, potencial de oxido reducción (P.O.R.), pH y transparencia (8).

A continuación se presentan algunos cuadros de algunos análisis del Lago de Amatitlán y ríos y límites máximos permisibles de metales pesados en agua potable, así como las normas de aguas residuales de Costa Rica, y México.
3.4.1

ANALISIS QUIMICOS DE LABORATORIO EFECTUADOS AL LAGO DE AMATITLAN
REALIZADOS POR LA DIRECCION GENERAL DE ENERGIA NUCLEAR -DGEN-

PUNTO A: CENTRO LADO ESTE

FECHA

PARAMETROS

	Amonio mg/L	Nitrito mg/L	Nitrato mg/L	NTotal mg/L	O-Fosfato mg/L	P-Total mg/L	Cloruro mg/L	mg/CaCO3	Alcalin. mg/L	Silicatos mg/L	DBO mg/L	Sol. Tot. mg/L	Sol. Dis. mg/L	Sol. Sus. mg/L	Clorofila mg/L	Col Tot. NMP/100ml	Col. Fec. NMP/100ml
27/11/1988	0.022	0	0.05	0.39	0.01	0.057	0.102	120.1	154.4	15	1.5	0.38	0.26	0.1	0.37	40	40
27/11/1988	0.02	0	0.03	0.34	0.0131	0.043	0.012	116.1	155.9	15	1.5	0.4	0.38	0.02	1.21	70	Menor 30
30/11/1988	0.053	0	0.08	0.33	0	0.032	0.104	115.6	170.9	15.8	1.2	0.36	0.27	0.09	0.93	90	Menor 30
30/11/1988	0.018	0	0.03	0.44	0	0.025	0.102	119.6	170.4	15.4	1.4	0.44	0.31	0.13	1.59	90	Menor 30
3/12/1988	0.081	0	0.04	0.43	0.0145	0.022	0.104	116.1	170.2	15.5	1.2	0.51	0.31	0.2	0.58	Menor 30	Menor 30
13/09/1994		0.01	0.35	1.39	0.02	0.05	1.46	106.2	170.6	60		0.48	0.45		0.9		
23/11/1994			0.06	3.35	0.02	0.03	0.095	119.51	158.6		10	0.36	0.36				
Oct-95																	

PUNTO D: Centro lado Oeste

27/11/1988	0.035	0	0.07	0.79	0.015	0.046	0.14	118.1	140.9	9.1	1.4	0.47	0.36	0.11	0.54	11000	750
27/11/1988	0.034	0	0.09	0.57	0.013	0.04	0.139	112.1	139.6	9	1.7	0.47	0.42	0.05	0.61	11000	40
30/11/1988	0.04	0	0.08	0.53	0	0.024	0.139	112.1	152.8	9.8	0.8	0.41	0.38	0.03	1.56	70	Menor 30
30/11/1988	0.021	0	0.1	0.56	0.0003	0.024	0.136	113.6	159.8	10	1.1	0.41	0.34	0.07	2	930	Menor 30
3/12/1988	0.038	0	0.13	0.35	0.0084	0.014	0.135	115.6	157.9	9.9	0.8	0.65	0.33	0.32	1.2	Menor 30	Menor 30
13/09/1994		0.03	0.24	2.14	0.54	0.64	1.95	108.13	188.1	32		0.95	0.38		0.1		
23/11/1994			0.03	1.22	0.09	0.11	0.142	112.87	172.2		15	0.45	0.45				

PUNTO E: Salida del Río Villalobos

27/11/1988	1.787	0.07	1.71	2.21	0.486	0.537	0.013	124	156.6	30.6	4	0.35	0.33	0.02		<24000	4600
27/11/1988	2.05	0.02	1.74	2.94	0.659	0.722	0.013	140.1	152.6	32.7	3.7	0.51	0.3	0.21		<24000	200
30/11/1988	1.965	0.08	0.96	2.06	0.555	0.619	0.015	133.6	191.6	24.3	3.3	0.66	0.27	0.39		<24000	40
30/11/1988	2.284	0.04	0.35	2.44	0.598	0.503	0.015	124.1	194.9	33.9	1.4	1.83	0.57	1.26		<24000	4600
3/12/1988	2.227	0.06	0.12	3.35	0.888	0.975	0.015	126.1	211.2	36.7	2.4	1.49	0.31	1.18		40	<30
3/12/1988	1.872	0	0.05	3.09	0.643	0.711	0.018	133.1	205.9	37.2	2.8	1.48	0.3	1.18		390	
13/09/1994		0.01	0.21	1.04	0.03	0.06	0.49	106.23	171.3	5		0.48	0.46				
23/11/1994			0.11	2.19	0.29	0.36	0.134	120.46	169.2		8	0.56	0.46				

Fuente: Padilla, A. ARRLA 1996.

NOTA: todos los parametros son tomados a la superficie (2, 13).

3.4.2

MONITOREOS REALIZADOS A RIOS QUE CONFORMAN LA CUENCA DEL LAGO DE AMATITLAN

RIO	P Total	Amonio	Nitratos	Nitritos	N Orgánico	N Total	Sulfatos	Sulfitos	Cloro Total
	ppm P	ppm NH4	ppm NO3	ppm NO2	ppm N	ppm N	ppm SO4	ppm SO3	ppm Cl2
Pinula Boca del Monte	0.98	0.93	3.95	0.09	5.65	7.33	29.19	<1.0	0.20
Guadrón	3.08	9.15	2.33	0.02	13.85	21.91	32.75	<1.0	<0.1
Pinula Unión R. V.	3.28	9.51	2.42	0.01	11.42	19.79	32.72	<1.0	<0.1
Río Villalobos antes RP	6.48	6.25	2.85	0.01	8.76	14.54	35.54	<1.0	<0.1
Quebrada El Frutal	7.83	9.51	2.42	0.01	11.42	19.79	32.63	<1.0	<0.1
Río Villalobos E. F.	7.38	3.53	2.63	0.01	4.58	8.08	30.12	<1.0	<0.1
Río Molino P V	7.48	3.53	2.23	0.07	0.30	3.73	29.19	<1.0	<0.1
Río Molino C M	14.75	12.41	6.42	1.25	4.76	16.79	40.12	<1.0	<0.1
Río Molino FE	19.50	27.59	2.74	0.01	15.79	39.10	27.30	<1.0	<0.1
Río Villalobos P.	11.38	5.37	1.90	0.01	3.07	7.91	34.61	<1.0	<0.1
Río Villalobos E. S	1.98	5.80	1.90	0.01	5.92	11.12	36.49	<1.0	<0.1

RV: Río Villalobos

RP: Río Pinula

EF: El Frutal

PV: Puente

Villalobos

CM: Club Majaditas

FE: Finca Empagua

P: Puente

E.S.: El Salsal

FUENTE: Autoridad del Lago de Amatitlán. (2, 13)

Padilla. A. 1996.

3.4.3

LIMITES DE TOXICIDAD DE METALES PESADOS Y SUSTANCIAS TOXICAS EN AGUA POTABLE, SEGUN NORMAS COGUANOR

SUSTANCIAS		LMP
Arsénico	As	0.050 mg/ml
Cadmio	Cd	0.010 mg/ml
Cianuro	CN-	0.050 mg/ml
Cromo	Cr	0.050 mg/ml
Mercurio	Hg	0.002 mg/ml
Nitratos	NO3	45.00 mg/ml
Nitritos	NO2	0.010 mg/ml
Plata	Ag	0.050 mg/ml
Plomo	Pb	0.100 mg/ml
Selenio	Se	0.010 mg/ml

LMP: Límite Máximo Permisible

Fuente: Normas Coguanor (14).

3.4.4

NUMERO DE INDUSTRIAS POR ZONA, MUNICIPIO Y TIPO DE PRODUCCION EN LA CUENCA DEL LAGO DE AMATITLAN

Zona/ Municipio	Tipo de Industria							Total
	Química	Metalurgia	Textilera	Plástico	Yeso	Alimentos	Papel/Madera	
Zona 13	2	3	0	1	0	1		7
Zona 11	58	3	78	12	2	37	2	192
Zona 12	62	4	85	16	6	23	2	196
Zona 7	32	1	28	3	1	9	0	74
IXCO	21	2	6	4	2	6	0	41
Isla Canales	1	3	1	1	0	7	0	13
Isla Nueva	11	38	5	6	1	22	8	91
M. Petapa	4	1	3	1	1	4	0	14
C. Pinula	0	0	4	0	0	3	0	7
Amatitlán	4	7	4	1	0	10	0	26
Total	195	62	214	45	13	122	12	663

FUENTE: McMannis/Padilla/Rámila/ARRLA:1995 (3).

3.4.5

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO SANITARIO EN COSTA RICA

PARAMETRO	LIMITE MAXIMO
	mg/L
DBO5	300
DQO	1000
Sólidos suspensión	500
Sólidos disueltos	1500
Sólidos sedimentables	1 ml/L
Grasas/Aceites	100
pH	.6-9
Temperatura	<40 oC
Mercurio	0.01
Arsénico	0.5
Cadmio	0.1
Cloro residual	1
Cromo	2.5
Cianuro	2
Cobre	2
Plomo	0.5
Fenoles y Cresoles	5
Niquel	2
Zinc	10
Plata	1
Selenio	0.2
Boro	3
Sulfatos	500
Fluoruros	10
Cloruros	500
Sustancias activas al Azul de Metileno	10
Sumatoria de los Compuestos Organofosforados	0.1
Sumatoria de los compuestos organoclorados	0.05

FUENTE: Reglamento para verter y reusar aguas residuales. Presidencia de la República y los Ministros de Salud y de Ambiente y Energía (15).

3.4.6

**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES
EN CUERPOS DE AGUA EN COSTA RICA**

PARAMETRO	LIMITE MAXIMO
	mg/L
Grasas/Aceites	30
pH	6-9
Temperatura	15-40 oC
Sólidos sedimentables	1 ml/L
Materia flotante	Ausente
Mercurio	0.01
Aluminio	5
Arsénico	0.1
Bario	5
Boro	3
Cadmio	0.1
Cloro residual	1
Cromo	1.5
Cianuro	1
Cobre	0.5
Plomo	0.5
Estaño	2
Fenoles	1
Niquel	1
Zinc	5
Plata	1
Selenio	0.05
Sulfitos	1
Sulfuros	25
Fluoruros	10
Sumatoria de los compuestos organofosforados	0.1
Sumatoria de los compuestos organoclorados	0.05
Sustancias activas al azul de metileno	2

FUENTE: Reglamento para verter y reusar aguas residuales
Presidencia de la República y los Ministerios de Salud y Ambiente y Energía
(15).

1.7

**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS PARA RIOS.
BALSAS NATURALES Y ARTIFICIALES, AGUAS COSTERAS, SUELO Y HUMEDALES NATURALES
DE LA REPUBLICA MEXICANA**

Ámbito	Ríos						Embalses Naturales y Superficiales				Aguas Costeras						Suelo	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
U/L	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Agua potable	0.2		0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4
Agua para riego	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2		0.1
Agua para uso urbano	2	30	1	2	1	2	2	3	1	2	2	2	2	3	1	2	2	3
Agua para uso industrial	4	60	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
Agua para uso agrícola	1	1.5	0.5	1	0.5	10	1	1.5	0.500	1	0.5	1	1	1.5	0.5	1	0.5	1
Agua para uso doméstico	0.01	0.02		0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.010	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01
Agua para uso recreativo	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Agua para uso turístico	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10
Agua para uso recreativo	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

- USO:** Columnas 1 y 2 Uso en riego agrícola
- Columnas 3 y 4 Uso público urbano
- Columnas 5 y 6 Protección de vida acuática

BALSAS NATURALES Y ARTIFICIALES:

- Columnas 7 y 8 Uso en riego agrícola
- Columnas 9 y 10 Uso público urbano
- AGUAS COSTERAS: Columnas 11 y 12 Explotación**
pesquera, navegación y otros usos
- Columnas 13 y 14 Recreación
- Columnas 15 y 16 Estuarios

SUELO: Columnas 17 y 18 Uso en riego agrícola

HUMEDALES NATURALES: Columnas 19 y 20

- 1. Promedio mensual
- 2. Promedio Diario

16).

4.8

DOSIS DE INGESTION DE METALES PESADOS, SEGUN EL CODEX ALIMENTARIOS

EMENTO	DOSIS	mg/Kg peso corporal	Provisional
Plúmbico	DDMA	0.002	
Mercurio	DSPT	0.0067-0.0083	Provisional
Cadmio	DDMA	0.05-0.5	Provisional
Cromo	DDMA	0.8	
Cobalto	IST	0.05	Provisional
Mercurio	IST	0.005	
Cadmio	DDMA	20	Provisional
Cromo	DDMA	0.3-1.0	Provisional

FUENTE: Documenta Geigy. Scientific Tables (17, 18).

4.9

CONTENIDO NORMAL DE ELEMENTOS EN PORCIONES COMESTIBLES DE PESCADO (Por cada 100 grs)

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

FUENTE: Documenta Geigy. Scientific Tables (18).

3.5 METALES PESADOS Y SUSTANCIAS TOXICAS

3.5.1 METALES PESADOS

3.5.1.1 PLOMO (Pb)

El plomo es virtualmente inocuo en el ambiente como resultado de su ocurrencia natural y de su uso industrial. La ingesta diaria media de plomo para un adulto en los EE. UU. oscila entre 0.1 a 2 mg. Sin embargo, la mayor parte de la toxicidad manifiesta por el plomo resulta de la exposición ambiental e industrial. Este metal es un veneno acumulativo, sumamente tóxico para la biota acuática, especialmente en los peces. A pesar de que el plomo es absorbido muy lentamente en el cuerpo la velocidad de excreción por los peces es lenta (19, 20).

3.5.1.1.1 ABSORCION, DISTRIBUCION Y EXCRECION.

Las vías principales de absorción del plomo son el tracto gastrointestinal y el sistema respiratorio. La absorción gastrointestinal varía con la edad; los adultos absorben alrededor el 10 % del plomo ingerido mientras que los niños absorben alrededor del 40 %. Después de la absorción, el plomo inorgánico se distribuye inicialmente en los tejidos blandos, en particular en el epitelio tubular renal y en el hígado. Luego, el plomo es redistribuido y depositado en hueso, dientes y pelo. Con el tiempo, en el hueso se encuentra cerca del 95 % de la carga corporal del metal. Sólo pequeñas cantidades de plomo inorgánico se acumulan en el cerebro, la mayor parte en sustancia gris y en los ganglios basales (19).

3.5.1.1.2 INTOXICACION AGUDA POR PLOMO

La intoxicación aguda por plomo es bastante infrecuente y se produce por a ingestión de compuestos de plomo solubles en ácido o por inhalación de vapores de plomo. Las acciones locales en la boca producen astringencia pronunciada, sed y un sabor metálico. Se presentan náuseas, dolor abdominal y vómitos. Estos pueden ser lechosos por la presencia de $PbCl_2$, puede haber diarrea o constipación. Si se absorben con rapidez grandes cantidades de plomo puede desarrollarse un síndrome de shock como resultado de la pérdida gastrointestinal masiva de líquido. Los síntomas agudos del Sistema Nervioso

entral (SNC) incluyen parestesias, dolor y debilidad muscular, a veces se produce una crisis hemolítica aguda y causa anemia y hemoglobinuria (19).

5.1.1.3 INTOXICACION CRONICA POR PLOMO

Los signos y síntomas de la intoxicación crónica (saturnismo) pueden dividirse en 6 categorías: gastrointestinales, neuromusculares, del SNC, hematológicos, renales y otros. Pueden ocurrir por separado o por combinación. Los efectos sobre el Sistema Nervioso Central ha sido denominado *encefalopatía por plomo*. Es la manifestación más grave del saturnismo y es más frecuente en niños que en adultos. Los signos tempranos del síndrome pueden ser torpeza, vértigo, ataxia, caídas, cefalea, insomnio, quietud e irritabilidad. Cuando se desarrolla la encefalopatía, el paciente se vuelve primero excitado y confuso; luego se presenta delirio con convulsiones nicoclónicas repetitivas o letargo y coma (21).

La cantidad de Plomo de 0.4 mg/L en la sangre no provoca síntomas, pero 0.7 - 0.8 mg/L significan alto grado de peligrosidad. La asimilación diaria de 1 mg de Pb durante algunas semanas puede conducir a la intoxicación crónica. El plomo es acumulado unas 10 veces más rápido en peces marinos que los de aguas continentales (21, 22).

5.1.2 ARSENICO

El Arsénico se encuentra en la tierra, el agua y el aire como un tóxico ambiental común, puede concentrarse en mayor proporción en peces y mariscos. El átomo de arsénico existe en forma elemental y en estados de oxidación trivalente y pentavalente. La toxicidad de un arsenical dado se relaciona con la velocidad de depuración del organismo y, en consecuencia, con el grado de acumulación tisular. En general, la toxicidad aumenta en la frecuencia de los arsenicales orgánicos $\text{As}+5 < \text{As}+3 < \text{Arsina (AsH}_3\text{)}$.

La ingesta humana diaria promedio de arsénico es de alrededor de 300 µg. Casi todo se ingiere con el alimento y el agua. El arsénico se deposita principalmente en hígado, tracto intestinal, hígado, riñón, corazón y pulmón.

Se encuentran cantidades mucho menores en músculo y pulmón. Los peces y en particular los camarones, tienden a concentrar al arsénico, el límite máximo permisible en peces es de 0.2 a 0.3 ppm y el criterio para el agua potable es de 0.05 ppm (14, 17, 19, 21, 22).

3.5.1.2.1 INTOXICACION AGUDA POR ARSENICO

Al intoxicarse con arsénico la sintomatología general son: malestar gastrointestinal alrededor de una hora después de la ingestión, aunque puede demorarse hasta 12 horas si hay alimento en el estómago. Ardor de los labios, constricción de la garganta y dificultad en la deglución pueden ser los primeros síntomas, seguidos por dolor gástrico intolerable, vómitos en gran intensidad y diarrea intensa, con calambres musculoesqueléticos pronunciados y sed intensa. A medida que continúa la pérdida de líquido, aparecen los síntomas de shock, coma y muerte (19, 21, 22, 23).

3.5.1.2.2 INTOXICACION CRONICA POR ARSENICO

Causan deterioro físico y mental. Producen lesiones en la piel y las uñas. Pueden producir neuritis periféricas y alteraciones hematológicas. Son tóxicos para el hígado y los riñones. Pueden producir alteraciones mutagénicas. Son fetotóxicos, teratogénicos y cancerígenos (cáncer de la piel, de pulmones, de riñón y linfomas) (23).

3.5.1.3 CADMIO

El cadmio posee propiedades metalúrgicas con alta resistencia a la corrosión, estimables características electroquímicas y otras propiedades químicas útiles son responsables de las amplias aplicaciones del cadmio en galvanoplastia y galvanización y su utilización en plásticos, pigmentos para pinturas y acumuladores de níquel-cadmio. Las sustancias alimenticias no contaminadas contienen menos de 0.05 ug de cadmio por gramo de peso húmedo y la ingesta diaria promedio es de alrededor de 50 ug. Los crustáceos y el hígado y el riñón de los animales se encuentran entre los alimentos que pueden tener concentraciones de cadmio superiores a 0.05 ug/g aún en circunstancias normales.

3.5.1.3.1 ABSORCION, DISTRIBUCION Y EXCRECION

El cadmio sólo existe en estado univalente, +2, y no forma compuestos alquilo estables ni otros compuestos organometálicos de significación toxicológica. La intoxicación aguda puede producirse por inhalación de polvo y vapores de cadmio y por ingestión del metal. Los efectos tóxicos iniciales se

deben a irritación local. La sintomatología inicial son náuseas, vómitos, salivación, diarrea y cólicos abdominales. La toxicidad puede progresar hasta incluir edema pulmonar fatal o enfisema residual con fibrosis peribronquial y perivascular.

El cadmio puede causar daño a los pulmones, riñones, al sistema cardiovascular, al sistema óseo y es altamente tóxico para los espermatozoides humanos.

3.5.1.4 CROMO VI

El cromo es utilizado en la industria metalúrgica y galvanotécnico.

El Cromo se utiliza en gran escala para recubrir vasijas, instrumentos metálicos. El cromo VI es 100 veces más tóxico que el Cromo III; el Cr VI es reducido a Cr III en el estómago, intestino y tracto digestivo en general y es acumulado en el hígado y riñones en dosis capaces de provocar daño al organismo. En aguas naturales la concentración de cromo es de $<1\mu\text{g/L}$. El consumo mínimo de Cromo en el humano es de $62\mu\text{g/L}$ (21).

En el agua potable el criterio permisible es de 0.05 ppm. (8, 12, 14).

3.5.1.4.1 INTOXICACION POR CROMO

El Cromo al contacto con ojos, piel y mucosas conduce a quemaduras. Tras penetración de la sustancia en heridas aparecen úlceras de difícil curación. En personas sensibles la sustancia conduce fácilmente a sensibilización y a reacciones alérgicas. Tras inspiración de partículas de polvo se presentan irritaciones de las vías respiratorias (peligro de neumonía). La ingestión de la sustancia provoca fuertes molestias en el tracto intestinal. Tras resorción pueden presentarse daños hepáticos y renales (23).

3.5.2 SUSTANCIAS TOXICAS

3.5.2.1 NITRITOS (NO₂-)

Los nitritos son utilizados en medicamentos para dilatar los vasos coronarios y para reducir la presión arterial (30). También se utilizan como preservantes del color de la carne en los procesos de conservación y salado de la misma. Las dosis mortales han sido registradas como sigue: nitrito de etilo, en

un niño de 3 años de edad, 4 g; nitroglicerina, 2 g; nitrito de sodio, 2 g. El residuo de nitrito permisible en los alimentos, es de 0.01 % (17, 19).

Los nitritos son indicadores de impurificación del agua, entre los compuestos de nitrógeno que se pueden encontrar en aguas por degradación de materia viva los nitritos representan un grado intermedio metaestable y tóxico, en comparación, en la oxidación bacteriana proteínas--amonio--nitritos--nitrato. Los nitritos al igual que los nitratos y fosfatos aumentan la masa vegetal de algunas especies acuáticas como *Eichhornia crassipes* en ríos y lagos, que a vez agota el oxígeno disuelto en el agua y dar lugar a la muerte por asfixia de la vida animal acuática (Eutroficación) (8, 24, 25).

3.5.2.1.1 INTOXICACION POR NITRITOS

Altas concentraciones de nitritos al ser consumidas, se convierte en un peligro latente para los humanos ya que por el proceso de oxidoreducción, éste se reduce por la microbiota intestinal, y al entrar al torrente sanguíneo se unen con facilidad al Fe^{+2} de la molécula de Hemoglobina, disminuyéndole su afinidad por el oxígeno al oxidarlo a Fe^{+3} , provocando así la patología denominada METAHEMOGLOBINEMIA, o Hipoxia Sanguínea que afecta principalmente a niños lactantes menores de 3 meses de edad (26, 27).

3.5.2.2 CIANUROS (CN-)

El cianuro puede provenir de la industria galvanoplástica (21). Las sales de cianuro son usadas para limpiar, endurecer y refinar metales y en la recuperación del oro de los minerales. Estos pueden derivar del HCN que es utilizado como fumigante y en síntesis químicas. El mecanismo por el cual el cianuro causa envenenamiento es la inhibición del sistema citocromo oxidasa para la utilización de oxígeno en las células. También son inhibidos otros sistemas enzimáticos, pero en un grado menor. Es muy tóxico a pH ácido (19, 26).

El cianuro causa inicialmente un marcado aumento en la respiración, afectando los quimiorreceptores en el cuerpo carotídeo y en el centro respiratorio, y luego paraliza todas las células. La intoxicación por cianuro, puede causar la muerte dentro de las primeras 4 horas en humanos (19). La dosis letal para humanos de cianuro cuando deriva del HCN es de 1 mg de HCN/Kg del peso corporal. Es además altamente tóxico para peces (21).

3.5.2.2.1 INTOXICACION AGUDA POR CIANURO

Tiene dos formas de presentación: la primera pérdida de la consciencia con parada respiratoria, y tras una corta fase convulsiva se produce el paro cardíaco. Los cianuros alcalinos producen lesiones cáusticas en labios, boca y esófago. La intoxicación aguda característica es la irritación de las mucosas respiratorias y conjuntival por la acción química del ácido. Puede haber náuseas y vómitos. Hay sensación de vértigo intenso y opresión en la región frontal, con angustia, palpitations, disnea más o menos intensa, y tras una corta fase de espasmos convulsivos o fibrilaciones musculares se produce la parada respiratoria y muerte. El enfermo se pone de color rosado (28).

3.5.2.2.2 INTOXICACION CRONICA POR CIANURO

El tamaño y grado de ionización del CN⁻ es similar al del yodo, por lo que niveles séricos al del yodo, por lo que niveles séricos elevados de CN⁻ pueden dar lugar a bocio, e incluso signos leves de hipotiroidismo. También se producen trastornos neurológicos, periféricos (neuropatías) y centrales, siendo la neuropatía del nervio óptico una de las más características (28).

3.5.2.3 FOSFATOS (PO₄⁼)

El fósforo y sus derivados orgánicos e inorgánicos, en la actualidad son utilizados como fertilizantes (insecticidas, rodenticidas, abonos), fabricación de cerillos, en la pirotecnia y actividades industriales como: metalurgia, fabricación de pastas fosforadas, lámparas; industria farmacéutica etc (29).

3.5.2.3.1 INTOXICACION AGUDA POR FOSFATOS

Los fosfatos se absorben fácilmente por vía digestiva; el hidrógeno fosforado, por su carácter gaseoso, se absorbe por vía respiratoria, así como los vapores de fósforo. La acción general de los fosfatos lo realizan a nivel celular y consiste en una inhibición de las oxidaciones celulares por interferir en la fase aerobia de la respiración celular (bloqueo por glutatión), con lo que, al impedir el metabolismo celular normal, conduce a la degeneración grasa y muerte celular tardía (30). Los hexametofosfatos, polifosfatos, tripolifosfatos, difosfatos y otros fosfatos de sodio y potasio usados como suavizantes del agua, forman complejos con el calcio y, después de la ingestión, son capaces de reducir intensamente el calcio iónico de la sangre. Tienen menor efecto

corrosivo sobre las mucosas que el hidróxido iónico. La hidrólisis de los fosfatos polímeros produce también acidosis. Los hallazgos patológicos incluyen la existencia de áreas gelatinosas y necrosadas en los sitios de contacto (21, 30).

3.5.2.3.2 INTOXICACION CRONICA POR FOSFATOS

Los síntomas se caracterizan por aparecer varios años después, los signos iniciales son alteraciones gastrointestinales y un débil olor aliáceo (debido al fósforo eliminado por esta vía) del aliento. El efecto característico se produce sobre el hueso, en el que una aposición ósea subperióstica compacta, con osteopenia generalizada. En la cavidad oral el ácido fosfórico disuelve el esmalte, irrita las mucosas y, a través de las caries o heridas de exodoncias, se producen infecciones óseas con necrosis maxilar, decalcificación maxilar (28).

IV. JUSTIFICACIONES

El Lago de Amatitlán es un ecosistema donde se efectúa la pesca artesanal y en donde llegan a extraerse hasta 50 toneladas anuales de peces para la venta y consumo de la población de Amatitlán y los municipios aledaños (32). En estudios realizados en este sistema lacustre se han detectado presencia de nitratos, nitritos, fosfatos en la superficie y a ciertas profundidades del agua (27) así como microorganismos patógenos como *Salmonella* y *Escherichia coli*, en tejidos musculares de peces tomados al azar. (13)

La Autoridad del Lago de Amatitlán (ARRLA, 1996) realizó análisis en las aguas superficiales del lago y se determinó la presencia de algunos metales como: plomo, arsénico, cromo, mercurio, manganeso y aluminio. En términos generales los metales pesados y las sustancias tóxicas en altas concentraciones son altamente tóxicas para los peces ya que pueden causar hasta la muerte de grandes poblaciones (21). En el ser humano los metales pesados pueden causar saturnismo (Plomo), muerte (cadmio, arsénico y cromo VI) y las sustancias tóxicas pueden producir patologías como Metahemoglobinemia (nitritos), necrosis de células y muerte (cianuros y fosfatos) (20, 21, 28).

En base a los estudios anteriormente descritos se hace necesario esta investigación, donde se ha comprobado que los principales problemas que le causan deterioro ambiental a este ecosistema son: crecimiento industrial centralizado (desechos sólidos y líquidos), inadecuada ocupación del suelo; ya que el 75 % es urbanización, prácticas agrícolas inadecuadas (uso de insecticidas, plaguicidas, biocidas, etc) y ausencia de educación ambiental y conciencia ciudadana (1).

Los metales pesados y sustancias tóxicas que se determinarán y se cuantificarán se realizarán en el *Cichlasoma managuense* (Gunter) Guapote o Pez Tigre, ya que forma la población mayoritaria de la ictiofauna en este sistema lacustre y de mayor consumo.

V. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVOS GENERALES

5.1.1 Determinar los metales pesados y sustancias tóxicas para el ser humano por métodos espectrofotométricos que se encuentran en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (Gunter) Pez Tigre o Guapote en 3 puntos diferenciados en el Lago de Amatitlán.

5.1.2 Cuantificar los metales pesados y sustancias tóxicas que se encuentran en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (Gunter) Pez Tigre o Guapote en 3 puntos diferenciados en el Lago de Amatitlán.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

5.2.1 Determinar los metales pesados como: plomo, arsénico, cadmio y cromo VI y las sustancias tóxicas: cianuro, fosfatos y nitritos en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (Gunter) Pez Tigre o Guapote

5.2.2 Cuantificar los metales pesados como: plomo arsénico, cadmio y cromo VI y las sustancias tóxicas: cianuro, fosfatos y nitritos en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (Gunter) Pez Tigre o Guapote en ppm.

VI. HIPOTESIS

El *Cichlasoma managuense* (Gunter) de El Lago de Amatitlán presentará concentraciones mayores a las permisibles según normas internacionales y locales de plomo, cadmio, arsénico, cromo, nitritos, cianuro y fosfatos en el tejido muscular.

VII. MATERIALES Y METODOS

7.1 UNIVERSO DE TRABAJO

Se utilizarán 3 puntos de muestreo en el Lago de Amatitlán para la colecta del *Cichlasoma managuense* (Pez Tigre o Guapote) a los cuales se les determinará y cuantificará plomo, arsénico, cadmio, cromo VI, nitritos, fosfatos y cianuro en mg/Kg..

7.2 RECURSOS HUMANOS

Hayro Oswaldo García García, Investigador
Licda. Aura Elizabeth Padilla Arreaga, Asesora de Tesis
Br. Miguel Estuardo Flores
Sr. Juan Estrada

7.3 RECURSOS FISICOS

Laboratorio de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán AMSA
La Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
Biblioteca, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Biblioteca, Universidad de San Carlos de Guatemala
Biblioteca de la Facultad de Agronomía
Biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala
Biblioteca del Instituto Nacional de Tecnología y Capacitación INTECAP
Biblioteca de la Dirección General de Energía Nuclear
Biblioteca del Centro de Estudios Conservacionistas CECON
Biblioteca del Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos UCAM.
Biblioteca de la Universidad Francisco Marroquín

RECIBIDO
1990
100 Cel.

7.4 RECURSOS MATERIALES

7.4.1 Para la toma de muestras

7.4.1.2 Material

- Bolsas plásticas de 10 galones
- Bolsas plásticas nasco (esterilizadas) 100 ml
- Hielo
- Hielera
- Marcadores indelebles
- Guantes
- Libreta de campo

7.4.1.3 Equipo

- Lancha con motor fuera de la borda
- Caña de pescar
- Atarraya 25 cuartas y 2 cm de luz

7.4.2 Para la determinación de laboratorio

7.4.2.1 Materiales

- Masking tape
- Cajas de petrí
- Beaker 30, 250 y 1000 ml
- Balones aforados de 10, 25 y 100 ml
- Fracos de 100 y 1000 ml color ámbar
- Espátula
- Cuchillo
- Marcadores indelebles
- Pizeta
- Mortero de ágata
- Pipetas de 1, 10, 25 ml
- Agitadores de vidrio
- Micropipetas Pasteur
- Agujas de disección
- Tijeras
- Pinzas
- Erlenmeyer 25, 100 y 500 ml
- Pipeteador
- Papel pH

- Matraz 100 y 250 ml
- Crisoles de 40 ml
- Vidrios de Reloj
- Libreta de campo
- Cepillo para descamar
- Guantes
- Bolsas nasco de 25 ml

7.4.2.2 Equipo

- WTW Oxímetro
- WTW Potenciómetro
- Estufa monoplato con agitador
- Espectrofotómetro
- Campana para extracción de gases
- Microscopio
- Desecadora
- Mufla
- Refrigeradora
- Balanza analítica
- Horno

7.4.2.3 Reactivos

- Acido clorhídrico 1N
- Acido Nítrico Concentrado
- Hidróxido de sodio
- Pb-1k
- Pb-2k
- Arsen - Test-1
- Arsen - Test-2
- Cr-1A
- Cr-2A
- Cr-3A
- Cd-1k
- Cd-2k
- NO₂-AN
- P04-1
- CN-1A

- CN-2A
- CN-3A
- Varillas analíticas

7.6 METODOS

7.6.1 Muestreo

En base a los monitoreos en el Lago de Amatitlán que ha realizado La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán -AMSA- se determinaron 3 puntos de muestreo, siendo estos puntos: Punto E: (Río Villalobos), ubicado a 14 28' Norte (latitud) y 90 36' Oeste (longitud), que es el área con la mayor descarga de contaminantes químicos (líquidos y sólidos) y materia orgánica que son derivados de la ciudad capital de Guatemala y los municipios de Mixco, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Villa Canales y Amatitlán. Punto D: (Silla del Niño), Cuerpo Noroccidental, ubicado a 14 28' Norte (latitud) y 90 36' Oeste (longitud) que es el área donde pasan los contaminantes, pero es muy aireado y el Punto F: (Río Michatoya), ubicado a 14 29' Norte (latitud) y 90 36' Oeste (longitud), área donde hay mayor contaminación orgánica derivada de los comedores y restaurantes que se encuentran en la playa pública del Lago (Anexo 13.1, 13.2).

7.6.2 TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS ESTADISTICO

Se colectarán 15 peces por cada punto de la especie *Cichlasoma nanaguense* por conveniencia. 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 realizará con los pescadores del lugar, donde se navegará hasta cada punto de los establecidos y se utilizará atarraya o vara para pescar.

El análisis estadístico de los resultados se realizará con base en una comparación con las normas de límites máximos permitidos establecidas por FAO/OPS, Normas alemanas.

A cada punto de muestreo se le efectuará un análisis individual con una prueba Binomial para cada norma de límites máximos permitidos.

En función de la hipótesis de trabajo se determinará la siguiente fórmula:

Éxito (p): No cumple la norma ($>$ que la norma)
Fracaso (q): Cumple con la norma ($<$ que la norma)

$n=15$

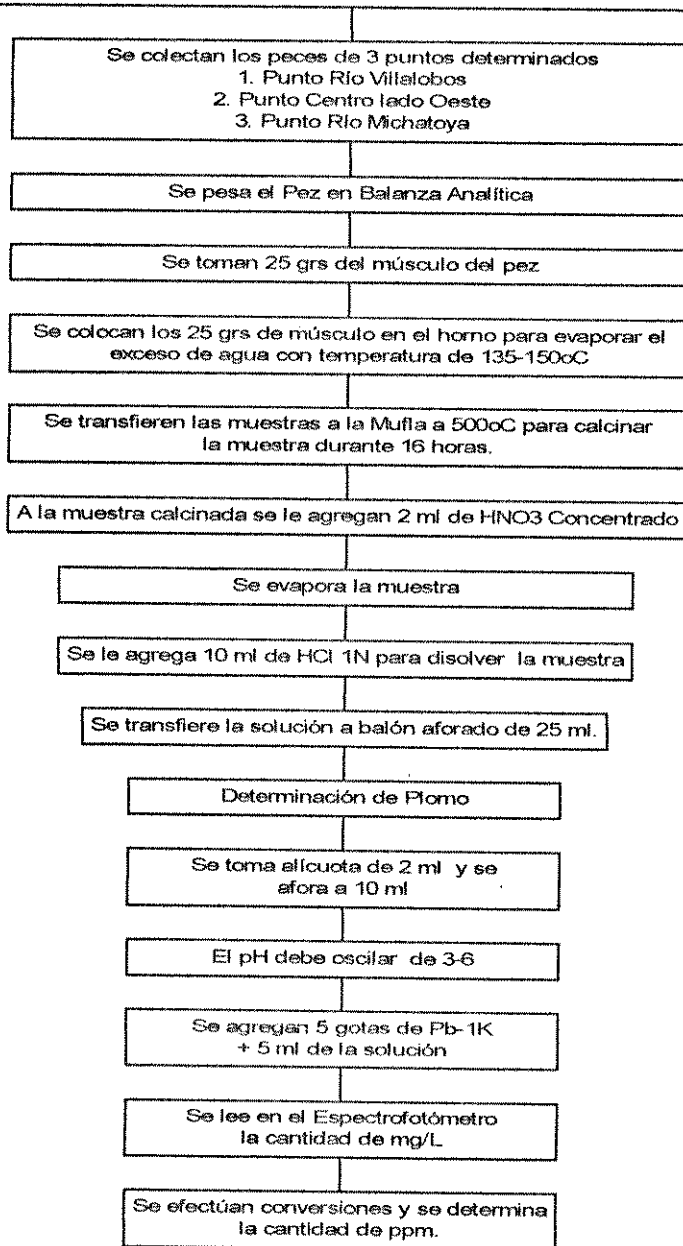
$H_0: p=q=0.5$ (Aleatorio: la concentración analito menor que la norma)

$H_a: p>0.5$ (No aleatorio: la concentración de analito es mayor que la norma)

En la prueba de hipótesis se trabajará con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, determinando con el número de éxitos obtenidos en 15 repeticiones la probabilidad de error tipo I, la cual deberá ser ≤ 0.05 para rechazar H_0 . Para la cual se utilizará la Tabla de Probabilidades para la Prueba Binomial (45) (anexo 13.17).

7.6.3 Diagrama de flujo

Metodología para la Determinación de Metales Pesados y Sustancias Tóxicas en Tejido Muscular de *Cichlasoma managuense* (Pez Tigre o Guapote) en el Lago de Amatitlán



Igual metodología se le realiza a los demás metales (Arsénico, Cromo VI, Cadmio) y las sustancias tóxicas (Fosfatos, Cianuros y Nitritos), tomando en cuenta su pH y Temperatura para cada solución.

VIII. RESULTADOS

COMPARACION ENTRE EL PLOMO Y NORMAS DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Villalobos Centro Oeste Rio Michatoya

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

Promedio 5.68 3.54 0.86 0.05 0.05

COMPARACION ENTRE ARSENIICO Y NORMAS DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Villalobos Centro Oeste Michatoya

No. de muestras	Arsénico mg/Kg	Arsénico mg/Kg	Arsénico mg/Kg	FAO/OPS mg/Kg	NORMAS ALEMANAS
1	2.45	1.18	0.12	0.002	0.002
2	1.28	0.46	0.015	0.002	0.002
3	0.12	1.67	0.14	0.002	0.002
4	0.54	3.59	1.5	0.002	0.002
5	0.12	0.12	0.03	0.002	0.002
6	0.21	0.51	0.12	0.002	0.002
7	0.26	2.11	0.15	0.002	0.002
8	2.12	0.71	0.16	0.002	0.002
9	0.2	1.16	0.18	0.002	0.002
10	1.32	1.33	0.19	0.002	0.002
11	0.24	0.39	0.048	0.002	0.002
12	1.67	1.85	1.45	0.002	0.002
13	1.29	4.22	0.02	0.002	0.002
14	1.13	2.37	0.06	0.002	0.002
15	2.31	3.87	0.45	0.002	0.002

Promedio 1.017 1.70 0.309 0.002 0.002

COMPARACION ENTRE CADMIO Y NORMAS DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Villalobos Centro Oeste Michatoya

No. de muestras	Cadmio mg/Kg	Cadmio mg/Kg	Cadmio mg/Kg	FAO/OPS mg/Kg	NORMAS ALEMANAS
1	1.94	0.22	1.15	0.001	0.005
2	1.19	0.45	0.59	0.001	0.005
3	0.58	0.19	0.36	0.001	0.005
4	0.72	0.17	0.365	0.001	0.005
5	1.17	0.19	1.25	0.001	0.005
6	0.36	0.7	0.145	0.001	0.005
7	0.58	0.86	1.25	0.001	0.005
8	2.09	0.48	0.16	0.001	0.005
9	1.87	0.79	1.15	0.001	0.005
10	1.32	0.75	1.13	0.001	0.005
11	1.82	0.61	0.125	0.001	0.005
12	1.6	1.07	0.105	0.001	0.005
13	2.46	1.26	0.159	0.001	0.005
14	1.18	1.37	1.15	0.001	0.005
15	2.21	0.87	1.36	0.001	0.005
Promedio	1.41	0.67	0.70	0.001	0.005

COMPARACION ENTRE CROMO VI Y NORMAS DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Villalobos Centro Oeste Michatoya

No. de muestras	Cromo VI mg/Kg	Cromo VI mg/Kg	Cromo VI mg/Kg	FAO/OPS mg/Kg	NORMAS ALEMANAS
1	1.15	0.78	1.45	0.05	0.062
2	0.18	0.18	0.2	0.05	0.062
3	2.05	0.88	0.25	0.05	0.062
4	3.67	0.24	0.26	0.05	0.062
5	3.2	0.073	0.28	0.05	0.062
6	0.15	0.0838	0.96	0.05	0.062
7	0.44	0.0965	0.89	0.05	0.062
8	4.6	1.9	0.798	0.05	0.062
9	0.34	0.037	0.987	0.05	0.062
10	0.37	0.54	0.956	0.05	0.062
11	2.66	0.56	0.985	0.05	0.062
12	1.95	0.072	0.962	0.05	0.062
13	0.67	0.0849	0.456	0.05	0.062
14	1.76	0.045	0.058	0.05	0.062
15	0.21	1.76	0.0258	0.05	0.062
Promedio	1.56	0.49	0.63	0.062	0.062

COMPARACION NITRITOS vrs NORMAS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Villalobos Centro Oeste Michatoya

No. de muestras	Nitritos mg/Kg	Nitritos mg/Kg	Nitritos mg/Kg	FAO/OPS mg/Kg
1	490	120	75	50
2	150	90	78	50
3	49	80	95	50
4	13	120	65	50
5	120	90	112	50
6	120	50	153	50
7	130	120	128	50
8	130	60	125	50
9	40	70	165	50
10	160	60	120	50
11	120	80	136	50
12	20	110	185	50
13	130	110	95	50
14	110	1120	86	50
15	28	130	26	50
Promedio	120.67	160.67	109.6	50

COMPARACION ENTRE EL CIANURO Y NORMA DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

Villalobos Centro Oeste Rio Michatoya

No. de muestras	Cianuro mg/Kg	Cianuro mg/Kg	Cianuro mg/Kg	Normas Alemanas 1mg HCN/Kg peso corporal
1	1.44	0.47	0.98	1
2	2.3	0.41	0.958	1
3	1.16	0.95	1.26	1
4	1.057	0.69	0.24	1
5	1.22	0.662	0.25	1
6	0.26	0.406	0.369	1
7	2.48	0.25	0.25	1
8	2.05	0.7	1.24	1
9	1.75	0.264	0.56	1
10	2.36	0.76	0.26	1
11	2.33	0.53	0.35	1
12	1.64	1.06	0.85	1
13	2.48	0.65	0.25	1
14	2.2	1.33	0.025	1
15	2.23	1.26	0.025	1
Promedio	1.797	0.6928	0.5245	1

RESULTADOS DE FOSFATOS

Río Villalobos Centro Oeste Michatoya

No de muestra	Fosfatos	Fosfatos	Fosfatos
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
1	96.56	77.99	45.21
2	323.28	70.92	51.21
3	77.93	93.47	65.68
4	87.68	82.62	96.58
5	77.05	99.81	89.52
6	105.98	95.54	54.85
7	161.66	92.95	56.98
8	14.86	68.49	89.87
9	81.98	110.08	100.54
10	184.87	75.5	424.52
11	1000	53.05	56.2
12	71.91	74.93	45.21
13	33.48	98.52	78.95
14	51.85	110.2	78.62
15	57.77	103.29	98.87
Promedio	161.80	87.157	95.487

PRUEBA BINOMIAL A MUESTRAS DEL RIO VILLALOBOS

Sustancia/	No. muestras	Exitos	Fracasos	Valor p	Prueba Binomial
Metal pesado					Todos los casos se Ho se rechaza Ha: se concluye
Plomo	15	15	0	$P < 0.004$	
Cadmio	15	15	0	$P < 0.004$	
Arsénico	15	15	0	$P < 0.004$	
Cromo VI	15	15	0	$P < 0.004$	
Nitritos	15	10	5	$P < 0.004$	
Cianuro	15	15	0	$P < 0.004$	

PRUEBA BINOMIAL A MUESTRAS DEL CENTRO LADO OESTE

Sustancia/	No. muestras	Exitos	Fracasos	Valor p	Prueba Binomial
Metal pesado					Ha: se concluye Ha: se concluye Ha: se concluye Ha: se concluye Ha: se concluye No se rechaza
Plomo	15	15	0	$p < 0.004$	
Cadmio	15	15	0	$p < 0.004$	
Arsénico	15	15	0	$p < 0.004$	
Cromo VI	15	15	0	$p < 0.004$	
Nitritos	15	14	1	$p < 0.004$	
Cianuro	15	8	7	$p = 0.50$	

PRUEBA BINOMIAL A MUESTRAS DEL RIO MICHATOYA

Sustancia/	No. muestras	Exitos	Fracasos	Valor p	Prueba Binomial
Metal pesado					Ha: se concluye Ha: se concluye Ha: se concluye Ha: se concluye Ha: se concluye No se rechaza
Plomo	15	14	1	$p < 0.004$	
Cadmio	15	15	0	$p < 0.004$	
Arsénico	15	15	0	$p < 0.004$	
Cromo VI	15	14	1	$p < 0.004$	
Nitritos	15	14	1	$p < 0.004$	
Cianuro	15	9	6	$P = 0.304$	

IX. DISCUSION DE RESULTADOS

En base a los resultados de la Prueba de la Hipótesis Binomial los más altos niveles de concentración de Metales Pesados y Sustancias Tóxicas encontrados en el tejido muscular en *Cichlasoma managuense* (Guapote o Pez Tigre) fue en el punto de la desembocadura del Río Villalobos y esto se debe a que es el área receptora de todas las descargas industriales y domésticas en el Lago Amatitlán derivadas de los municipios de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Mixco, Santa Catarina Pinula y la parte sur de la ciudad capital.

En este punto se encontro plomo en los peces hasta en cantidades de 16.21 ppm y no es de extrañarse, ya que por el exceso de sedimentos que se encuentran en este punto y ya que dentro de su alimentación estos especímenes se alimentan de excreta y los desechos orgánicos tienden a impregnarse de los metales y otras sustancias tóxicas. El plomo es un metal acumulativo, sumamente tóxico para la biota acuática, especialmente en los peces (21, 27). El plomo puede derivar de gasolinas y lubricantes, así como soldaduras, pinturas, baterías e imprentas (42, 43). La cantidad de plomo de 0.4 mg/L en la sangre no provoca síntomas, pero 0.7 - 0.8 mg/L significan alto grado de peligrosidad. Puede causar efectos adversos para el desarrollo mental (Saturnismo).

Según la prueba de la hipótesis binomial el arsénico se encuentra en niveles altos en relación a las normas de límites máximos permisibles de la FAO/OPS y normas alemanas. Este metal pesado puede derivarse de forma natural en el suelo agua y aire, como tóxico ambiental común. Los plaguicidas son otra fuente de producción. Se concentra en los peces y camarones, el límite máximo permisible en peces es de 0.2 a 0.3 ppm y el criterio para el agua potable es de 0.05 ppm. La ingesta humana diaria promedio de arsénico es de alrededor de 0.3 mg/L (17). Son fetotóxicos, teratogénicos y cancerígenos cáncer de la piel, pulmones, de riñón y linfomas (21).

Otro metal presente en grandes concentraciones en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (Guapote) en los 3 puntos monitoreados en el Lago Amatitlán es el cadmio, que es utilizado en la industria de la galvanoplastia galvanización y su utilización en plásticos, pigmentos para pinturas y acumuladores de níquel-cadmio, también puede derivar de plaguicidas. La

presencia de este metal disminuye la capacidad de sobrevivencia de estadios larvales y juveniles de peces, moluscos y otros crustáceos integrantes del Zooplancton (44). Las sustancias alimenticias no contaminadas contienen menos de 0.05 ug de cadmio por gramo de peso húmedo y la ingesta diaria promedio es de alrededor de 0.050 mg/Kg. El cadmio puede causar daño a los pulmones, riñones, al sistema cardiovascular, al sistema óseo y el altamente tóxico para los espermatozoides humanos.

El cromo que fue otro metal pesado analizado y según la prueba de la hipótesis binomial se encuentra en altas concentraciones en los 3 puntos monitoreados y el nivel promedio es más alto que las normas de límites máximos permitidos. Este metal puede ser derivado de la industria metalúrgica, baterías, galvanoplásticas y fertilizantes. Según La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) el límite permisible de agua potable en el humano es de 0.05 ppm. La sintomatología por contaminación por Cromo VI puede causar daños hepáticos. La FAO/OPS ha determinado su límite máximo permitido en 0.062 mg/Kg para la ingesta diaria.

En base a la prueba de la hipótesis binomial y el grado de diferencia significativa, los peces que se mantienen en el río Villalobos poseen alto contenido de cianuro, pero no los que se ubican en el centro lado Oeste y en el río Michatoya. La probable explicación es que en el río Villalobos por el exceso de desechos líquidos y sólidos que recibe el Lago de Amatitlán los peces tienden a impregnarse de gran cantidad de estos, y en los otros puntos por las corrientes del agua de norte a sur estas sustancias tóxicas tienden a solubilizarse por el factor de dilución del agua hace que disminuya la cantidad de los cianuros. Los cianuros son contaminantes altamente tóxicos que cuando derivan del HCN la dosis letal para humanos es de 1 mg de HCN/Kg del peso corporal también es altamente tóxico para peces. Los compuestos que forman al reaccionar los metales pesados pueden ser aún más tóxicos (27). Según los resultados de la prueba binomial los peces que permanecen en los puntos del centro lado oeste y michatoya, no todos están contaminados a diferencia de los que se encuentran en la desembocadura del río Villalobos, que de las 15 muestras determinadas todas poseían valores más altos comparándolos con las normas alemanas sobre ingesta de cianuro en los alimentos.

El límite permitido de nitritos en alimentos es de 0.01 ppm, las altas concentraciones de nitritos al ser consumidas, se convierte en un peligro latente para los humanos ya que por el proceso de oxidoreducción, éste se reduce por la

microbiota intestinal, y al entrar al torrente sanguíneo se unen con facilidad al Fe^{+2} de la molécula de Hemoglobina, disminuyéndole su afinidad por el oxígeno al oxidarlo a Fe^{+3} , provocando Metahemoglobinemia, o Hipoxia Sanguínea que afecta principalmente a niños lactantes menores de 3 años de edad (28). El Nitrógeno al igual que el fósforo puede derivar de la industria, pero también de desechos domésticos.

. El fósforo normalmente se encuentra bajo la forma de fosfatos, presentes en las descargas urbanas (heces, orina, detergentes, etc), industriales o agrícolas. Los fosfatos por formar parte de la química elemental de los peces, ya que contienen fósforo, no existe una norma para poder comparar el límite de toxicidad de esta sustancia.

X. CONCLUSIONES

1. En base a la prueba de hipótesis binomial con un nivel de significancia de 95 se determinó que el plomo, arsénico, cadmio, cromo VI y nitritos son los mayores contaminantes de los análisis realizados en los 3 puntos muestreados que se encuentran en el tejido muscular de *Cichlasoma managuense* (guapote o pez tigre) Lago de Amatitlán.
2. El cianuro según la prueba de hipótesis binomial los peces que se mantienen en el río Villalobos poseen alto contenido de esta sustancia tóxica, pero no los que se ubican en el centro lado oeste y en el río Michatoya.
3. El fosfato por formar parte de la química elemental de los peces, ya que estos poseen fósforo, no pudo determinarse si esta sustancia es contaminante para estos especímenes, ya que no existe una norma de límites máximos permitidos para efectuar un comparativo.
4. El *Cichlasoma managuense* (guapote) que se encuentra en el Lago de Amatitlán por su alto contenido en plomo, arsénico, cadmio, cromo VI y nitritos no es apto para la ingesta humana.

XI. RECOMENDACIONES

1. Cuantificar y analizar otros metales pesados como: manganeso, hierro, zinc, magnesio, níquel, mercurio, plata en otras especies de peces y en crustáceos que son fuente de alimentación para pobladores de Amatitlán y de los municipios circunvecinos.
2. Analizar metales pesados y sustancias tóxicas en verduras, frutas y vegetales comestibles que se encuentran alrededor del Lago de Amatitlán ya que estos son irrigados con agua de este ecosistema.
3. Efectuar análisis de metales pesados y sustancias tóxicas a los sedimentos del Lago de Amatitlán y poder determinar cual es la dieta que ingiere la biota acuática.
4. Reglamentar los límites máximos permisibles de aguas residuales de la industria y las municipalidades que conforman la cuenca del Lago de Amatitlán.
5. Efectuar análisis de sangre en las aldeas y poblados de Amatitlán, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Villa Canales para determinar si existe contaminación por metales pesados y sustancias tóxicas al consumir peces de este ecosistema lacustre.
6. Efectuar cualquier medida de mitigación para evitar que el Lago de Amatitlán se siga contaminando, como plantas de tratamiento a nivel industrial, domésticas, sedimentadores a nivel del río villalobos para atrapar todos los desechos sólidos y líquidos que lleguen a este ecosistema
7. Realizar monitoreos y análisis de aguas y estudios de impacto ambiental a otros lagos como Atilán, Izabal, Petén Itzá entre otros, y determinar su grado de contaminación para poder crear acciones a corto plazo y evitar que se sigan contaminando.



IX. REFERENCIAS

1. **ARRLA. PROGRAMA DE RECUPERACION AMBIENTAL DE LA CUENCA Y DEL LAGO DE AMATITLAN.** ARRLA. Guatemala. 1995 Inédito.
2. **DIGEN. CARACTERISTICAS LIMNOLOGICAS DEL LAGO DE AMATITLAN.** Segundo informe de avance del contrato 4477/RB/R1 OEA-DGEN 1989. Inédito.
3. Barrios, M. **INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO ARRLA.** Escuela de Biología. Facultad de CC QQ y Farmacia. USAC. 1986.
4. García, H. **INFORME FINAL DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO.** Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el Lago de Amatitlán. 1996.
5. Barillas, R. et al. **MACROFITAS DEL LAGO DE AMATITLAN.** Escuela de Biología. Departamento de Botánica. USAC. 1988 Inédito.
6. DITEPESCA. DIGESEPE. **ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO BIOPEQUERO DEL LAGO DE AMATITLAN.** Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Guatemala. 1995. Inédito
7. Gutiérrez, R. **DESCRIPCION DE ESPECIES ENCONTRADAS EN EL RIO LANQUIN, ALTA VERAPAZ.** Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas. CEMA USAC. 1994.
3. Moreno, M. **PECES DULCE-ACUICOLAS QUE SE EXPLOTAN EN MEXICO Y DATOS SOBRE SU CULTIVO.** Instituto Nacional de Pesca. S.I.C. / Subsecretaría de Pesca. Area de Alimentos. México. 1976.
2. Khin, H. **COMUNICACION PERSONAL. SOBRE PECES DEL LAGO DE AMATITLAN.** 1997
0. Astorqui, Ignacio. **PECES DE LA CUENCA DE LOS GRANDES LAGOS DE NICARAGUA.** Revista Biología Tropical. Colegio CentroAmericano. Managua Nicaragua. 1971
1. Alvarez N. **ANALISIS MULTIELEMENTAL POR REFLEXION TOTAL DE RAYOS X, EN TEJIDO MUSCULAR DE LOBINA *Micropterus salmoides* (Lacepede) y GUAPOTE *Cichlasoma managuense* (Gunter), en la laguna de Chichoj, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.** Tesis de Graduación. Facultad de CC QQ y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Mayo, 1995

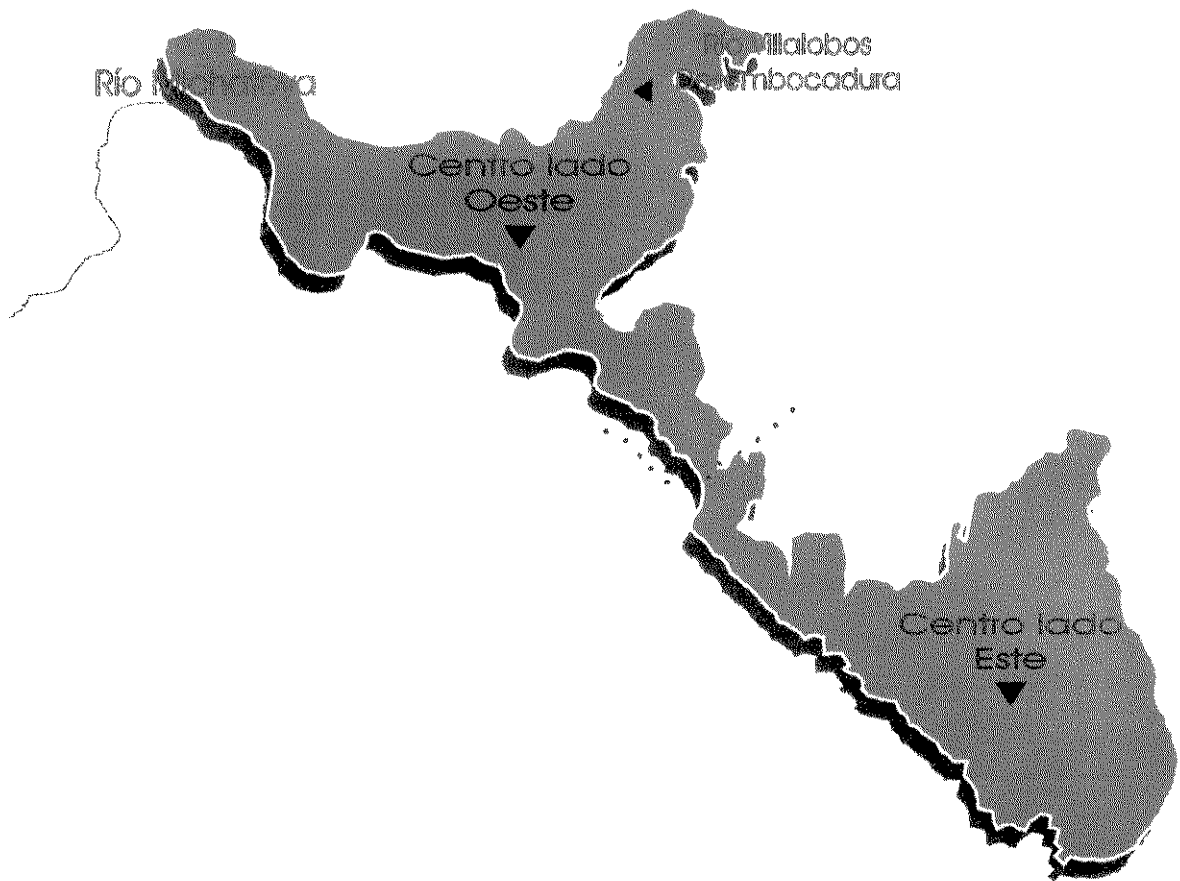
2. Cruz, G. et al. **PECES DE AGUA DULCE DE GUATEMALA, VERTIENTE DEL PACIFICO. PARTE I.** Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC. 1990.
3. Padilla, A. **CARACTERIZACION LIMNOLOGICA DEL LAGO DE AMATITLAN.** Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán 1996 Inédito.
4. **COGUANOR. COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS.** Ministerio de Economía. 1984.
5. **REGLAMENTO PARA VERTER Y REUSAR AGUAS RESIDUALES.** Presidencia de la República y los Ministerios de Salud y de Ambiente y Energía. Enero 1996.
6. **SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALE S Y PESCA** Norma Oficial Mexicana. NOM-001-ECOL-1996.
7. **COMISION DEL CODEX ALIMENTARIUS.** Contaminantes Volumen XVII Organización de las Naciones Unidas para el Agroindustria y Alimentos. ROMA OMS. 1984.
8. Diem K. & Lentner C. **DOCUMENTA GEIGY. SCIENTIFIC TABLES.** Published by J. R. Geigy S. A. Germany. 1970.
9. Dreisbach, R. **MANUAL DE TOXICOLOGIA CLINICA.** Prevención, diagnóstico y tratamiento. Manual Moderno. 5ta. Edición. México 1983.
0. Goodman & Gilman. **TOXICOLOGIA.** Editorial Labor. México 1990.
1. Hutter, L. **WASSER UND WASSERUNTERSUCHUNG. VIERTE AUFLAGE** Laborbucher Chemie. Frankfurt. Alemania. 1990
2. Eisler Ronald. **ZINC HAZARDS TO FISH, WILDLIFE, AND INVERTEBRATES A SINYPTIC REVIEW.** U.S. Departament of the Interior Fish and Wildlife Service Biological Report 10. 1993.
3. Bernabei, D. **SEGURIDAD. MANUAL PARA EL LABORATORIO.** Editor Merck. Printed Germany 1994.
4. Coloma Samuel y Orellana Pablo. **DISTRIBUCION ESPACIAL Y COMPOSICION GENERAL DE *Egeria densa* EN EL LAGO DE AMATITLAN** Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas. CEMA. USAC. 1996

25. Otadourruchi, R. y Ortiz, F. **PARAMETROS HIDROBIOLOGICOS DEL LAGO DE AMATITLAN.** Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas. CEMA.
27. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”. **INVESTIGACION APLICADA SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN LAS CUENCAS DEL RIO SUCIO, ACELHUATE Y CUAYA** Enero de 1997.
28. Valladares, M. **EVALUACION DE NITRITOS Y NITRATOS EN LAS AGUAS DEL LAGO DE AMATITLAN EN EPOCA LLUVIOSA.** Tesis de Graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC. 1994.
29. Ladron de Guevara & Moya Pueyo. **TOXICOLOGIA MEDICA. CLINICA Y LABORAL.** Editorial Interamericana McGraw-Hill. España 1995.
30. Austin, George. **MANUAL DE PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA** 5ta. Edición. Tomo II. Editorial McGraw-Hill. México 1990.
31. Gisbert Calabuig, J.A. **MEDICINA LEGAL Y TOXICOLOGIA.** 4ta. Edición Masson, S.A. & Salvat Medicina. España 1991.
32. Muñíz, A. **DIAGNOSTICO.** División de Plantas y Redes. Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán. Guatemala. 1995. Inédito
33. AOAC. **OFFICIAL METHODS OF ANALISYS.** 14th. Edicion. Tomo I, II. 1984 Unidad de Análisis Instrumental. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1984.
34. Nave, F. **COMUNICACION PERSONAL. METODO ESTADISTICO** 1997.
35. ASIES. **MONOGRAFIA AMBIENTAL.** Región Metropolitana Departamento de Guatemala. Guatemala. ASIES. 1992.
36. Cardona, J. **MUESTREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA PLAYA PUBLICA DEL LAGO DE AMTITLAN.** Facultad de Ingeniería. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. USAC. 1985. Inédito.
37. Amado de Zeissig, J. **INVESTIGACION DE INSECTICIDAS RESIDUALES EN LA FAUNA MARINA.** Editorial Universitaria. Colección “Monografías”. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1973.
38. ASIES. **MONOGRAFIA AMBIENTAL.** Región Metropolitana Departamento de Guatemala. Guatemala. ASIES. 1992.

39. **CEUR. DETERIORO Y DESAPARICION DE LAGOS Y LAGUNAS EN GUATEMALA.** Revista No. 4. USAC. 1989.
40. Krupp, Marcus. et al. **MANUAL DE DIAGNOSTICO CLINICO Y LABORATORIO.** 8a. Edición. Editorial Manual Moderno, S.A. México 1986.
41. Twenty-fourth Annual Report. **THE COUNCIL OF ENVIRONMENTAL QUALITY. ENVIRONMENTAL QUALITY.** U. S. Government Printing Office Washington D. C. 1992.
42. Goodman C. **LAS BASES FARMACOLOGICAS DE LA TERAPEUTICA.** 7a. Edición. Editorial Panamericana. Bogotá. 1989.
43. Halffter GR, et al. **ESTUDIO DE LA CONTAMINACION EN EL BAJO RIO COATZACOALCOS.** Informe. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México IPN. 1973.
44. Klein L. River Pollution, II. **CAUSES AND EFFECTS.** Londres. Butterwoths. 1962.
45. Siegel, S. **NON PARAMETRIC STATISTICS FOR THE BEHAVIORAL SCIENCES.** 2nd. Ed Mc Graw-Hill Book Company USA. 1988.

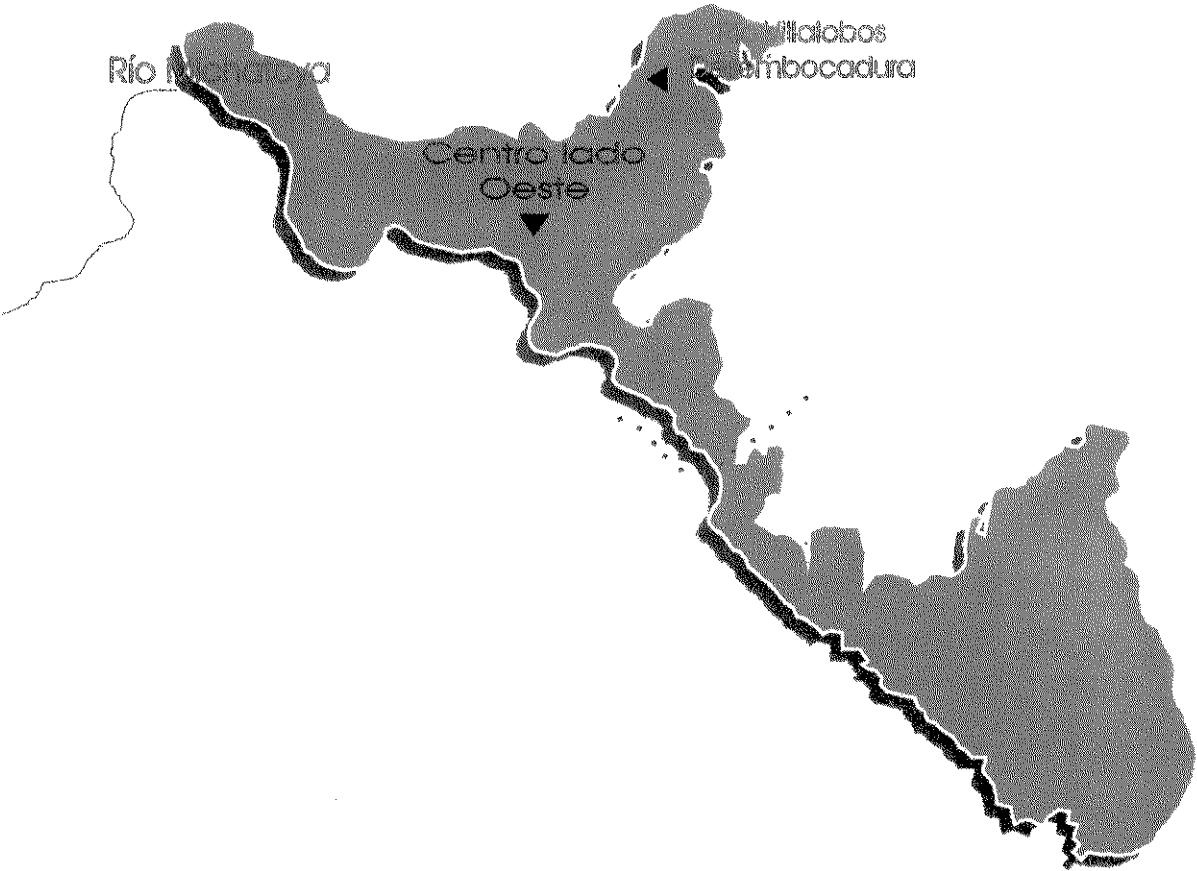
X. ANEXOS.

Puntos de Monitoreo del Lago de Amatitlán



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL LAGO DE AMATITLÁN
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC)
BOULEVARD DE LA AMÉRICA CENTRAL, C.A. 10010, GUATEMALA

Puntos de Monitoreo de *Cichlasoma managuense* Lago de Amatitlán



División Política de la Cuenca del Lago de Amatitlán

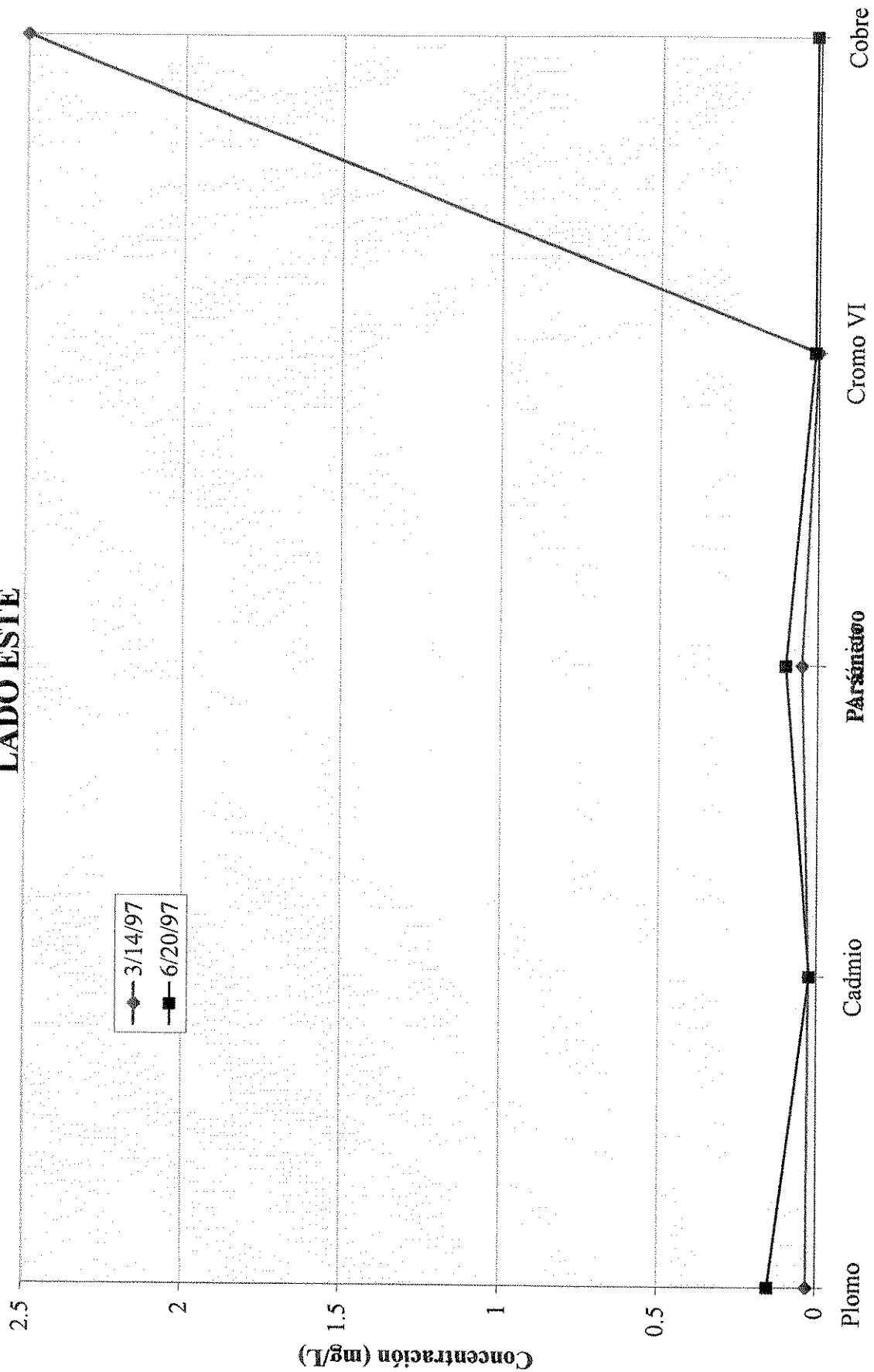


As que conforman la Cuenca del Lago de Amatitlán

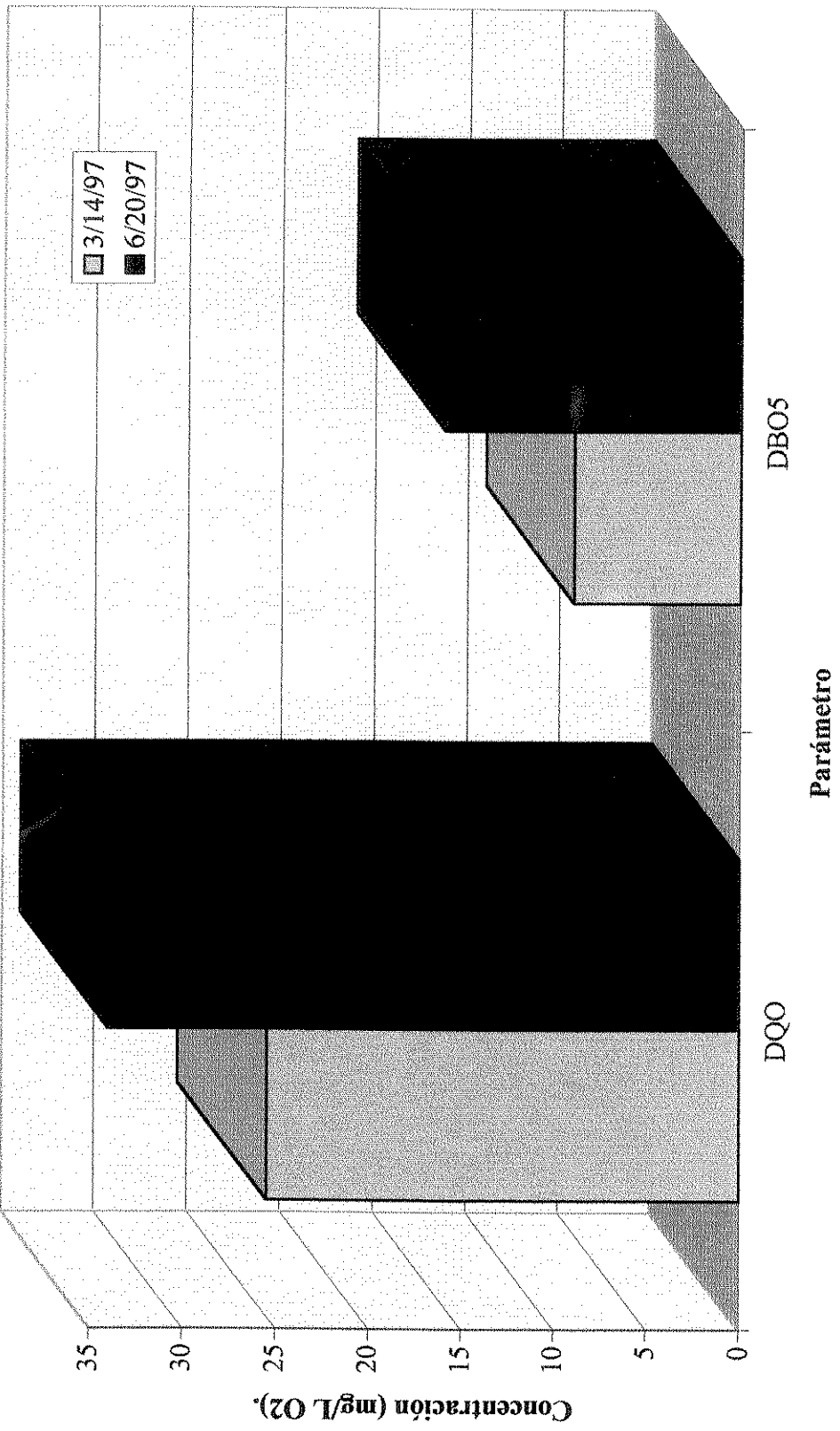


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

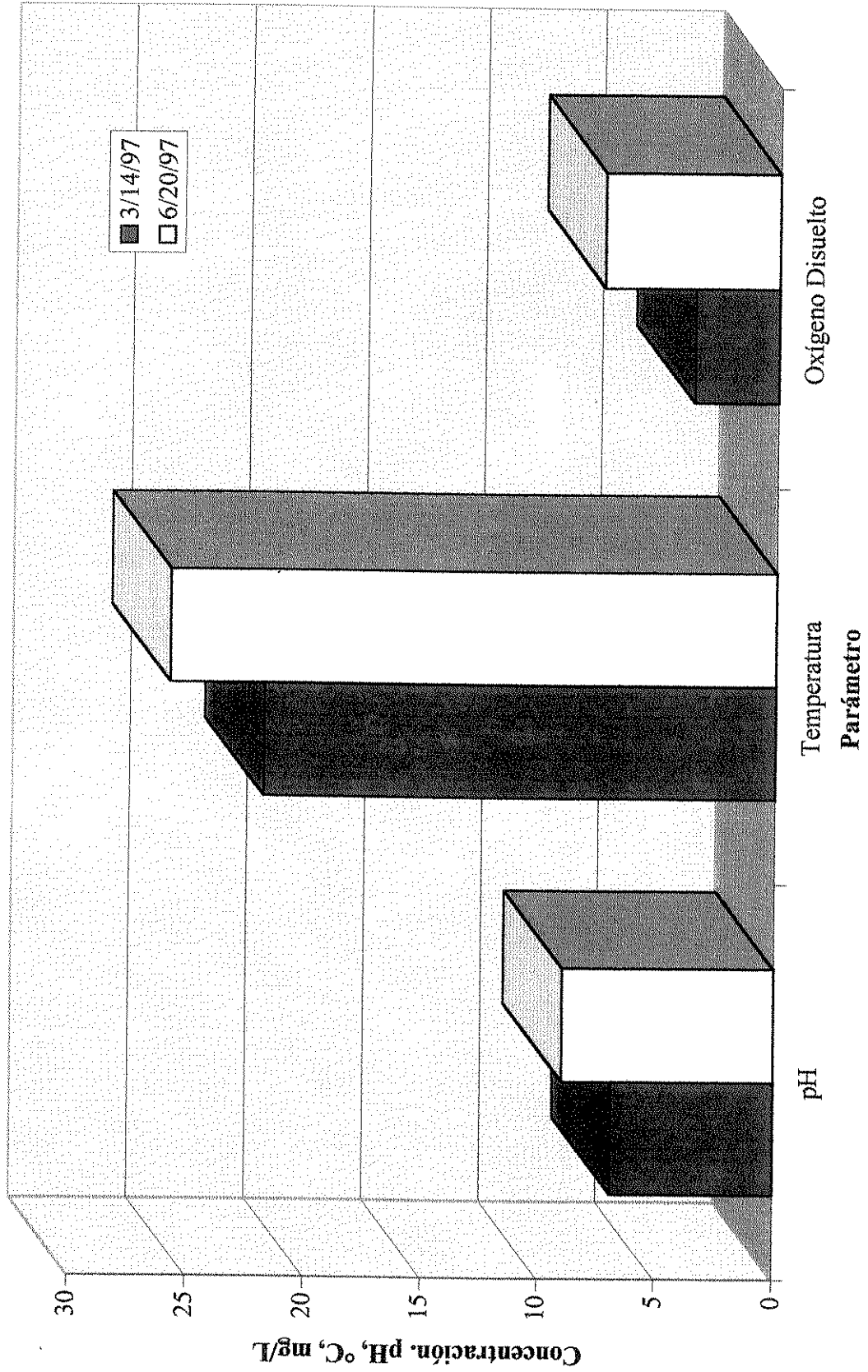
**METALES PESADOS. LAGO DE AMATITLAN PUNTO "A" CENTRO
LADO ESTE**



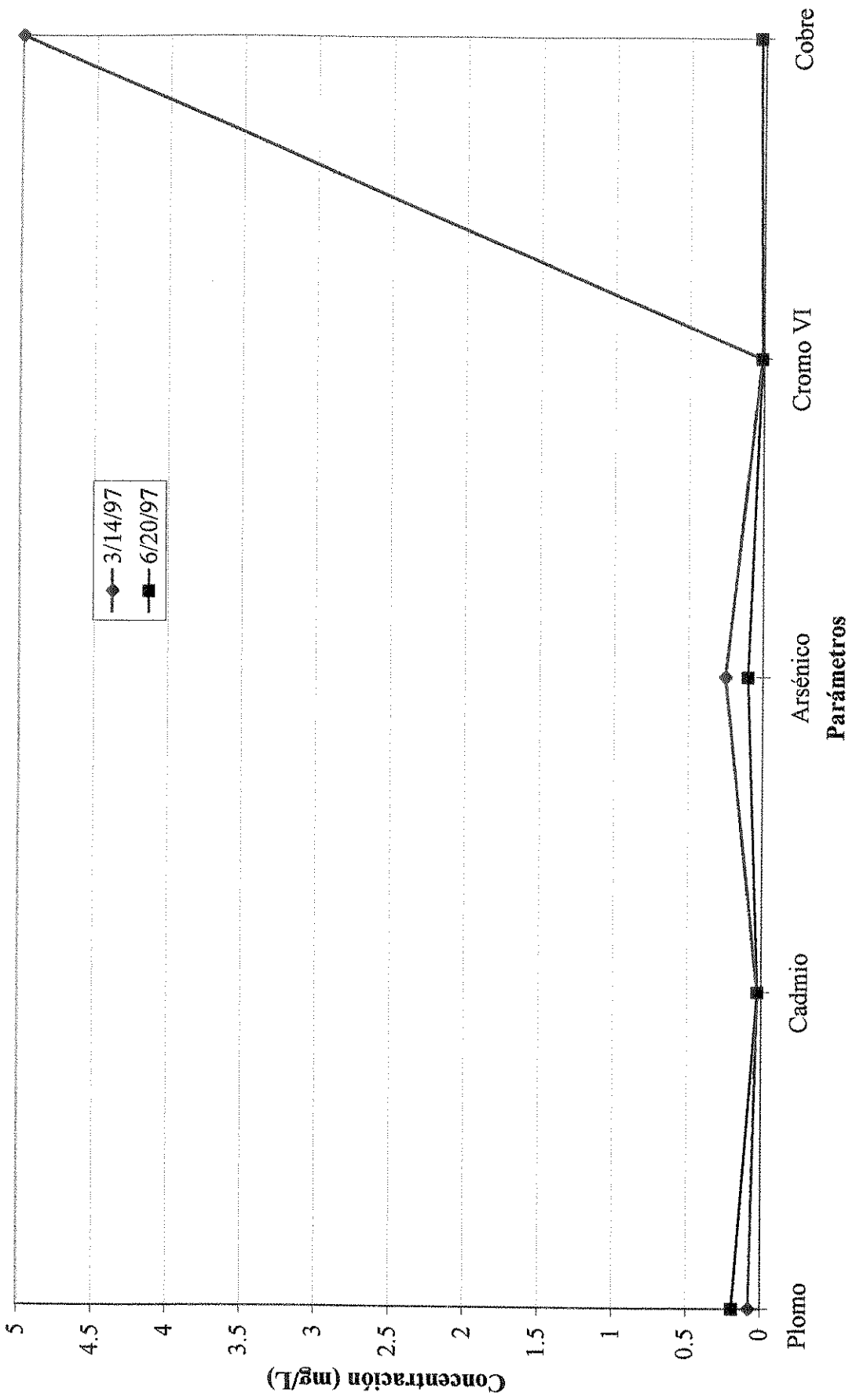
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO & DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO. LAGO DE AMATITLAN. PUNTO "A" CENTRO LADO ESTE



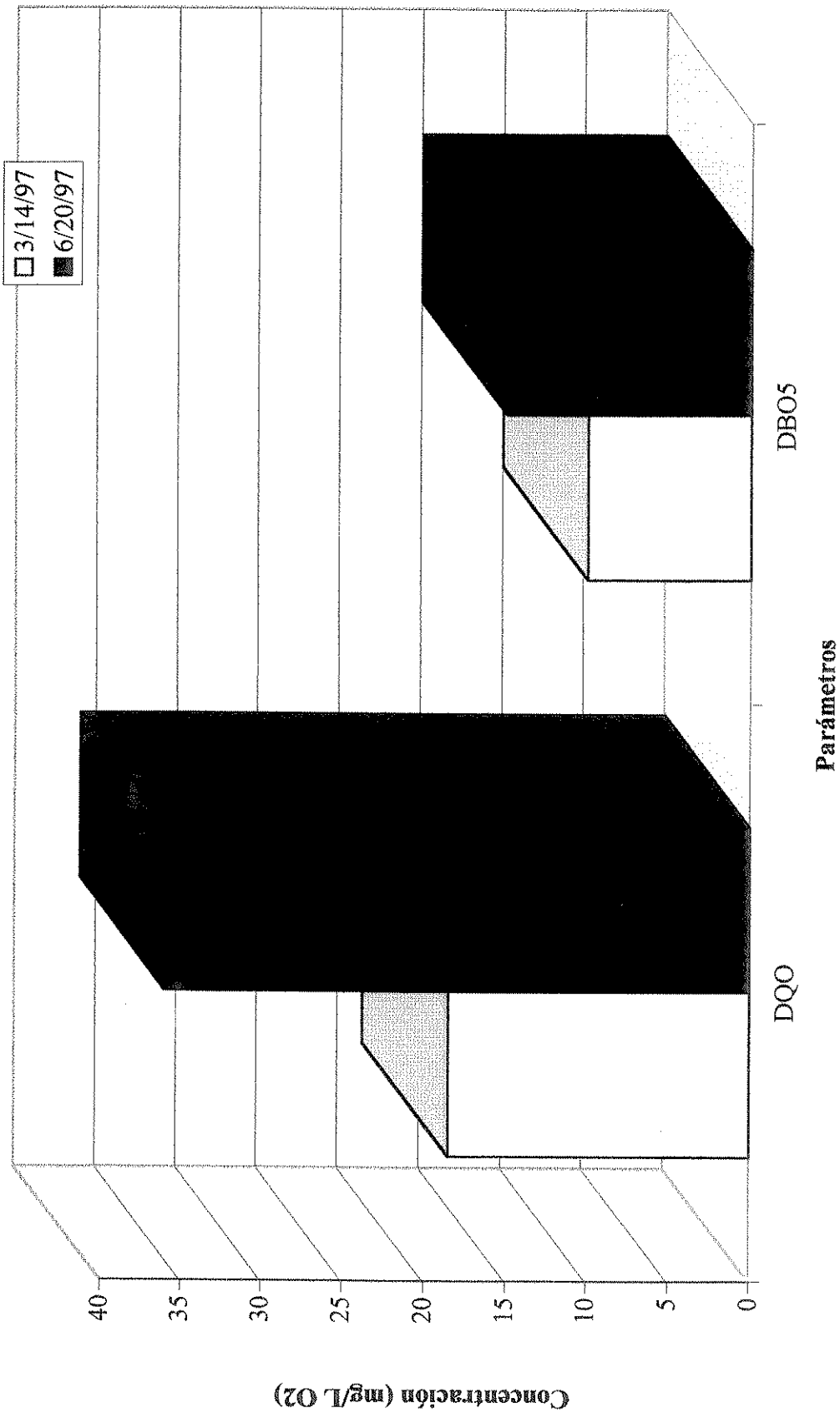
**pH, TEMPERATURA, OXIGENO DISUELTO. LAGO DE AMATITLAN,
PUNTO "A" CENTRO LADO ESTE**



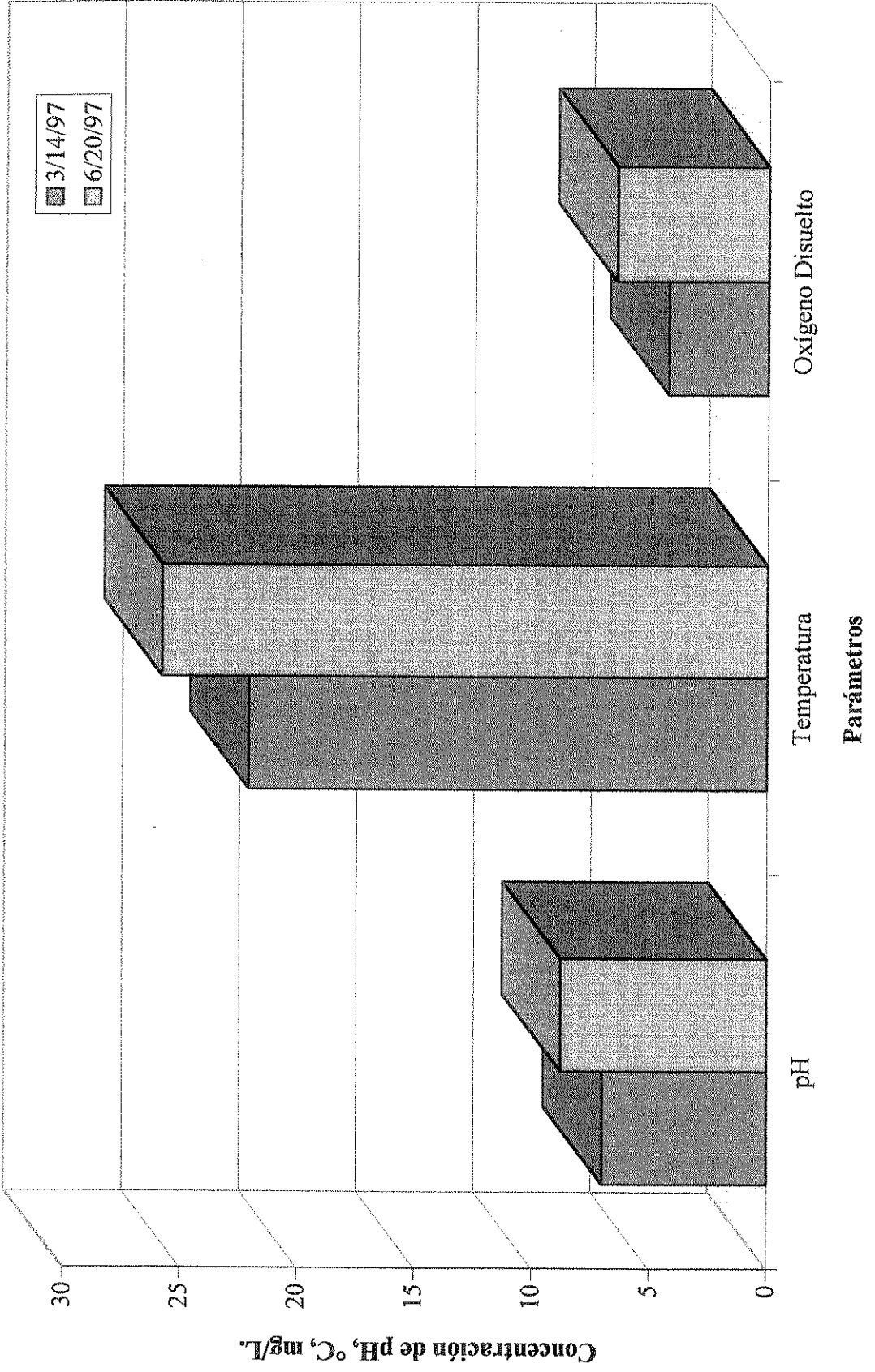
**METALES PESADOS. LAGO DE AMATITLAN. PUNTO "D" CENTRO
LADO OESTE**



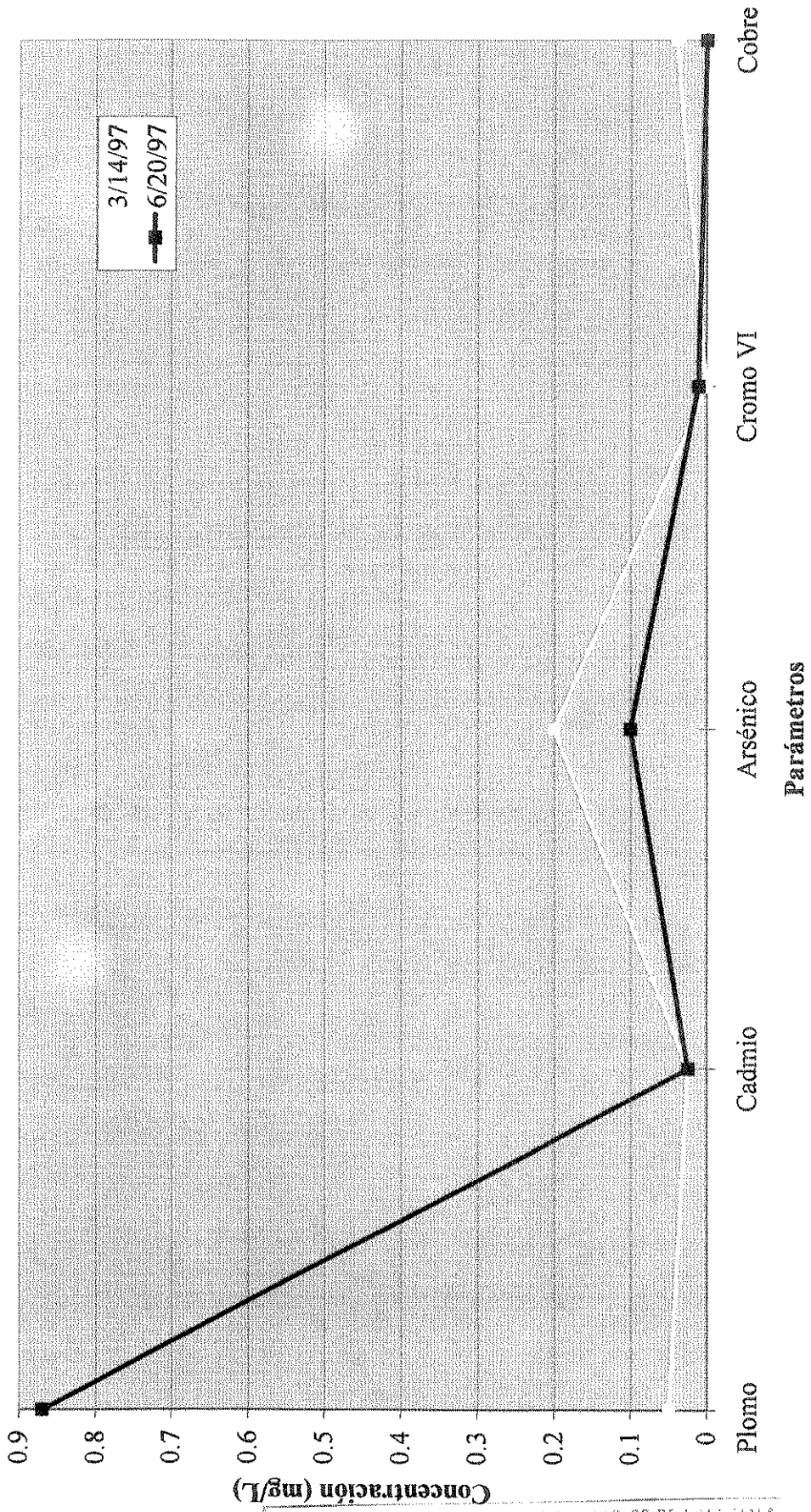
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO & DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO. LAGO DE AMATITLAN. PUNTO "D" CENTRO LADO OESTE.



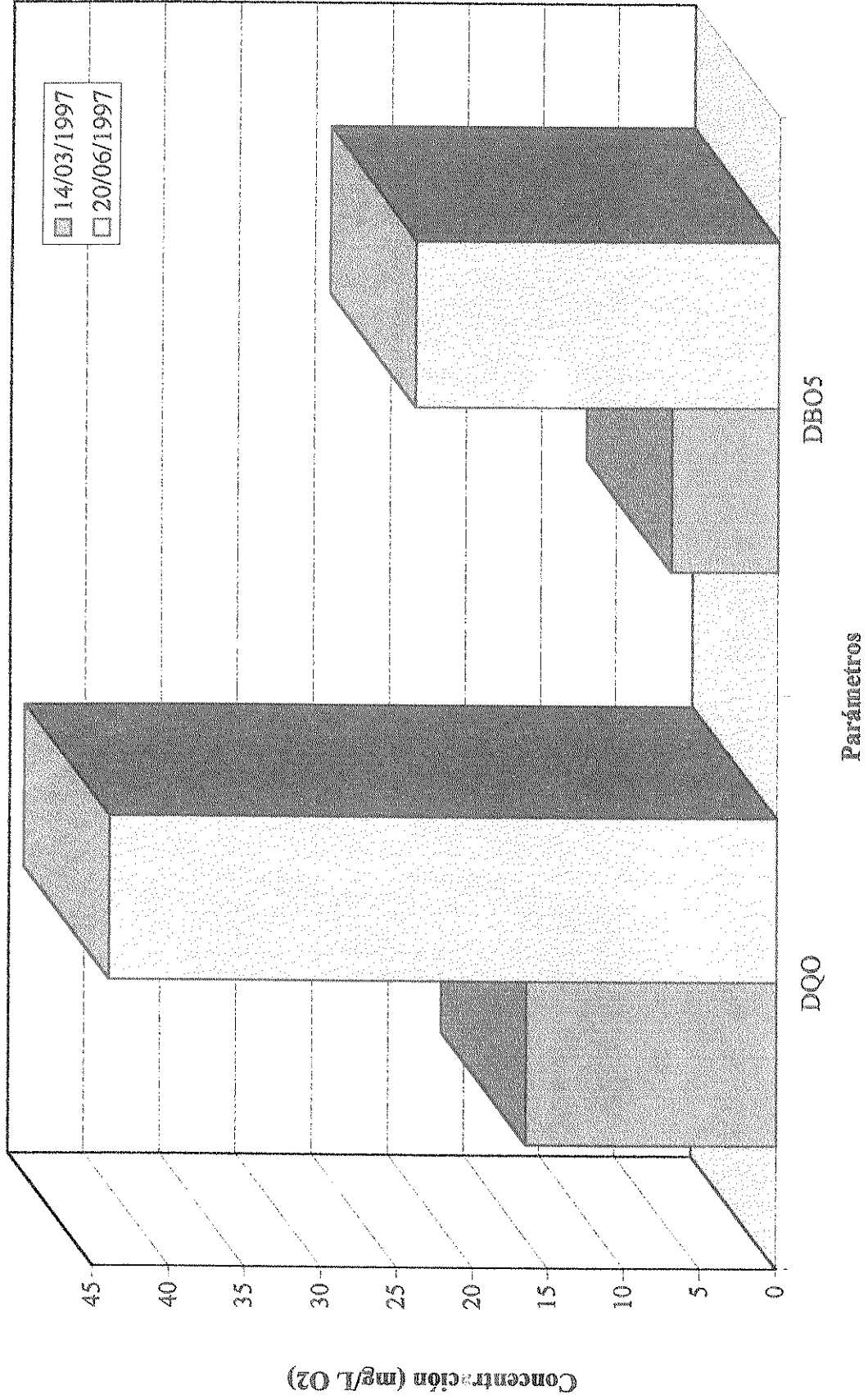
**pH, TEMPERATURA, OXIGENO DISUELTO. LAGO DE AMATITLAN.
PUNTO "D" CENTRO LADO OESTE.**



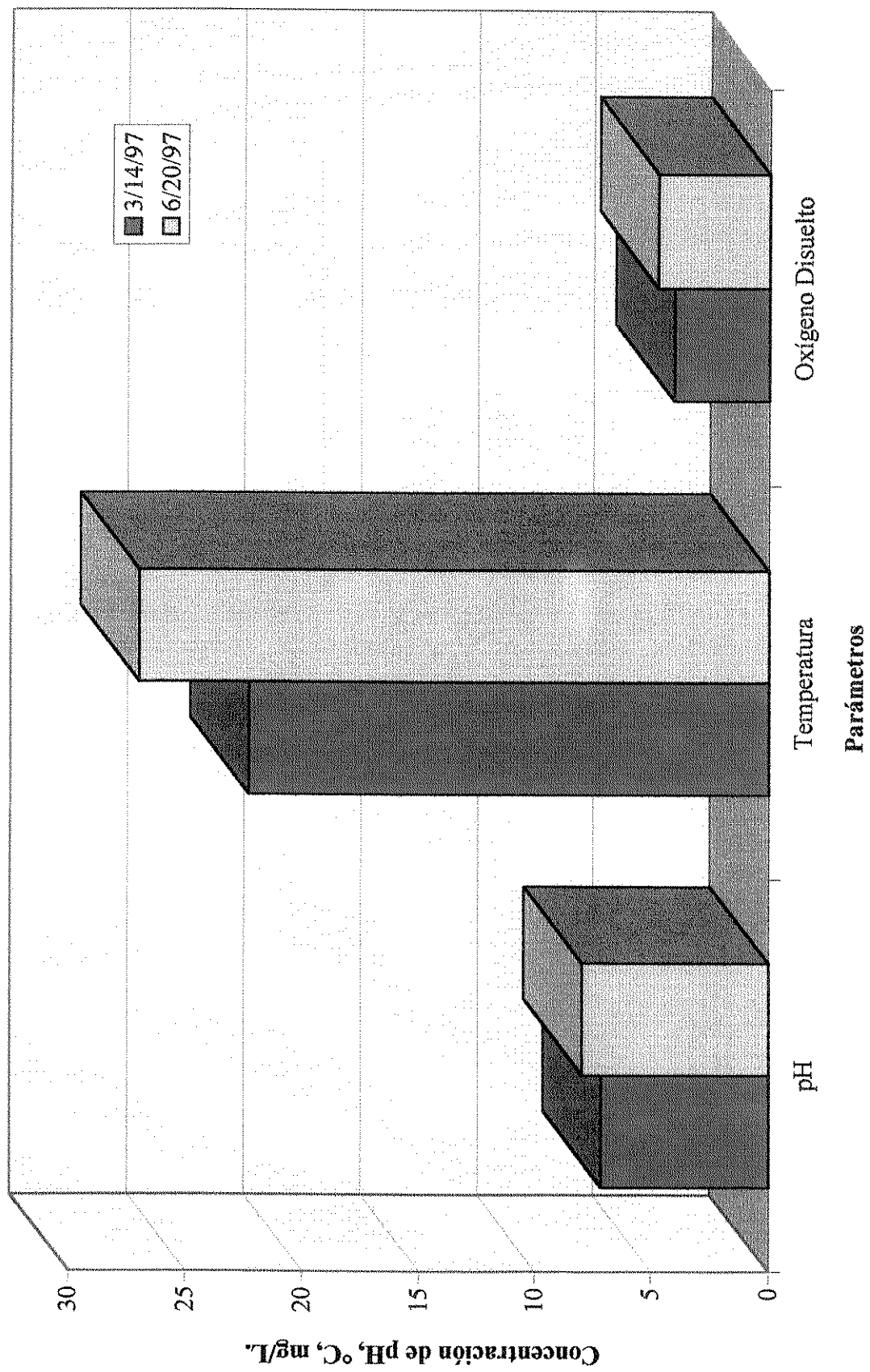
METALES PESADOS. LAGO DE AMATITLAN. PUNTO PLAYA DE ORO



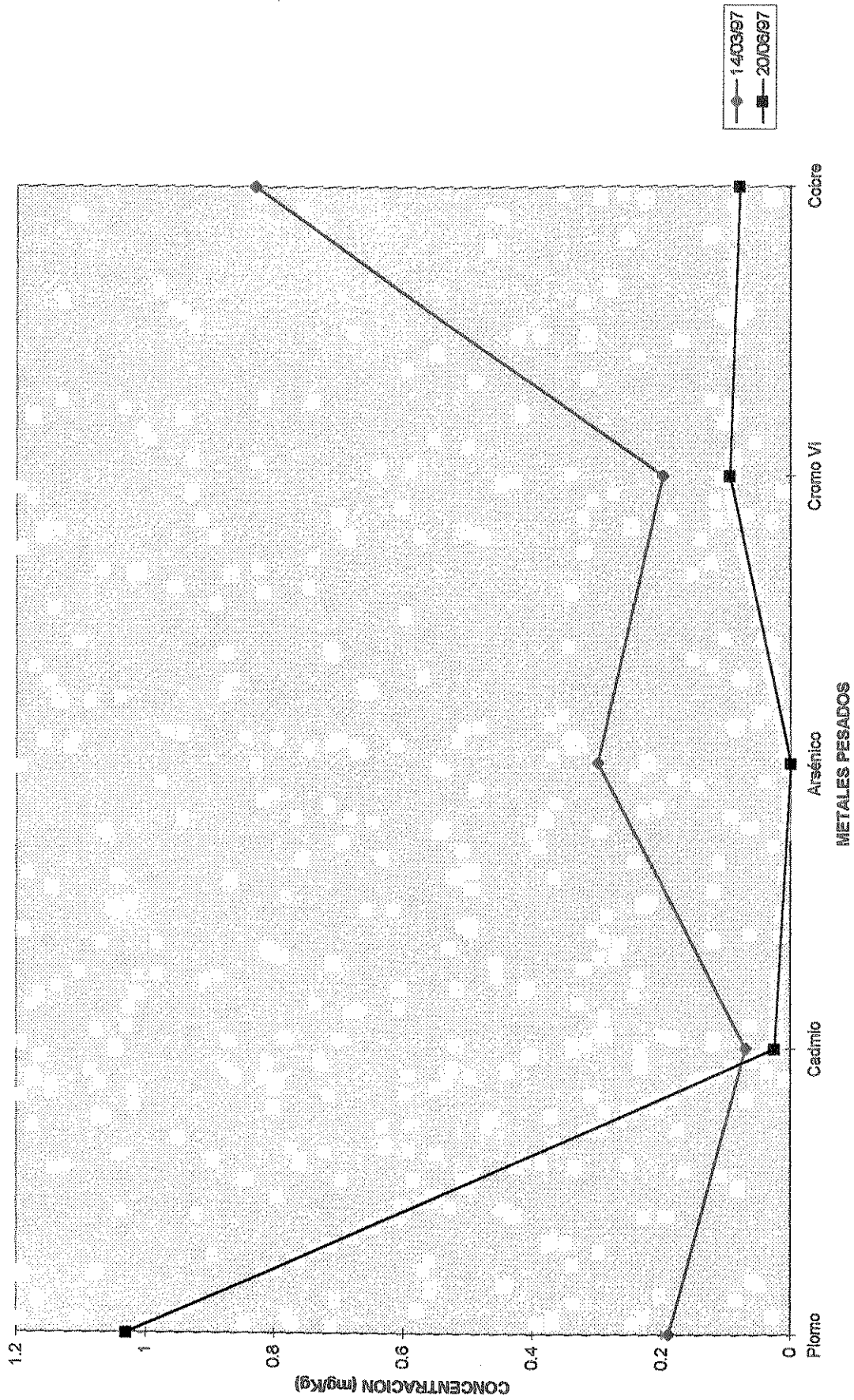
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO & DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO. LAGO DE AMATITLAN. PLAYA DE ORO.



**pH, TEMPERATURA, OXIGENO DISUELTO. LAGO DE AMATITLAN.
PLAYA DE ORO.**

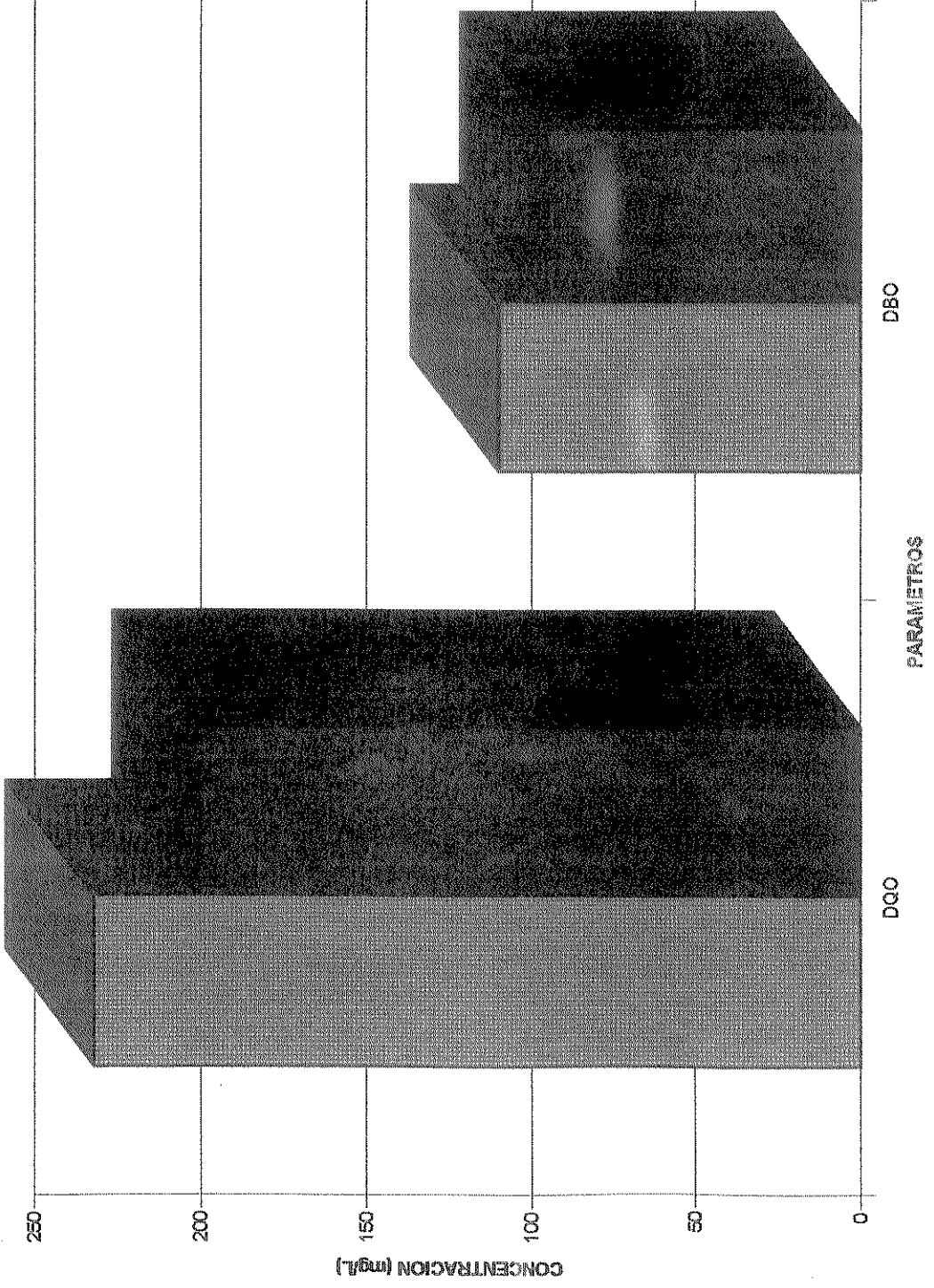


METALES PESADOS. LAGO DE AMATITLAN. RIO VILLALOBOS

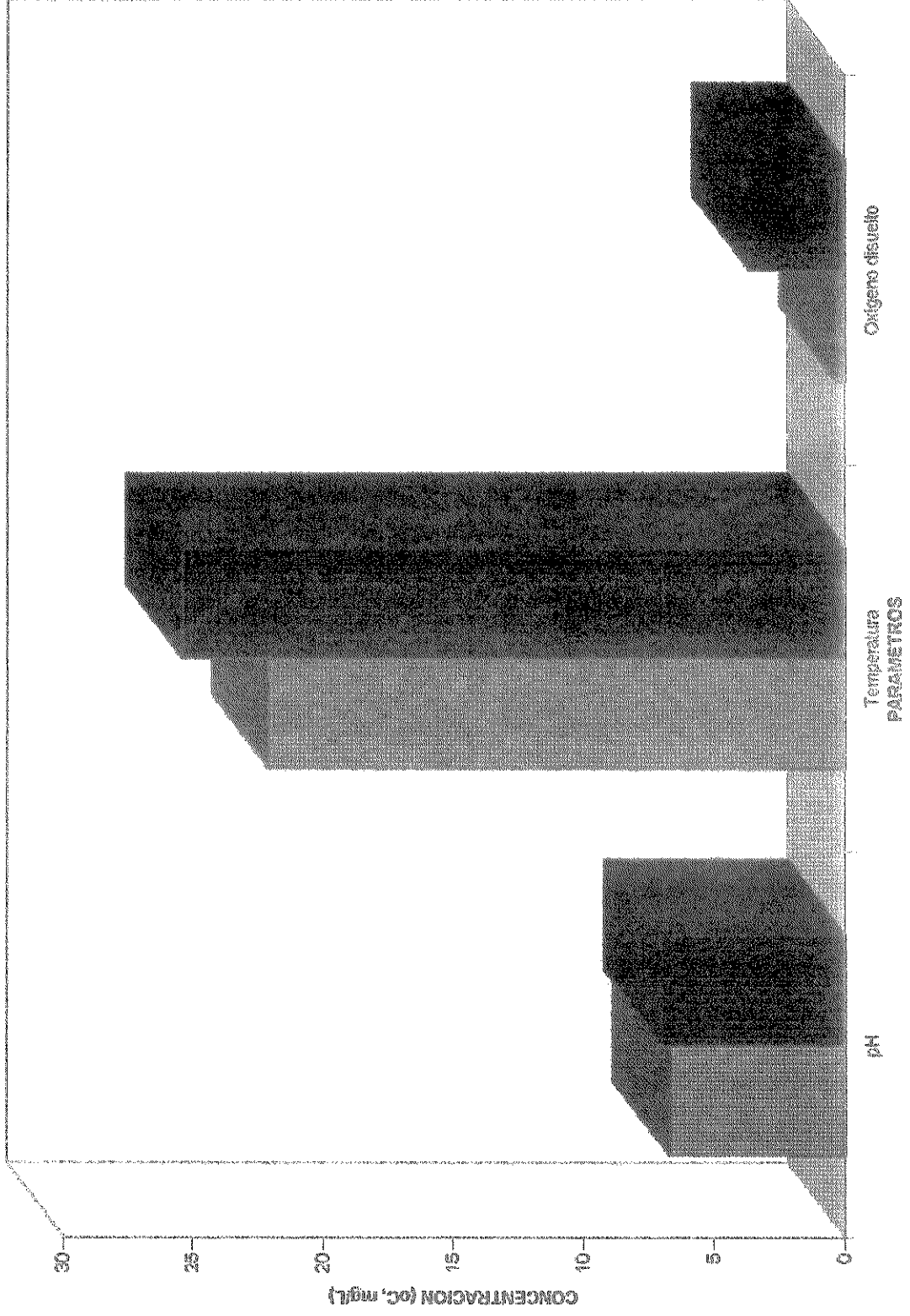


DEMANDA QUIMICA Y BIOQUIMICA DE OXIGENO. LAGO DE AMATITLAN. RIO VILLALOBOS

■ 14/03/97
■ 20/06/97



pH, TEMPERATURA, OXIGENO DISUELTO. LAGO DE AMATITLAN. RIO VILLALOBOS



■ 14/05/97
■ 20/06/97

TABLA DE PROBABILIDADES PARA LA PRUEBA DE HIPOTESIS BINOMIAL
($H_0: p=q=0.5$)

n	Número de fracasos															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	0.062	0.312	0.688	0.938	†											
5	0.031	0.188	0.500	0.812	0.969	†										
6	0.016	0.109	0.344	0.656	0.891	0.984	†									
7	0.008	0.062	0.227	0.500	0.773	0.938	0.992	†								
8	0.004	0.035	0.145	0.363	0.637	0.855	0.965	0.996	†							
9	0.002	0.020	0.090	0.254	0.500	0.746	0.910	0.980	0.998	†						
10	0.001	0.011	0.055	0.172	0.377	0.623	0.828	0.945	0.989	0.999	†					
11		0.006	0.033	0.113	0.274	0.500	0.726	0.887	0.967	0.994	†					
12		0.003	0.019	0.073	0.194	0.387	0.613	0.806	0.927	0.981	0.997	†				
13		0.002	0.011	0.046	0.133	0.291	0.500	0.709	0.867	0.954	0.989	0.998	†			
14		0.001	0.006	0.029	0.090	0.212	0.395	0.605	0.788	0.910	0.971	0.994	0.999	†		
15			0.004	0.002	0.059	0.151	0.304	0.500	0.696	0.849	0.941	0.982	0.996	†		
16			0.002	0.011	0.038	0.105	0.227	0.402	0.598	0.773	0.895	0.962	0.989	0.998	†	
17			0.001	0.006	0.025	0.072	0.166	0.315	0.500	0.685	0.834	0.928	0.975	0.994	0.999	†
18			0.001	0.004	0.015	0.048	0.119	0.240	0.407	0.593	0.760	0.881	0.952	0.985	0.996	0.999
19				0.002	0.010	0.032	0.084	0.180	0.324	0.500	0.676	0.820	0.916	0.968	0.990	0.998
20				0.001	0.006	0.021	0.058	0.132	0.252	0.412	0.588	0.748	0.868	0.942	0.979	0.994
21				0.001	0.004	0.013	0.039	0.095	0.192	0.332	0.500	0.668	0.808	0.905	0.961	0.987
22					0.002	0.008	0.026	0.067	0.143	0.262	0.416	0.584	0.738	0.857	0.933	0.974
23					0.001	0.005	0.017	0.047	0.105	0.202	0.339	0.500	0.661	0.798	0.895	0.953
24					0.001	0.003	0.011	0.032	0.076	0.154	0.271	0.419	0.581	0.729	0.846	0.924
25						0.002	0.007	0.022	0.054	0.115	0.212	0.345	0.500	0.655	0.788	0.885

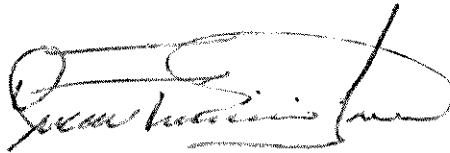
† 1.000 o aproximadamente 1.000



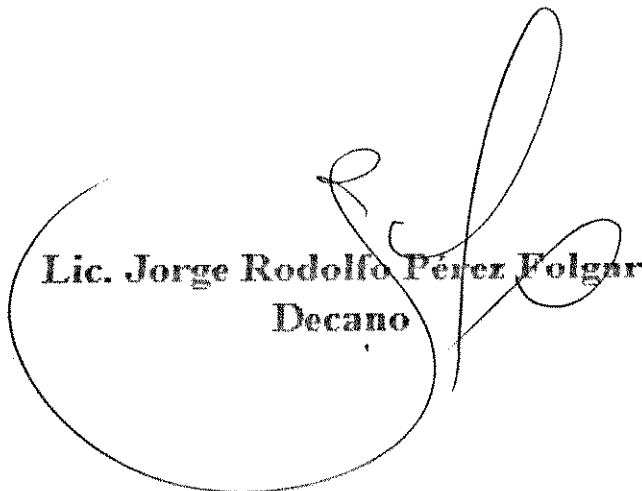
Hayro Oswaldo García García
Autor



Licda. Aura Elizabeth Padilla Arreaga
Asesora



Msc. Oscar Francisco Lara
Director



Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar
Decano