



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

**ANALISIS POR REFLEXION TOTAL DE RAYOS X DE As, Cu, Fe, Pb  
EN LAS AGUAS DE LOS RIOS "HELADO Y SELEGUA" PROCEDENTES  
DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE EXPLOTACION DE ESTIBNITA  
DE LAS MINAS DE SAN ILDEFONSO IXTAHUACAN, HUEHUETENANGO**

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

Informe de Tesis

Presentado por:

**Lilian Mazariegos Barrios**

Estudiante de la Carrera de Químico

Guatemala, Febrero de 1995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
06  
T(1202)

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

A MIS PADRES:

Héctor Manuel Mazariegos A.

Lidia Mercedes B. de Mazariegos

A MIS HERMANOS:

Norma, Leonel, Rolando, Erick

Manuel, Lizardo, Mayra, Juan

Pablo.

A MI ESPOSO:

Erick Giovanni Castillo L.

A MIS HIJOS:

Erick José, Andrés,

María Teresa.

A:

Mis Familiares y Amigos

## AGRADECIMIENTO

Al Licenciado

PEDRO NORIEGA por su valiosa colaboración en la asesoría del presente trabajo Q.E.P.D.

Al Licenciado

RONY AYALA por su valiosa ayuda e intervención positiva como coasesor de este trabajo.

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Autoridades, Catedráticos, Personal Administrativo y de Servicios.

Al Laboratorio Analítico Nuclear del Ministerio de Energía y Minas.

A todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

Miembros de Junta Directiva:

DECANO:	Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar.
VOCAL 1o.	Lic. Miguel Angel Herrera Galvez.
VOCAL 2o.	Lic. Gerardo Leonel Arroyo Catalán.
VOCAL 3o.	Lic. Miguel Orlando Garza Sagastume.
VOCAL 4o.	Br. Jorge Luis Galindo Arévalo.
VOCAL 5o.	Br. Edgar Antonio García del Pozo.
SECRETARIA:	Licda. Eleonora Gaitán Izaguirre.

## I N D I C E

1.	RESUMEN	2
2.	INTRODUCCION	4
3.	ANTECEDENTES	6
4.	JUSTIFICACIONES	11
5.	OBJETIVOS	12
6.	HIPOTESIS	13
7.	MATERIALES Y METODOS	14
8.	RESULTADOS	23
9.	DISCUSION DE RESULTADOS	26
10.	CONCLUSIONES	33
11.	RECOMENDACIONES	35
12.	BIBLIOGRAFIA	37
13.	ANEXOS	40
14.	GLOSARIO	71

## RESUMEN

Este estudio se realizó con el propósito de analizar cualitativa y cuantitativamente los elementos Arsénico, Cobre, Hierro, Plomo, contenidos en las aguas de los ríos Helado y Selegua procedentes de los desechos del proceso de explotación de Estibnita de las minas de San Ildefonso, Extahuacan, Huehuetenango, para determinar el grado de contaminación existente tomando en cuenta los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Aceptables (LMA) para uso doméstico y agropecuario, dictados por la Comisión Guatemalteca Normas (COGUANOR) y la Organización Administrativa de Salud y Seguridad OSHA de E.E.U.U. debido a que las aguas de estos ríos son aprovechadas por los habitantes de sus alrededores para uso doméstico y agropecuario.

Se efectuaron cuatro muestreos en siete puntos diferentes. Para cada muestreo se realizaron análisis químicos por triplicado con un total de ochenta y cuatro análisis, los cuales se efectuaron con los recursos del Laboratorio Analítico Nuclear del Ministerio de Energía y Minas, utilizando el equipo de Análisis por Reflexión Total de Rayos X, que ofrece exactitud y sensibilidad en el Orden de los ppm. (mínimo 0.010 ppm.).

Para el análisis estadístico se estimaron los siguientes parámetros poblacionales de los resultados obtenidos de las concentraciones de los elementos: Media, Desviación Estándar y Desviación Porcentual de la Media, cuyo valor no debe superar el 30 % y se discuten los resultados con relación a cuatro variables; a. caudal del

río en cada punto, b. Epoca del año, c. Produccion de la mina, d. Concentración en ppm. de As, Pb, Cu y Fe.

Los resultados obtenidos demuestran que las aguas residuales del proceso de explotación de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, contaminan los ríos Helado y Selegua con As, Pb y Fe (véase Anexo No. 13). excediendo los límites máximos permitidos, especialmente en época seca, resintiendo las aguas de estos ríos que idealmente deberían de estar al servicio de la comunidad libres de contaminación.

Finalmente, se concluye que el elemento arsénico es el que excede en mayor grado el Límite Máximo Permisible en las dos épocas del año.

Las aguas de ambos ríos antes de tener contacto con los residuos de las minas no contiene As y Pb en forma detectable por este procedimiento.

## 2. INTRODUCCION

En los años recientes, la sociedad ha incrementado su interés por el mantenimiento y preservación de la calidad del medio ambiente, así el interés público es ahora alto en lo que concierne a los problemas de polución, ello se refleja en los esfuerzos nacionales y mundiales en formular nuevas leyes para la prevención de un ambiente contaminado.

El problema surge esencialmente del manejo inadecuado de los residuales, subproductos de toda producción, los que son emitidos en el aire, el agua o dispuestos sobre la tierra, afectando de esta forma el medio ambiente; por ello, es conveniente separarlos de acuerdo con el tipo de polución que causen (1).

Dentro de la distribución geográfica de los minerales de antimonio en Guatemala, algunos sulfuros conteniendo antimonio ocurren en el municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango. Se considera que la emisión de residuales provocada en el proceso de explotación del mineral, puede producir efectos tóxicos en las plantas, animales y personas expuestos a ellos por períodos largos de tiempo, más aún para los residuos que contienen elementos para los que los seres vivos tienen tolerancia muy baja, por ejemplo: plomo y arsénico (2).

Los metales como el cobre y hierro son beneficio para el organismo de seres vivos, tanto que se toman como esenciales y aún así tienen un límite de aceptación y tolerancia, el exceso de ello puede causar deficiencias congénitas y muerte (2). Este estudio se efectuó con el propósito de analizar cualitativa y cuantitativamente los elementos AS, Fe, Cu, Pb, que son vertidos a las aguas en los ríos



Helado y Selegua procedentes de los residuos del proceso de explotación del mineral Estibnita de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, utilizándolos como indicadores de la contaminación existente.

En general la extensión del peligro sanitario nacional producido en los seres vivos, por envenenamientos industriales mineros, es muy difícil de apreciar porque la estadística en este aspecto está muy abandonada en Guatemala, pero, si se observa el Anexo No. 12 (venenos industriales), el envenenamiento causado por As, Pb, Fe, puede ser identificado a corto o largo plazo, donde las características de los síntomas pueden ser casi imperceptibles y aparentemente poco importantes pero de carácter constante y progresivo.

### 3. ANTECEDENTES

La característica más importante de un mineral es poseer composición química definida; sin embargo, esta propiedad no puede tomarse de manera absoluta. Ciertos minerales forman una serie de compuestos con estrechas conexiones en las que se observa la sustitución gradual de un elemento por otro (4).

La estibnita ( $S_2 Sb_2$ ), cuyo nombre deriva de una palabra griega Stibium con que denominaba este mineral, es depositada por las aguas alcalinas y normalmente, está asociada con cuarzo. Se halla en filones o capas de cuarzo, en granitos y gneis asociada a muy pocos minerales. Puede aparecer como reemplazamiento en calizas y pizarras y probablemente debe su origen a depósitos hipotermales, frecuentemente asociados con rocas intrusivas, y con otros minerales de antimonio como producto de su descomposición (5).

Su composición habitual es de 17.4 % de antimonio y 28.6 % de azufre. Puede tener pequeñas cantidades de plomo, hierro, oro, plata y arsénico (4).

La mena principal de antimonio es usada en varias aleaciones como el plomo-antimonio para baterías de acumuladores, metal, tipográfico, peltre y metal antifricción. El sulfuro de antimonio es empleado en los fuegos artificiales, cerillas, detonantes, vulcanización del caucho y en la medicina.

El trióxido de antimonio se utiliza como pigmento y para fabricar vidrio.

Existen 114 minerales que contienen antimonio en forma de antimoniatos, sulfuros, mezcla de antimoniatos y sulfuros, así como óxidos; sin embargo, sólo algunos de ellos pueden ser considerados como minerales comerciales de antimonio. (véase tabla de principales minerales de antimonio, Anexo No. 3) (5).

La estibnita es el mineral de antimonio más importante comercialmente y aunque está ampliamente distribuída, su ocurrencia en cantidad es escasa (5).

Los minerales de antimonio generalmente se encuentran asociados con las siguientes especies: Pirita, galena, esfalerita, arsenopirita, calcopirita, pirrotita, oro, plata, cinabrio, en cambio, su asociación es muy escasa con bismutita, schelia, molibdenita, casiterita y cobaltinita. La ganga más común de los minerales de antimonio la constituyen cuarzo, calcita, barita, yeso y siderita (5).

Los sulfuros más importantes son: Livingstonita, jamesonita y tetraedrita (5).

Entre los años 1957 y 1962 la Dirección de Minería del Ministerio de Energía y Minas otorgó los contratos de 5 minas de explotación, vigentes en el municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, a la empresa Minas de Guatemala, S.A. (véase cuadro minas de explotación en San Ildefonso Ixtahuacán, Anexos No. 4) (3).

El lugar presenta una topografía ondulada, semiaccidentada con pendientes de 20 a 45° inclinación al sur, vegetación y fauna escasa. (3).

El análisis físico del mineral indica que tiene un brillo metálico de color gris claro, una dureza de cuatro, el color de la raya es gris oscuro, una fractura astillosa, olor sulfuroso, no cristaliza ni presenta magnetismo, si presenta fluorescencia. (3).

Al inicio de su explotación el mineral se encontraba en las superficies, posteriormente se socavaron túneles con pendientes de 45° en segmentos de 30 mts. y un kilómetro o más de longitud. Actualmente se perforan pozos previamente calculados, para extraer el mineral, y lo trasladan en cajones sobre rieles, hacia embudos que permiten facilidades de carga para transportarlo a la planta, a razón de aproximadamente 16 toneladas diarias (3).

En las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, se extrae una mena compuesta de: Antimonio, valentinita, pirita, galena (sulfuro de plomo), arseno pirita aurífera, (wolframato de calcio), schelita, pizarra, cuarzo oxidación de rejalgar y caliza.

El beneficio del mineral se efectúa por una combinación de dos métodos; concentración en mesa y flotación. Al inicio se tritura en un molino de bolas, pasa por un escogedor espiral que recicla el material grande y, el que pasa de 200 mesh, es tratado con reactivos. (Véase anexo No. 5, principales reactivos que se agregan en el proceso de explotación de Estibnita en San Ildefonso Ixtahuacán).

La espuma de la estibnita se separa de la superficie y se trasladada a hornos de tostación. (3)

Finalmente el residuo desagua a una presa donde sedimentan los sólidos y las aguas superficiales son vertidas al río Helado (véase anexo No. 6 el diagrama de flujo para la obtención del concentrado de antimonio).

En 1966, la Dirección General de Minería e Hidrocarburos, presentó una publicación titulada "Análisis de Muestras Minerales de Guatemala", elaborada por los Laboratorios de Investigaciones Físicas y Químicas, que muestra los resultados obtenidos en los análisis practicados a muestras minerales presentadas por entidades oficiales, privadas y personas particulares, durante el período comprendido entre 1954 a 1966.

Su contenido revela porcentajes metálicos de los minerales analizados (6) (Ver tabla anexo No. 7).

Además de los análisis expuestos anteriormente se han realizado otros semejantes a través de los años.

En marzo de 1990 Lilian N. Mazariegos B. realizó un análisis químico cualitativo y cuantitativo del mineral que se extrae de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, como trabajo de integración (3), con el objeto de establecer la existencia de los contaminantes potenciales procedentes del proceso de explotación, cuya información podría ser de interés para efectuar estudios posteriores sobre la contaminación real provocada al medio (3).

Los análisis se llevaron a cabo por el método de fluorescencia de Rayos X, dispersiva en Energía y por Vía Húmeda.

Cualitativamente se estableció que los elementos contenidos en el mineral son: As, Pb, Fe, Sb, Sr, Ca, Zn, Cu, K, Mn (3).

De los resultados obtenidos cuantitativamente se dedujo que antimonio es el elemento que existe en mayor cantidad en la muestra a granel y en la muestra de concentrado de antimonio (3).

El dieciocho de mayo de mil novecientos ochenta y nueve la sección de Fomento y Desarrollo del Departamento de Control y Fomento Minero del Ministerio de Energía y Minas, Informó de las investigaciones y análisis realizados con relación al aparente problema de contaminación que se está dando en el río Selegua, como consecuencia de las labores de procesamiento minero en el municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, por la empresa Minas de Guatemala. (Véase anexo No. 8) Documento enviado a la empresa Minas de Guatemala en mayo de mil novecientos ochenta y nueve de parte de la Sección de Fomento y Desarrollo del Departamento de Control y Fomento Minero del Ministerio de Energía y Minas.

#### 4. JUSTIFICACIONES

1. En el Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, las aguas residuales del proceso de explotación de Estibnita son vertidas en el río Helado el cual desemboca en el río Selegua.
2. Las aguas de los ríos Helado y Selegua son aprovechadas por los habitantes de sus alrededores para uso doméstico y agropecuario.
3. Varios componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales tienen importancia para el establecimiento y control de la calidad del agua. Las aguas residuales que se vierten en el río Helado en el proceso antes mencionado contienen sustancias inorgánicas cuyas concentraciones pueden aumentar debido al proceso natural de evaporación.
4. Puesto que las concentraciones de los distintos constituyentes inorgánicos pueden afectar el uso del agua, conviene analizarlos cualitativa y cuantitativamente. En este estudio se analizaron específicamente los elementos As, Pb, Fe y Cu existentes en los ríos Helado y Selegua considerados nocivos o de tolerancia muy baja para los seres vivos.

## 5. OBJETIVOS

1. Determinar cualitativa y cuantitativamente los elementos arsénico, plomo, cobre, hierro contenidos en las aguas de los ríos Helado y Selegua que proceden de los desechos del proceso de explotación de estibnita de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango.
2. Determinar el grado de contaminación existente en los ríos Helado y Selegua ocasionados por los elementos As, Fe, Cu, Pb, procedentes de los desechos del proceso de explotación de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, relativo a los Límites Máximos Aceptables y Límites Máximos Permisibles para uso doméstico y agropecuario, dictadas por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, y la Organización Administrativa de la Salud y Seguridad OSHA de E.E.U.U.
3. Que este estudio sirva de precedente para el desarrollo de estudios similares en procesos de explotación minera.
4. Informar a la administración de la empresa Minas de Guatemala los resultados que se obtengan de este estudio a fin de que se tomen medidas correctivas si fuese necesarias.



## 6. HIPOTESIS

1. Las aguas residuales de la explotación de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, contaminan los ríos Helado y Selegua con As, Cu, Fe y Pb.
2. Por lo menos uno de estos contaminantes excede los límites permisibles en el agua para uso doméstico y agropecuario, según lo establecido por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR y la Organización Administrativa de la Salud y Seguridad Ocupacional OSHA.

## 7. MATERIALES Y METODOS

### 7.1 Universo de Trabajo

28 Muestras de agua de los ríos Helado y Selegua de 7 puntos diferentes. (véase anexo No. 11, mapa donde se localizan los puntos donde se colectaron las muestras de agua) en épocas seca y lluviosa.

### 7.2 Medios

#### 7.2.1. Recursos Humanos

Autor: Lilian Mazariegos  
Asesor: Lic. Pedro Noriega  
Coasesor: Lic. Rony Ayala

#### 7.2.2. Recursos Físicos

Laboratorio Analítico Nuclear del Ministerio de Energía y Minas.  
Biblioteca Central U.S.A.C.  
Biblioteca Fac. de C.C.Q.Q. y Farmacia U.S.A.C.  
Curso Química y Microbiología de Maestría de Ingeniería Sanitaria.  
Biblioteca Dirección General de Energía Nuclear.  
Biblioteca ICAITI

### 7.2.3 Recursos Materiales

Equipo de Análisis por reflexión total de Rayos X con fuente de excitación de Tubo de Molibdeno detector de Si (Li) Camberra en baño Dewar de nitrógeno líquido.

Generador de Rayos X Philips PW 1729 con una salida de 2,500 W. rango de voltaje de 10-60 rango de corriente de 5 a 40 mA. conectado a 40 Kv. y 20 mA.

1 Analizador multicanal CAMBERRA Serie 35 PLUS.

1 Computadora camberra -PACKARD.

1 Impresora EPSON

1 PROGRAMA AXIL (Analysis of X'ray spectra by iterative least-squares fitting) el cual fue desarrollado por la Universidad de Antwerp (Bélgica) para la devolución de espectros complejos de rayos X de multicanales producidos por un detector de Si (Li).

28 muestras de las aguas para analizar de los ríos Helado y Selegua, tomadas en 7 puntos diferentes en: épocas seca y lluviosa.

Botellas de Polietileno

Micropipetas volumétricas.

Reflectores de cuarzo SUPRASIL.

Bomba vacío.

Mascarilla.

Vasos de Precipitados.

Probetas.

Desecadora.

Cajas de Petri.

Balón aforado de 50 ml.

Reactivos:

Estandar interno Selenio 1000 ppm.

Solución siliconizada.

Agua destilada.

HNO<sub>3</sub>

Extran

### 7.3 Métodos y Procedimientos

#### 7.3.1 Toma de Muestras

Se seleccionaron 7 puntos diferentes (véase anexo No. 11 el mapa donde se encuentran los puntos donde se recolectaron las muestras de agua).

Se colectó un litro de agua en cada punto en recipientes de polietileno previamente lavados con ácido sulfúrico concentrado para evitar contaminación por metales, y tres veces con agua de muestreo.

Se agregó a las muestras 5 ml. de HCl al 1:1 para evitar la descomposición por microorganismos.

En cada punto se determinó el caudal del río de la siguiente manera:

AREA:

- Se midió el ancho del río.
- Se midió la profundidad del río cada 10 ó 20 cm. siguiendo la línea donde se midió el ancho del río.

TIEMPO:

- Se midió una distancia aproximadamente de 20 pies a lo largo del río y el tiempo en segundos en que se desliza una pelota de polietileno de un lado a otro.

CAUDAL:

- Volumen de agua escurrido en la unidad de tiempo.

### 7.3.2. Trabajo de Laboratorio

Preparación de la Solución Estandar de Selenio  
(1000 ppm.

La solución sirvió como patrón interno y se preparó a partir de un patrón primario, se mezcló bien y se guardó en un recipiente bien cerrado, se calculó la concentración, y se rotuló.

Limpieza de los Reflectores

Se limpiaron los Reflectores, dejándolos un tiempo en solución de extran y se lavaron con suficiente agua y agua destilada. Se tuvo un cuidado de no tocar las caras del reflector con las manos. Se depositaron en un recipiente con una solución 1:1 de  $\text{HNO}_3$ -agua y se dejaron por 45 min. Se lavaron con abundante agua y agua destilada, se secaron y limpiaron.

A los reflectores limpios se les puso unas gotas de isopropanol-agua (1:1) resbalando la gota por un extremo del reflector, haciendo pasar por el centro, se seca en horno a 100 C por 30 min.

### Instrumentación

Se preparó el aparato de reflexión total de rayos X para la medición con tubo de milobdeno, voltaje 40 Kv. amperaje 20 mA. Estas condiciones de operación deben mantenerse en todas las mediciones. Se preparó el multicanal y computadora para leer los espectros e interpretar los mismos. Se encendió el aparato 30 min. antes de empezar las mediciones.

Para la calibración del aparato, se preparó un reflector con 2 ml. de una solución patrón de 1000 ppm. de selenio. Se secó en una desecadora con bomba al vacío por tres minutos, se colocó en el sistema de reflexión total de Rayos X, y se midió por 10 seg. Se verificó en el multicanal que el área bajo el pico de  $E = 11.207 \text{ KeV}$  (correspondiente al selenio, canales 517-570) fuera mayor o igual que 27,000 cuentas.

Si se obtiene este resultado, es posible realizar mediciones, de lo contrario es necesario ajustar la intensidad.

Para lograr el menor fondo posible y la máxima

intensidad en el espectro, se ajustaron el ángulo del reflector soporte de la muestra, de tal forma que en el espectro las intensidades de los picos  $K\alpha$  y  $K\beta$  del molibdeno sean tales que  $K\alpha > K\beta$ . Las condiciones de operación del tubo son válidas mientras esté encendido.

Al apagar voluntaria o involuntariamente el tubo, se repitió la calibración del aparato.

#### Medición

Se midió cada blanco y muestra por 1000 seg. se grabó cada espectro en un disco flexible y se analizó el programa axil.

#### Procedimiento para Análisis

Multieltielemental de Agua por Reflexión Total de Rayos X.

1. En un balón de 50 ml., se agregaron 100 ul. de solución de Selenio 1000 ppm.
2. Se aforó con el agua que iba analizarse y obtuvo una solución con una concentración de 2 ppm. de Selenio.
3. Se agregó una gota de solución siliconizada en un reflector limpio y se esperó a que se evaporara el isopropanol.



Donde:

- $A_i$  = Area del fotopico del elemento de interés cts/seg.
- $A_{Se}$  = Area del fotopico del Selenio (estandar interno) ctas/seg.
- $C_{Se}$  = Concentración del Selecio ppm.
- $K_{i,Se}$  = Sensibilidad relativa del Selenio respecto al elemento de interés.
- $C_i$  = Concentración del elemento de interés.  
en ppm.

## 8. RESULTADOS

A continuación se lee la fecha y número de muestreos que se efectuaron en siete puntos diferentes en los ríos Helado y Selagua. (véase anexo No. 11 el mapa donde se encuentran localizados los puntos donde se colectaron las muestras de agua).

época	# de Muestreo	Fecha del año 1991
Seca	1	23 a 25 de Abril
Seca	2	2 a 5 de Mayo
Lluviosa	3	19 a 21 de Mayo
Lluviosa	4	18 a 20 de Junio

- Elementos que se analizaron As, Cu, Fe, Pb.
- Número de análisis que se realizaron:

Se analizaron siete muestras por triplicado por cada uno de los cuatro muestreos que se efectuaron, haciendo un total de ochenta y cuatro análisis.

### Análisis Estadístico.

Para el análisis estadístico se estimaron los siguientes parámetros poblacionales de los resultados obtenidos de las concentraciones de los elementos: Media, Desviación Estándar y desviación porcentual de la media cuyo valor no debe superar el 30 % y se discuten los resultados con relación a cuatro variables; a. Caudal del río en cada punto, b. Epoca del año; c. Producción de la mina; y d. Concentración en ppm. de As, Pb, Cu y Fe.

## 8.2 Tablas y Gráficas de los Resultados

Las tablas y gráficas de los resultados se observan en el anexo No. 13.

## 8.3 Aspectos Cualitativos

En época seca el color del agua de los ríos Helado y Selegua antes de entrar en contacto con los residuos del desagüe de las minas era cristalina, a partir del punto No. 3 (véase anexo No. 13) se torna de color gris y toma un color sulfuroso; este aspecto fue constante en todo el río Helado hasta la desembocadura, penetra en las aguas del río Selegua, el cual, a partir de este punto, muestra una apariencia turbia que se va diluyendo a lo largo de su trayectoria.

En época lluviosa las aguas del río Helado, antes de llegar al desagüe, era de un color café ladrillo, luego al entrar en contacto con los residuos se tornó en un color café-grisáceo.

El primer muestreo de la época lluviosa (No. 3) el río Helado, después del desagüe de la presa, se presentaba especialmente cargado de suelo y sedimentos y un olor sulfuroso más fuerte, con un aspecto espeso. Al recolectar las muestras no se pudo prescindir de tales sedimentos que fueron separados por decantación; esta característica

se presentó en toda la trayectoria del río Helado y posteriormente en el río Selegua, varios kilómetros, hasta diluirse paulatinamente.

El segundo muestreo de la época lluviosa también manifestaba una coloración café-grisácea pero mucho más diluida. El caudal era casi el doble del muestreo anterior.

## 9. DISCUSION DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos cuantitativamente (véase anexo No. 13) evaluando la calidad de las aguas en estudio con base en las especificaciones para los Límites Máximos Aceptables (LMA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) (véase anexo No. 10 y Glosario) que establece la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR se deduce lo siguiente:

- 9.1. En general los resultados determinan que las aguas residuales de la explotación de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán contaminan las aguas de los ríos Helado y Selegua con los elementos As, Fe, Pb, Cu.
- 9.2 Las aguas de los ríos Helado y Selegua antes de tener contacto con los residuos de las minas (véase los resultados de los puntos No. 1 y 6), no contienen As y Pb en forma detectable por este procedimiento.
- 9.3 Debido al proceso natural de evaporación y falta de lluvia, la presencia de plomo, arsénico, hierro y cobre es más evidente en época seca.
- 9.4 Arsénico y Plomo

(Los valores que aparecen de izquierda a derecha dentro de la discusión de resultados muestran los resultados de las concentraciones de los elementos de estudio obtenidos en orden de muestreos No. 1 y No. 2 pertenecientes a la época seca y los muestreos No. 3 y No. 4 pertenecientes a la época lluviosa.

9.4.1 La cantidad de arsénico que llega a la presa según muestran los resultados del punto No. 2 (véase anexo No. 11 mapa de los Ríos Helado y Selegua que muestra los puntos donde se realizaron los muestreos), 3ppm., 1,13ppm., 0.33ppm. y 0.45 ppm., es mayor que la que sale de la misma para ser vertida sobre el río Helado según los resultados del punto No. 3: 0.2ppm., 0.514ppm., 0.27 ppm. y 0.29ppm., aún así los resultados anteriores muestran que se vierte sobre el río cantidades de arsénico que exceden los LMP, en las dos épocas del año. (véase anexo No. 10 LMA y LMP dictada por la norma COGUANOR).

9.4.2. El punto No. 5 es especialmente importante porque se localiza justo en la trayectoria final del río Helado aproximadamente a cincuenta metros del encuentro con el río Selegua. Aquí se encontró mayor concentración de As tanto en época seca como lluviosa. 0.683 ppm., 0.51ppm., 1.84ppm. y 0.25ppm., cantidades que exceden el LMP (véase discusión No. 9.4.8 y 9.5.3).

- 9.4.3 En el punto No. 4 los resultados de arsénico 0.23ppm., 0.03ppm., 0.64ppm. y 0.113ppm., muestran un ascenso considerable de la concentración de As en época lluviosa, comparando con los resultados del punto No. 3, esto se debe probablemente al mismo fenómeno que pasa en el punto No. 5.
- 9.4.4. En el punto No. 7 los resultados: 0.06ppm., 0.066ppm., 0.68ppm. y 0.00, muestran que la concentración de As en época seca es casi constante, al inicio de la época lluviosa la concentración excede del LMP considerablemente, se atribuye esto a que cuando se efectuó el muestreo No. 3 había un rebalse en la presa además del desagüe normal sobre el río, tornándose las aguas de los ríos en los puntos No. 3, No. 4, No. 5 y No. 7 totalmente turbia de color gris que dió como resultado una concentración más alta de los contaminantes.
- 9.4.5. La contaminación de Pb, que es más evidente en época seca, una parte proviene probablemente del reactivo Nitrato de Plomo utilizado en el proceso de explotación como activador de la Estibnita, este reactivo se agrega constantemente a razón de 0.025 galones/tonelada de mineral.

El mineral por su naturaleza también es portador de este elemento (véase página 11 y anexo No. 7 resultados de análisis químico cualitativo del mineral), y que al no ser objeto de explotación pasa a formar parte de los desechos.

- 9.4.6. En el punto No. 2 (canal de desagüe de los desechos sobre la presa), se observaron los resultados siguientes para las concentraciones de plomo: 1.75ppm., 0.1 ppm., 0.05ppm. y 0.036ppm. Únicamente el primer muestreo (época seca) sobrepasa los LMP, de igual manera en el punto No. 3 (desagüe de la presa sobre el río Helado) se observa que el primer muestreo en época seca sobrepasa los LMP; 0.3ppm, 0.00, 0.00 y 0.03ppm.
- 9.4.7. En el punto No. 4 solamente el primer muestreo de época seca sobrepasa el LMP de plomo, con una concentración de 0.14ppm.
- 9.4.8. Al observar la trayectoria del río Helado desde el punto en que le son vertidos los desechos, hasta el encuentro con el río Selegua, este fluye por un cauce que se divide en tres ramales, que en época seca forman charcos lodosos aislados conteniendo contaminantes y en época lluviosa son arrastrados por la corriente.



De la observación anterior se deduce que los resultados para plomo en el punto No. 5 0.18ppm., 0.23ppm, 0.07ppm y 0.54ppm., muestran las concentraciones más altas de plomo, porque la corriente va arrastrando a su paso el agua lodosa de los charcos. Otra razón se discute en el segmento No. 9.5.3.

9.4.9. En el punto No. 7 los resultados de las concentraciones de Pb, fueron:

0.043ppm., 0.00ppm., 0.13ppm y 0.00ppm., de donde se deduce que el aumento de caudal en el río Selegua diluye las concentraciones de Pb a cantidades mínimas que están dentro de los límites máximos permisibles pero que idealmente no deberían formar parte de estas aguas.

## 9.5 Cobre y Hierro

9.5.1. Los ríos Helado y Selegua antes de tener contacto con el desagüe de las minas (véase anexos No. 13 resultados de los puntos No. 1 y No. 6), contienen concentraciones bajas y normales de Hierro y Cobre que se ajustan a los límites máximos aceptables, en las dos épocas del año, a excepción del segundo y cuarto muestreo del punto No. 1 donde hubo un incremento en la concentración de Hierro (1.44ppm. y 1.65ppm.) sobre el río Helado que excedía el LMA, debido quizás

a fuentes naturales de hierro existentes en algunas partes de la trayectoria del río.

Para el punto No. 6 los resultados de las concentraciones de Fe, fueron: 0.25ppm., 0.12ppm., 0.11ppm. y 0.16ppm.

- 9.5.2. La cantidad de Hierro que es vertida sobre la presa: 19.23ppm., 6.74ppm., 0.35ppm. y 0.03ppm., es mayor que la que sale de la presa y desagüe sobre el río Helado, véase resultados del punto No. 3: 0.69ppm., 0.27ppm., 0.19ppm. y 0.06ppm., aún así excede el LMA. principalmente en época seca.
- 9.5.3. Ahora bien observando los resultados de las concentraciones del punto No. 4: 19.04ppm., 6.33ppm., 0.2 ppm., y 0.19ppm., comparando con los resultados del punto No. 2, existe una similitud en los valores obtenidos dando a conocer una alta contaminación de hierro en el río Helado especialmente en época seca. Esto induce a pensar en que la presa posiblemente tenga un desagüe no visible en el río.
- 9.5.4. Los resultados en el punto No. 5, indican que en las dos épocas del año las concentraciones de Fe: 6.41 ppm., 4.92ppm., 0.053ppm. y 0.13ppm. exceden altamente los LMA, y en época seca definitivamente las aguas del río Helado que desembocan sobre el río Selegua

son totalmente inadecuadas debido a que las concentraciones de Fe, As y Pb exceden los LMP.

- 9.5.5. Los resultados del punto No. 7: 0.583ppm, 0.416ppm., 1.34ppm. y 0.486ppm., las concentraciones de hierro exceden el LMA en las dos épocas del año y comparando con los resultados del punto No. 6 (aguas del río Selegua antes de la desembocadura del río Helado): 0.25ppm., 0.12ppm., 0.11ppm., y 0.16ppm., se observa que las aguas del río Helado desaguan sobre el río Selegua contaminándolo con concentraciones de Fe no aceptables.
- 9.5.6. En los resultados de los puntos No. 4 y No. 5 (véase anexo No. 13) únicamente en época seca las concentraciones de Cu exceden el LMA.
- 9.5.7. En el punto No. 7 las concentraciones de cobre que provienen del río Helado se diluyen a cantidades que se encuentran dentro de los LMA. Se deduce que el río Selegua no está siendo contaminado con Cu después de la desembocadura del río Helado.

## 10. CONCLUSIONES

Se concluye que las aguas del río Helado localizadas después del desagüe de residuos del proceso de explotación de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, son inadecuadas para uso humano y agropecuario según lo establecido por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR y la Organización Administrativa de la Salud OSHA de E.E.U.U., de acuerdo con lo siguiente:

- 10.1. No son aguas sanitariamente seguras, siendo desagradables a los sentidos por su aspecto turbio, coloración generalmente café-grisácea y olor sulfuroso.
- 10.2. De acuerdo con la hipótesis planteada se determina que las aguas residuales de la explotación de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán, contaminan los ríos Helado y Selegua con As, Pb y Fe; excediendo los límites máximos aceptables y permisibles con mayor concentración en época seca. En esta época existe tendencia a que la concentración de Cu exceda los límites máximos aceptables pero en época lluviosa se diluye esta concentración a cantidades insignificantes.
- 10.3. Los resultados de la tabla No. 5, indican que las concentraciones de los elementos As, Fe y Pb exceden los LMP, en época seca, estas aguas desembocan sobre el río Selegua contaminando al mismo (observe tabla No. 7 de anexo No. 13) aunque en menor grado por la dilución de un caudal mayor.

- 10.4. Las aguas de los ríos Helado y Selegua antes de tener contacto con el desagüe de residuos (véase tabla No. 1 y No.6 en anexos No. 13), no contienen Arsénico y Plomo detectable por este procedimiento.
- 10.5. Las aguas de los ríos Helado y Selegua son aprovechadas por los habitantes de sus alrededores para uso doméstico y agropecuario sin tener el conocimiento de los riesgos a largo o corto plazo que su uso implica, principalmente por la contaminación de As, Pb y Fe en época seca.

## 11. RECOMENDACIONES

Considerando que las aguas de los ríos Helado y Selegua se contaminan en parte de su trayectoria por los elementos As, Pb y Fe procedentes de los desechos del proceso de explotación minera del municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, se recomienda implementar medidas de corrección a este problema, por ejemplo:

- 11.1. Para mantener los recursos regionales estrictamente atractivos y recreativamente útiles las industrias en crecimiento, se deberían situar a distancias cada vez mayores, en lugares que proporcionen agua limpia para abastecimiento y sistema de evacuación apropiado, idealmente deberían tener un círculo completo en buenas condiciones para la preservación de tierras de cultivo, bosques y áreas recreativas utilizadas por más de una comunidad.
- 11.2. El estado debe velar por la protección de la calidad del agua para los diferentes usos de la misma necesarios para la población, la agricultura, ganadería e industria (20).
- 11.3. Para asegurar los usos del agua debe tomarse en cuenta los límites permisibles de contaminación y emitir las disposiciones legales para su protección y tratamiento adecuado de las aguas servidas o contaminadas, para que no sobrepasen tales límites y cumpla con las normas de higiene y saneamiento ambiental.

- 11.4. Para la descarga de aguas servidas de las industrias mineras, debería, previamente cumplirse con los requisitos mínimos y respetar los límites máximos permisibles de contaminación establecidos por las normas Guatemaltecas COGUANOR.
- 11.5. En general los desechos industriales mineros incluyen una gran variedad de material para análisis, por esta razón todos los estudios al respecto son importantes y es recomendable hacerlos por lo menos tres veces al año, porque sirven para determinar las técnicas de tratamiento primario requerido para eliminarlos del medio.
- 11.6. Se recomienda hacer más estudios de análisis químicos de las aguas de los ríos Helado y Selegua, con mayor número de muestreos, empleando otras técnicas de análisis para comparar resultados.

## 12. REFERENCIAS

1. Seeley Modd H. et al. Economics of the Mineral Industries. Ney York: American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Enginiers Inc., 1976. 711 p. (p.693-231).
2. Eugene F. Mc. Junken, Agua y Salud Humana. México: Editorial Limusa, Organización Panamericana de la Salud, 1982. 225p. (p.156).
3. Mazariegos L.N. Análisis Cualitativo del Mineral Estibnita Procedente de las Minas de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Examen General de Integración, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química) 1990. 38 p.
4. Dana E S., Ford W. Tratado de Mineralogía. 4a. ed. México: Editorial Continental S.A., 1980. 911 p. (p.300 y 17-27).
5. Segundo Curso Internacional de Capacitación en Procesamiento de Minerales y Tecnología Analítica de Minerales. Lexiviación de Sulfuros de Antimonio en Solución Alcalina de Sulfuros de Sodio. México: Centro Experimental Laboratorio Tecamachalco, 1988. 150 p. (p.1-15).
6. Ministerio de Economía, Dirección General de Minería e Hidrocarburos. Análisis de Muestras Minerales de Guatemala y C.A. Guatemala: Serie Divulgación Técnica No. 5 (Doc. Téc. No. 5) 1966. 34 p. (p.16-23).
7. Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas Monitorios Comprensivos de Calidad del Agua. Guatemala: CEPIS Organización Panamericana de la Salud (Doc. Tec. No. 1) 1975.



8. Curso Calidad del Agua. Guatemala: Universidad de San Carlos, (ERIS, Facultad de Ingeniería, Taller No. 1) 1984.
9. Seminario "Tópicos Sobre la Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas". Guatemala: Universidad de San Carlos, (Patrocinado por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Oficina Sanitaria Panamericana de la Organización Mundial de la Salud, Facultad de Ingeniería) 1978.
10. Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR NGO 29001 para Agua Potable. Guatemala. 1989.
11. Metcalf, Eddy. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. 2a. ed. España: Editorial Labor, S.A., 1981. 837 p.
12. Ullman F. Enciclopedia Química Industrial. 2a. ed. España: Editorial Gustavo Gili S.A., (Sección de Química General, Máquinas y Aparatos, Operaciones Generales y Auxiliares) 1961. 817 p. (p.804-810).
13. Padilla R E. Metodos Rápidos Para Análisis de Aguas. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Examen de Integración, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Química) 1982. 32 p.
14. Jenkis R., Goul R., Gedcke D. Quantitative X Ray Spectrometry. New York: Dekker, 1981. 150 p. (p 19).
15. Hardenbergh S A. y Edwar B. Ingeniería Sanitaria. México: Editorial Continental, S.A., 1981. 574 p. (p.515)

16. Morales EA. Determinación de la Eficacia del Control Visual del Efecto de Atenuación Producido por el Cr, Mn, Co y Fe en la Determinación de Uranio por Fluorimetría Mediante la Cuantificación de estos Metales por Fluorescencia de Rayos X dispersiva en Energía. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1986. 27 p.
17. Zepeda, E. Determinación Simultánea de Hg, Pb, As, Cu, Zn, y Ni en Aguas Naturales (Presencia de Material Humico) por Fluorescencia de Rayos X y Dispersiva en Energía. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Tesis de Graduación, Facultad de C.C.Q.Q. y Farmacia) 1988. 58 p.
18. Bertin EP. Principles and Practice of X Ray Spectrometric Analysis. 2 ed. New York: Plenum Press, 1975. 1100 p.
19. Tarradellas, J. Saneamiento Ambiental. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Curso Saneamiento General, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria) 1977. 224 p. (p. 143-146).
20. Consejo de Desarrollo Región Metropolitana. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Guatemala: Congreso de la República, (Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas, Decreto No. 68-86) febrero de 1989.

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO # 1	Mapa de Explotación Minera, Ixtahuacán, Huehuetenango.
ANEXO # 2	Agua, Saneamiento y Atención Primaria de la Salud.
ANEXO # 3	Principales Minerales de Antimonio (5)
ANEXO # 4	Minas de Explotación Vigentes en San Ildefonso Ixtahuacán Huehuetenango (3).
ANEXO # 5	Principales Reactivos que se Agregan en el Proceso de Explotación de Estibnita en el Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango (3).
ANEXO # 6	Diagrama de Flujo para la Obtención del Concentrado de Antimonio (3).
ANEXO # 7	Tabla de Análisis Químicos de Muestras de Minerales de Guatemala, Publicado por la Dirección General de Minería e Hidrocarburos en 1966 (9).
ANEXO # 8	Documento Enviado a la Empresa Minas de Guatemala de Parte de la Sección de Fomento y Desarrollo del Ministerio de Energía y Minas.
ANEXO # 9	Indicadores de Calidad del Agua (11).
ANEXO # 10	Sustancias Químicas y Tóxicas con sus Correspondientes L.M.P. (13).
ANEXO # 11	Mapa de los Ríos Helado y Selegua que Muestra los puntos donde se Realizaran los Muestras. Mapa de Guatemala Donde se Localiza las Minas de San Ildefonso Ixtahuacán Huehuetenango (3)
ANEXO # 12	Venenos Industriales.
ANEXO # 13	Tablas y Gráficas de los Resultados.

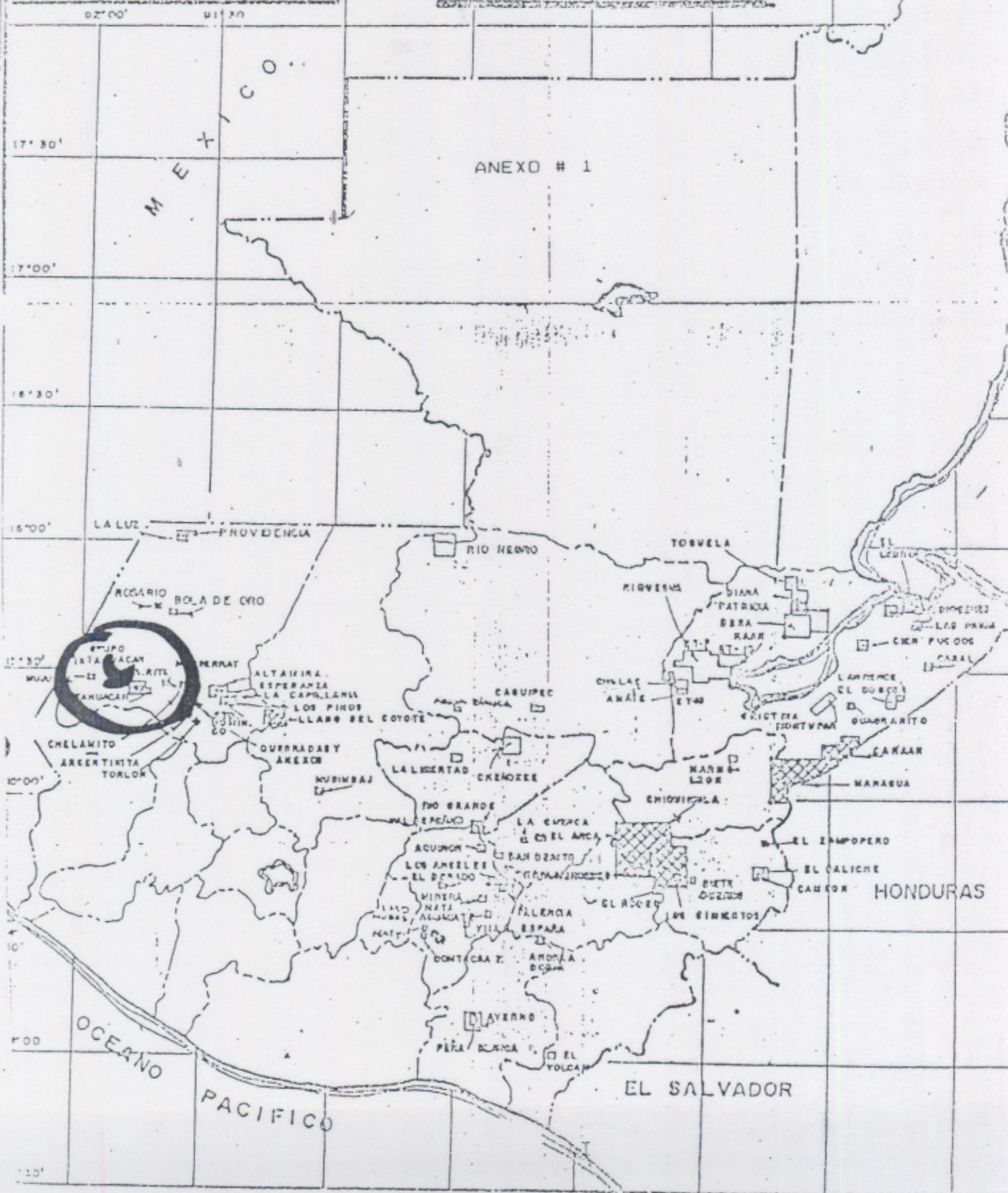
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION GRAL. DE MINERIA

ANEXO 1.

MAPA  
DE SOLICITUDES Y CONCE-  
SIONES DE EXPLORACION Y  
EXPLORACION MINERA

SECCION DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE FOMENTO  
MINERO

EN ESCALA QUATEMALA, JULIO 7/67



## ANEXO No. 2

### Agua, Saneamiento y Atención Primaria de la Salud.

En 1980, las Naciones Unidas inauguraron el decenio internacional del abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento con la meta de lograr que para 1990 existan y se utilicen en todo el mundo, abastecimientos de agua y saneamiento de fácil acceso, seguros, confiables y adecuados. La creación del "Decenio" fue estimulada por la enorme deficiencia en la satisfacción de estas necesidades humanas básicas en los países del tercer mundo, donde quizás 11,500 millones de personas carecen de un acceso razonable al agua potable (véase anexo 9). Según las estadísticas recopiladas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las áreas rurales de Africa, Asia y América Latina, reciben un servicio muy deficiente: sólo uno de cada cinco pobladores tienen acceso a agua sanitariamente segura (2).

De igual manera, durante 1980, la Asamblea Mundial de la Salud (Organismo rector de la OMS, compuesto por los representantes de los países miembros) adoptó la meta de "Salud para todos en el año 2000", colocando un mayor énfasis en la meta de "atención primaria de la salud". Según la definición de la OMS y de UNICEF, el abastecimiento de agua y el saneamiento son un componente de la atención primaria de la salud (OMS, 1978; Comité mixto UNICEF-OMS, 1979). (2)

El agua es, por supuesto una necesidad primordial para la vida; sin embargo, también puede ser portadora de sufrimientos y muerte.

Un suministro adecuado de agua para propósitos domésticos e higiénicos puede tener efectos significativos sobre las enfermedades de los ojos y la piel, y las contraídas a través de los alimentos y particularmente aquellas controladas mediante el lavado de las manos (véase el anexo 9.).

El uso de sistemas de abastecimiento de agua adecuados, constituyen partes integrales de la atención primaria de la salud. Esto fue reconocido y recomendado en la conferencia internacional sobre atención Primaria de la Salud llevada a cabo por la OMS y UNICEF, en Alma Ata en 1978, (VII declaración) (2).

Debido a que en muchos países los sistemas de agua y saneamiento pueden estar a cargo de autoridades no pertenecientes al sector de salud, el diseño del proyecto requerirá especial atención en cuanto a la relación y coordinación entre agencias y en cuanto, a la capacitación complementaria de los trabajadores sanitarios de la comunidad (2).

No podrá conseguirse un total cumplimiento de los objetivos de la atención primaria de la salud tan sólo mediante informaciones respecto al abastecimiento de agua u otro tipo de atención primaria de la salud. La mayor parte de los programas concretos a nivel mundial incorporarán una combinación de actividades; sin embargo, para muchos países pobres, el programa será necesariamente incompleto. Esto significa que, el nivel y la cobertura de las actividades de atención primaria en la salud, deben sopesarse de acuerdo a su contribución con los objetivos nacionales vigentes.

Esto no puede determinarse a priori, sino que debe adaptarse a las circunstancias específicas, incluyendo la capacidad de las instituciones locales, su personal y su interés en encontrar fuentes; de igual manera, a la infraestructura ya existente, a las necesidades y los deseos expresados por la población local y la fuerza de otros sectores relevantes como agricultura, educación y otros (2).

#### Parámetros que Determinan la Calidad del Agua

Los parámetros de calidad del agua comúnmente empleados son de diversos tipos. Algunos son medidas directas de niveles o concentraciones de elementos o materiales que producen efectos adversos en el hombre y otras especies, y en otros casos se valoran usos beneficiosos del agua (7).

La selección de parámetros de calidad del agua específicos depende de varios factores, la consideración más importante se refiere al objetivo de las actividades de muestreo que se contemplan. En un sentido general, habrá que definir si el objetivo será, por ejemplo, pronosticar la futura calidad del agua, evaluar actividades que responden a un plan o a una norma anteriormente establecidos, o alertar a ciertas autoridades y usuarios del recurso hídrico, sobre problemas que pueden surgir. Una lista razonable de parámetros e indicadores que son útiles se ofrecen en anexo No. 10 (8).

En esta información se indica aquellas situaciones en las cuales los parámetros específicos pueden ser de mayor interés y sugiere su relativa importancia de acuerdo a una anotación que se observa en el mismo.

Este es un elemento esencial de coordinación de actividades de varios países y estados en América Latina, ya que si los informes no se producen en unidades comunes no habrá forma de comparar los resultados obtenidos (7).

Clasificación y Especificaciones de la Calidad del Agua para Diferentes Usos.

Agua Para Consumo Humano.

Probablemente para formarse una opinión acerca de lo adecuado que debe ser el agua de un abastecimiento para uso público deben seguirse los lineamientos de los límites aceptables recomendados por las normas, lo que conlleva a considerar diversos factores.

- a.) Si es de confianza para el consumo humano según lo revela la presencia o ausencia de contaminación.
- b.) Si es agradable en su apariencia y sabor
- c.) Si es satisfactorio para usarse en lavado doméstico de ropa y loza (9).

Actualmente la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR dicta especificaciones para agua de consumo humano identificada como Norma COGUANOR NGO 29001 (10).



## Características y Especificaciones Físicas y Químicas

Veáse Anexo No. 11, los cuadros indican características físicas y químicas con sus respectivos LMA y LMP (10).

### 4.2 Agua para uso agrícola

#### Calidad del agua de riego

Es el término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo de agua con fines de riego agrícola, generalmente se toman como base las características químicas del agua, la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades de los suelos, las condiciones de manejo de los suelos y aguas y las condiciones climatológicas. En ocasiones el contenido de sustancias tóxicas es bajo o muy alto y, con base en los resultados del análisis químico, podrá decirse si el agua es buena o definitivamente no recomendable para el riego(9).

Características que determinan la Calidad del Agua para Riego son:

1. La concentración total de sales solubles.
2. La concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes.
3. Bajo ciertas condiciones, la concentración de calcio más Magnesio (9).
4. La concentración de elementos que puedan ser tóxicos.

#### Aguas Negras y Desechos Industriales:

La clasificación de estas aguas debe efectuarse desde los puntos de vista: agronómico y bacteriológico, para medir el efecto sobre los cultivos y el suelo, y el peligro de contaminación de diferentes agentes y sustancias transmisoras de enfermedades a los seres vivos (9).

Debe mencionarse que la presencia de ácidos, bases, y elementos tóxicos en las aguas de desechos industriales, pueden ofrecer obstáculo al desarrollo normal de los cultivos y algunos pueden ser mortales para el hombre y animales (11).

#### 4. Efectos Nocivos del Arsénico y Plomo Hierro y Cobre.

La Organización Administrativa de la Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), determinó un nuevo estándar para el límite de la exposición al arsénico, efectivo a partir de agosto de 1978 (12).

La máxima exposición al arsénico disminuyó de 500 microgramos por m<sup>3</sup> de aire a 10 microgramos por m<sup>3</sup>. en un período de 8 horas. Otras previsiones del estándar de exposición de empleados al arsénico por respiración y que estuvieron bajo monitoreo médico continuo fueron: Que el área de trabajo fuera limitada a sólo empleados autorizados, así como condiciones especiales del cuarto de comedores, facilidades de higiene de los trabajadores y la indicación de señales y letreros de peligro ante la presencia de Arsénico (12).

El bajo nivel de la exposición ocupacional al Arsénico inorgánico regulado por la OSHA fue parcialmente el resultado de una conclusión general de la Academia Nacional de Ciencias E.E.U.U.(12).

El Arsénico inorgánico produce cáncer de la piel y del pulmón en los humanos, reportando que las formas trivalentes de arsénico son más tóxicas que las formas pentavalentes y, los compuestos de arsénico inorgánico son más tóxicos que los compuestos de arsénico orgánico (12).

Otras regulaciones que restringen el uso de Arsénico no cubiertos por la OSHA, están bajo la jurisdicción de la Agencia de protección del medio ambiente EPA de E.E.U.U. (12).

En octubre de 1978, la EPA dijo que debería ponerse atención en la producción de materiales que incluyan compuestos de Arsénico porque producen efectos diversos en su utilización. Asimismo, en 1980 la EPA anuncio que el Arsénico inorgánico debía ser sumado a la lista de contaminantes peligrosos (12).

Asimismo, el Plomo puede producir efectos tóxicos en las plantas, animales y humanos por respiración o por la ingestión de este material (12).

Los compuestos de plomo se hallan en la atmósfera a causa de escapes de automóviles, combustión de aceites y la incineración de recursos sólidos.

El promedio de abundancia de plomo en la tierra es aproximadamente 15 ppm. lo que equivale a 1/2 onz. de Pb por tonelada de roca (12).

Como consecuencia de la contaminación de plomo en algunos niños se han evidenciado: anemia, anormalidades neurológicas, provocadas por inhalación y absorción. Si se ingiere plomo dentro del

cuerpo éste puede causar gran daño permanente: Retardación mental y desestabilización del sistema nervioso central, afección hepática, daños renales, afecciones en la sangre y, algunas veces, la muerte (12).

En 1978 la EPA promulgó que los estándares aceptables de presencia de plomo en el ambiente es de 1.5 microgramos por metro cúbico con exposiciones mayores de 90 días, por lo que muchas industrias tuvieron que hacer fuertes inversiones para cubrir con esta ley de seguridad (12).

1978 La OSHA reguló que la exposición ocupacional de plomo debería tener un máximo de 50 microgramos por m<sup>3</sup> de aire basado en un tiempo de trabajo 8 horas (17).

Los metales como Cobre y Hierro son beneficiosos para el organismo de seres vivos, tanto que se toman como esenciales, aún así tienen un límite de aceptación y tolerancia. El exceso de ellas pueden causar deficiencias congénitas y la muerte (2).

Si las aguas son duras y tienen alta concentración de Hierro, inducen a la incrustación en tuberías. El hierro presente en el agua de lavado de ropa ayuda a que esta se manche al igual que la loza (13).

ANEXO No. 3

PRINCIPALES MINERALES DE ANTIMONIO

CLASE DE MINERAL	NOMBRE	FORMULA	ANTIMONIO %
SULFURO	ESTIBINITA	$Sb_2 S_3$	71.4
OXIDOS	VALENTINITA	$Sb_2 O_3$	83.3
	SENARMONTITA	$Sb_2 O_3$	83.3
	CERVANTITA	$Sb_2 O_4$	78.9
HIDROXIDO OXISULFURO	ESTIBICONITA	$Sb_3 O_4 \cdot H_2 O$	75.0
	KERMESITA	$2Sb_2 S_4 \cdot Sb_2 O_3$	
MINERAL DE MERCURIO	LIVINGSTONITA	$HgSb_4 S_7$	53.0
MINERAL DE PLOMO	JAMESONITA	$Pb_2 Sb_2 S_5$	29.4
MINERAL DE COBRE	TETRAEDRITA	$Cu_8 Sb_2 S_7$	24.7

Tabla 1. Principales minerales de antimonio.

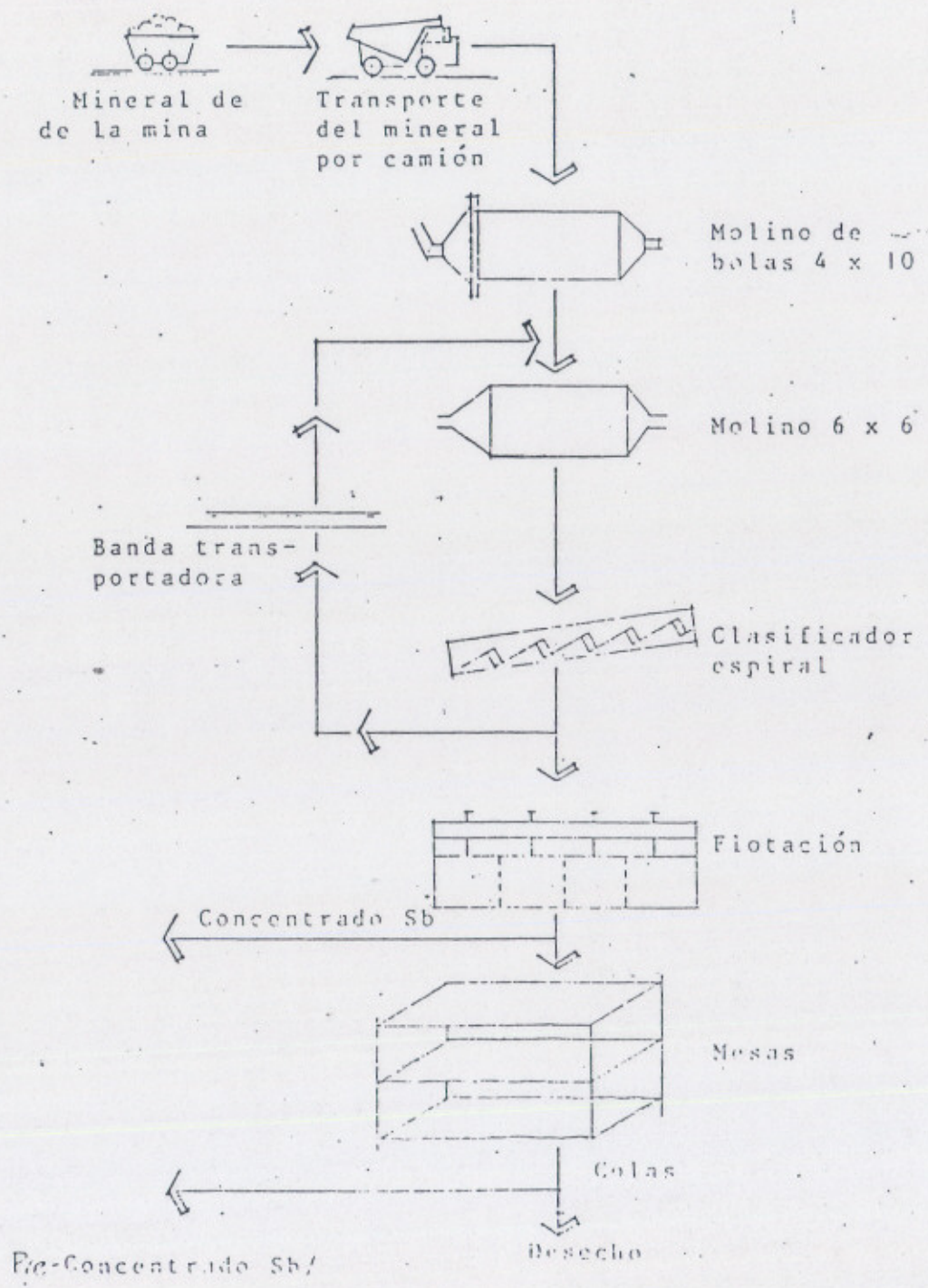
ANEXO No. 4

MINAS DE EXPLOTACION VIGENTES  
OTORGADAS POR CONTRATO CELEBRADO  
AL AMPARO DEL DECRETO LEGISLATIVO No. 2000

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DIRECCION GENERAL DE MINERIA

NOMBRE DE LA MINA	NOMBRE DEL CONTRATISTA	ELEMENTOS	MUNICIPIO DEPARTAMENTO	FECHA DE APROB. CONTRAATO
ANABELLA	Minas de Guatemala, S. A.	0.3 Sb, Fe, Pb, Zn, Ag.	San Ildefonso, Ixtaguacán, H.	31 - 10 - 1957 20 - 11 - 57 40 años
LA FLORIDA	Minas de Guatemala, S. A.	0.3 Sb	San Ildefonso, Ixtaguacán, H.	01 - 7 - 58 15 - 7 - 58 40 años
LOS LIRIOS	Minas de Guatemala, S. A.	0.1 Sb, Pb, Ag.	San Ildefonso, Ixtaguacán, H.	30 - 9 - 1960 06 - 9 - 1960 40 años
CLAVISTO III	Minas de Guatemala, S. A.	0.15b	San Ildefonso, Ixtaguacán, H.	16 - 7 - 1961 15 - 7 - 1961 40 años
CLAVISTO IV	Minas de Guatemala, S. A.	0.1 Sb, W	San Ildefonso, Ixtaguacán, H.	26 - 6 - 1961 01 - 8 - 1961 40 años
CLAVISTO II	Minas de Guatemala, S. A.	0.1 Sb, W	San Ildefonso, Ixtaguacán, H.	09 - 2 - 1962 14 - 2 - 1962 40 años

PARA OBTENER CONCENTRADO DE ANTIMONIO



53

ANEXO # 6

Pro-Concentrado Sb/

Residuo

ANEXO # 7  
MINERALES DE GUATEMALA.  
PUBLICADO POR LA DIRECCION GENERAL  
DE MINERIA E IDROCARBUROS EN 1966

HUEHUETENANGO		
INICIOPIO	MINERAL	ANALISIS
Antonio Huista	Psilomelano	Mn = 37.33%, Fe = 4.07%, SiO <sub>2</sub> = 34.18%
" "	"	Mn = 28.54%, Fe = 3.61%, SiO <sub>2</sub> = 48.55%
Ildefonso Ixtahuacán	Antimonita	Sb = 57.71%, Pb = 0.34%, Fe = 7.34%, Zn = 0.96%
" "	Galena Argentifera con Stibnita	Sb = 30.41%, Pb = 18.02%, Ag = 8 oz t/TM
" "	Lignito Bituminoso	H <sub>2</sub> O = 0.94%, Cenizas = 29.75%, Mat. volátil = 27.48% C Fijo = 41.83% Valor calorifico = 10229 BTU/libra
" "	Scherlita, Cuarzo y Stibnita	WO <sub>3</sub> = 9.80%
" "	Stibnita	Pb = 0.10%, Zn = 0.14%, Fe = 2.12%, Sb = 61.34%, SiO <sub>2</sub> = 25.78%, S = 24.77%
" "	"	Pb = 0.14%, Zn = 0.21%, Fe = 2.04%, Sb = 64.35%, SiO <sub>2</sub> = 6.54%, S = 25.76%
" "	"	Sb = 25.67%
" "	"	Sb = 48.00%
" "	"	Sb = 35.95%
" "	"	Sb = 52.49%
" "	"	Sb = 22.67%
" "	"	Sb = 45.26%
" "	"	Sb = 14.70%
" "	"	Sb = 49.26%
" "	"	Sb = 50.12%
" "	"	Sb = 54.38%
" "	"	Sb = 61.16%
" "	"	Sb = 53.04%

HUEHUETENANGO		
INICIOPIO	MINERAL	ANALISIS
Ildefonso Ixtahuacán	Stibnita	Sb = 34.11%
" "	"	Sb = 45.94%
" "	"	Sb = 59.55%
" "	Stibnita, Galena, Blenda, y Hematita	Sb = 60.63%, As = 0.03%, Pb = 0.10%, S = 16.23%
" "	" " "	Sb = 57.29%, Pb = 0.30, Zn = 0.71%, Fe = 9.16%, SiO <sub>2</sub> = 5.22%
" "	" " "	Sb = 60.14%, Pb = 0.65%, Zn = 0.51%, Fe = 5.70%, SiO <sub>2</sub> = 6.50%
" "	Stibnita, Galena, Blenda Argentifera y Hematita	Pb = 1.07%, Zn = 1.11%, Sb = 57.62%, Fe = 9.41%, Ag = 1.84 oz t/TM
" "	" " "	Pb = 0.92%, Zn = 0.40%, Fe = 9.48%, Sb = 57.22%, Ag = 2.42 oz t/TM
" "	" " "	Pb = 1.60%, Zn = 1.79%, Fe = 3.41%, Sb = 31.26%, Ag = 2.05 oz t/TM
" "	Stibnita y Pirita	Sb = 42.91%, Pb = 0.59%, Fe = 11.87%, SiO <sub>2</sub> = 13.98%, S = 30.54%
Juan Ixcay	Galena y Blenda	Pb = 20.10%, Zn = 33.52%, Fe = 6.42%
" "	"	Pb = 74.12%, Zn = 0.18%
" "	Hematita con Limonita y peq. cant. de Galena	
Mateo Ixtatán	Calcopirita y Malaquita	Cu = 15.24%, Fe = 27.92%, SiO <sub>2</sub> = 16.65%
" "	Calcopirita y Pirita	Cu = 6.09%, Fe = 24.38%, SiO <sub>2</sub> = 30.02%
" "	Hematita con Calcopirita y Malaquita	Cu = 1.81%, Fe = 20.14%, SiO <sub>2</sub> = 54.67%
Agüel Acatán	Calcopirita en Cuarzo	Cu = 5.03%
" "	Calcopirita, Malaquita, Hematita, Cuarzo, Cobelina y Cristal de Roca	Cu = 17.08%, Fe = 2.07%, SiO <sub>2</sub> = 25.46%



## ANEXO # 8

DEPARTAMENTO DE CONTROL Y FOMENTO MINERO. Guatemala, dieciocho de mayo de mil novecientos ochenta y nueve.

ASUNTO: SECCION DE FOMENTO Y DESARROLLO, del DEPARTAMENTO DE CONTROL Y FOMENTO MINERO, informa de las investigaciones y análisis realizados en relación al problema de contaminación que se está dando en el río Selegua, como consecuencia de las labores de procesamiento de minerales en el municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, por parte de la empresa Minas de Guatemala, S.A.

Pasen las presentes diligencias a la Dirección General de Minería, para que se sirva enterar del contenido de los oficios SFD-37-89, 51-89 y 54-89 de la Sección de Fomento y Desarrollo, el acta número 2-89 del libro de actas de este Departamento, así como los informes de análisis químicos números 130-89 y 131-89 del Departamento de Laboratorios de la Dirección General de Servicios Técnicos, permitiéndose informar esta Jefatura, lo siguiente:

- a) Luego de detectado un posible problema de contaminación de las aguas del río Selegua, se envió una comisión para efectuar un muestreo sistemático de las aguas de dicho río, tanto antes como después de la confluencia del mismo con el río Helado, éste último, que es el que transporta los productos que se descargan luego del procesamiento de minerales en San Ildefonso Ixtahuacán.
- b) Las muestras respectivas fueron analizadas tanto en el Departamento de Laboratorios de la Dirección General de Servicios Técnicos de este Ministerio, como en el Laboratorio Analítico Nuclear de la Dirección General de Energía Nuclear.
- c) Los resultados muestran, elevados niveles de plomo en las aguas, tanto del río Helado como del río Selegua. Estos niveles superan fácilmente los niveles permisibles para aguas de descarga. También se detectaron niveles de cobre y hierro, que superan los niveles permisibles para agua potable. Los resultados de demanda bioquímica de oxígeno se encuentran en niveles aceptables para el muestreo realizado.
- d) Según se detectó en la inspección respectiva, la turbidez y efectos de coloración del agua del río Selegua, permanece en el mismo, aún a una distancia de 50 kilómetros aguas abajo de la confluencia de los ríos Helado y Selegua, penetrando éste con dicho problema, en territorio mexicano.

2/...

DEPARTAMENTO DE CONTROL Y FOMENTO MINERO. Guatemala, dieciocho de mayo de mil novecientos ochenta y nueve.

ASUNTO: SECCION DE FOMENTO Y DESARROLLO, del DEPARTAMENTO DE CONTROL Y FOMENTO MINERO, informa de las investigaciones y análisis realizados en relación al problema de contaminación que se está dando en el río Selegua, como consecuencia de las labores de procesamiento de minerales en el municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango, por parte de la empresa Minas de Guatemala, S.A.

Pasen las presentes diligencias a la Dirección General de Minería, para que se sirva enterar del contenido de los oficios SFD-37-89, 51-89 y 54-89 de la Sección de Fomento y Desarrollo, el acta número 2-89 -- del libro de actas de este Departamento, así como los informes de análisis químicos números 130-89 y 131-89 del Departamento de Laboratorios de la Dirección General de Servicios Técnicos, permitiéndose informar esta Jefatura, lo siguiente:

- a) Luego de detectado un posible problema de contaminación de las aguas del río Selegua, se envió una comisión para efectuar un muestreo sistemático de las aguas de dicho río, tanto antes como después de la confluencia del mismo con el río Helado, éste último, que es el que transporta los productos que se descargan luego del procesamiento de minerales en San Ildefonso Ixtahuacán.
- b) Las muestras respectivas fueron analizadas tanto en el Departamento de Laboratorios de la Dirección General de Servicios Técnicos de este Ministerio, como en el Laboratorio Analítico Nuclear de la Dirección General de Energía Nuclear.
- c) Los resultados muestran, elevados niveles de plomo en las aguas, tanto del río Helado como del río Selegua. Estos niveles superan fácilmente los niveles permisibles para aguas de descarga. También se detectaron niveles de cobre y hierro, que superan los niveles permisibles para agua potable. Los resultados de demanda bioquímica de oxígeno se encuentran en niveles aceptables para el muestreo realizado.
- d) Según se detectó en la inspección respectiva, la turbidez y efectos de coloración del agua del río Selegua, permanece en el mismo, aún a una distancia de 50 kilómetros aguas abajo de la confluencia de los ríos Helado y Selegua, penetrando éste con dicho problema, en territorio mexicano.

2/...

...2/

- e) El río Selegua, es usado por los pobladores de esa región del departamento de Huehuetenango, para aseo, riego, bebida, etc., lo que se supone que también ocurre en territorio mexicano, por lo que es necesario tomar medidas adecuadas de carácter inmediato, para resolver dicha situación.
- f) Según consta en el acta citada, y por manifestación del señor Federico Yaxcal Wellman y según se constató en la inspección correspondiente, la empresa Minas de Guatemala, S.A. inició desde hace aproximadamente 2 años, la implementación de un sistema de depositación de colas provenientes del procesamiento de los minerales, ello a través de la construcción de una presa y el envío de dichas colas a su depositación allí, previo a descargar el agua en el río Helado; este procedimiento quedó en suspenso, según se informó, debido a que ocurrieron desperfectos en la bomba respectiva.
- g) Las muestras C-3, corresponden a agua que por procesos naturales de retención de sedimentos a través de rocas y con proceso de filtración se encuentran en pequeñas pozas en el río Selegua; éstas muestras aún niveles no permisibles de plomo, aún en aguas de descarga, por lo que debe revisarse si la sola implementación de la presa de colas sería suficiente para eliminar el problema.
- h) No se pudieron detectar los niveles de arsénico en las muestras tomadas.

En base de todo lo anteriormente expuesto, este Departamento considerando que se hace necesario tomar acciones específicas para la resolución efectiva de la presente situación, opina:

- 1) Que se ordene a la empresa Minas de Guatemala, S.A., que de inmediato proceda a concluir todos los aspectos que sean necesarios tanto en construcción como en reparación de equipos, para poner en funcionamiento el procedimiento de depositación de las colas procedentes del procesamiento de los minerales que realiza en San Ildefonso Ixtahuacán.
- 2) Que se otorgue un plazo máximo de dos (2) meses para ejecutar lo citado en el numeral anterior.

3/...

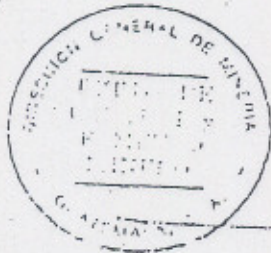


CF

...3/

- 3) Que se ordene a dicha empresa, que debe mantener dicho procedimiento en funcionamiento permanente, debiendo la misma tomar todas las acciones adecuadas para ese propósito.
- 4) Que se ordene a la empresa citada, que proceda a efectuar los estudios e investigaciones correspondientes, sin perjuicio de los que la Dirección General de Minería realice, para verificar si el procedimiento de depositación de coque es completamente efectivo por sí sólo, o bien si se hace necesario efectuar algún otro tipo de tratamiento.

Atentamente,



*Juan Carlos Fortuny Zea*  
Ing. Civil Juan Carlos Fortuny Zea  
PROFESIONAL JEFE II  
JEFATURA DEPTO. DE CONTROL Y FOMENTO MINERO

c.c. Archivo  
JCFZ/vpdev

**ANEXO No. 9**  
**PARAMETROS INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA**

PARAMETRO / INDICADOR	UNIDAD	CARACTERIZACION ECOLOGICA	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	RECREACION DE CONTACTO DE AGUA	PRESERVACION VIDA ACUATICA	IRRIGACION	SUMINISTRO DE AGUA PARA ANIMAL	ENERGIA HIDRAULICA Y NAVEGACION	GENERACION DE VAPOR Y ENFRIAMIENTO	AGUA PARA PROCESOS INDUSTRIALES
(1) Calcio	mg. / L	-	+	-					+	+/-
(2) Magnesio	mg. / L	-	+	-					+	+/-
(3) Bicarbonato	mg. / L	-	+	-					+	+/-
(4) Carbonato	mg. / L	-	+	-					+	+/-
(5) Hidróxido	mg. / L	-	+	-					+	+/-
	mg. / L	-	+	-	+	+	-		+	+/-
<b>Elementos (indicios)</b>		+	+	-		+			+	-/-
a. Aluminio	mg. / L	+	+	+	+	+	+			+/-
b. <u>Arsénico</u>	mg. / L	+	+	-						+/-
c. Bario	mg. / L	+	+	-		+	-			+/-
d. Berilio	mg. / L	+	+	-		+	-			+/-
e. Boro	mg. / L	+	+	+	+	+	+			+/-
f. Cadmio	mg. / L	+	+	+	+	+	+			+/-
g. Cromo	mg. / L	+	+	-	+	+	-		+	+/-
h. <u>Cobre</u>	mg. / L	+	-	-			-			+/-
i. Floururo	mg. / L	+	-	-			-		+	+/-
j. <u>Hierro</u>	mg. / L	+	+	+	+	-	+			+/-
k. <u>Plomo</u>	mg. / L	+	+	-		+	-		+	+/-
l. Manganeso	mg. / L									
<b>Niveles de contaminante en plantas acuáticas y animales:</b> Biocidas Metales pesados (Hg, Pb, Cd, etc.) Fosfatos Nitratos Elementos y compuestos tóxicos	mg. / Kg.	+	-	-	+	-	+			+/-

+ INTERES MAYOR  
- INTERES MENOR

+/- DEPENDE DE LA INDUSTRIA  
• OBSERVACION VISUAL

ANEXO # 10

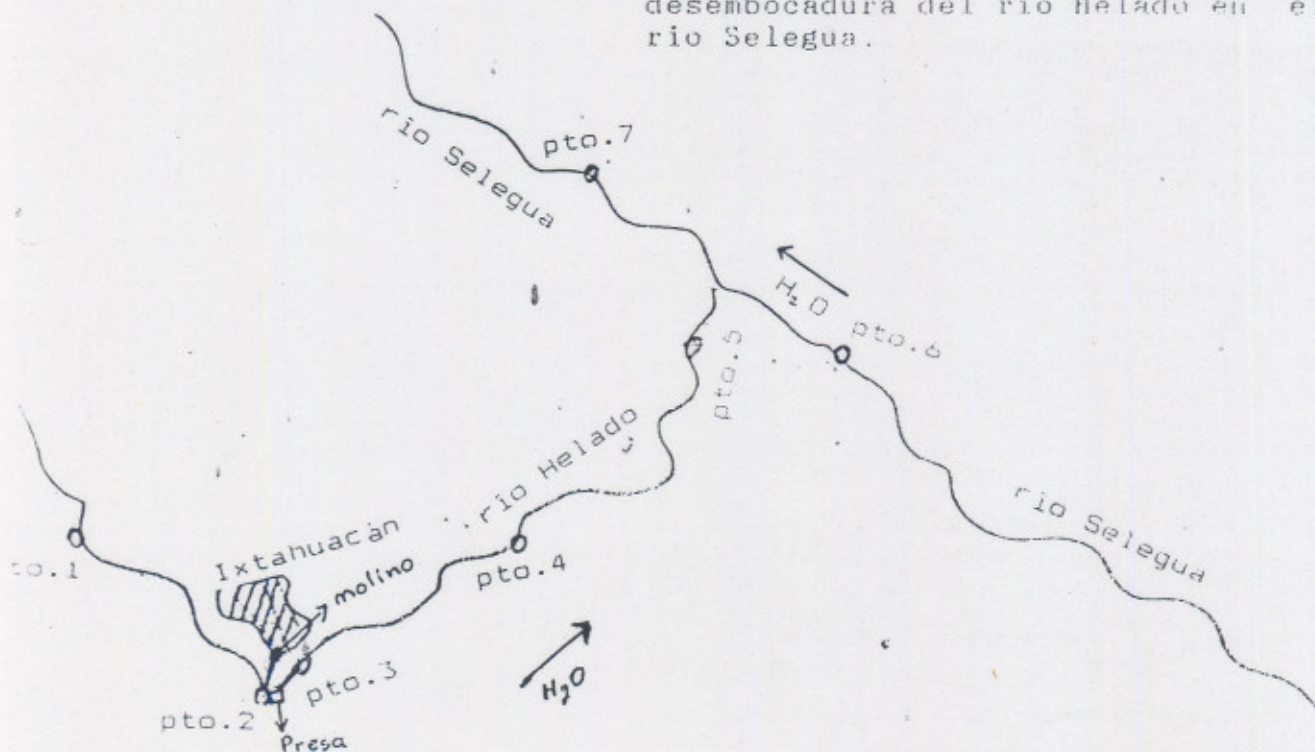
SUSTANCIAS QUIMICAS Y TOXICAS CON SUS CORRESPONDIENTES  
L.M.P. Y L.M.A.  
(LIMITE MAXIMO PERMISIBLE Y ACEPTABLE)  
PARA AGUA POTABLE DICTADAS POR LA NORMA COGUANOR (10).

	ELEMENTO	L.M.P.	L.M.A.
TOXICOS	Arsénic (As)	0.0500 mg/L	-
	Plomo (Pb)	0.1000 mg/L	-
	Hierro total (Fe)	1.000 mg/L	0.1000 mg/L
	Cobre (Cu)	1.5000 mg/L	0.0500 mg/L

ANEXO # 11

MAPA DE LOS RIOS HELADO Y SELEGUA QUE MUESTRA LOS PUNTOS DONDE SE REALIZARON LOS MUESTREOS.

- punto 1. Río Helado = Antes del desague de desechos del proceso de explotación del mineral Estibnita de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán Huehuetenango.
- punto 2. Canal de desague de desechos que van a dar a la presa donde sedimentan los sólidos y el agua superficial es vertida sobre el río helado.
- punto 3. Agua de desague que es vertida en el río Helado.
- punto 4. Río Helado = 1 Km. después del desague de desechos del proceso de explotación del mineral Estibnita de las minas de San Ildefonso Ixtahuacán Huehuetenango.
- punto 5. Río Helado = Aproximadamente 200 mt. antes de la desembocadura en el río selegua.
- punto 6. Río Selegua = Aproximadamente 300 mt. antes del punto donde desemboca el río Helado.
- punto 7. Río Selegua = Aproximadamente 1/2 Km. después de la desembocadura del río Helado en el río Selegua.



## VENENOS INDUSTRIALES

Se le llaman así aquellas materias primas, productos finales o intermedios y desperdicios, que pueden penetrar en el organismo de los seres Humanos en tal cantidad que ponga en peligro la salud.

En el curso de un envenenamiento se distinguen tres fases: 1o. El tiempo de incubación o período latente, esto es, desde el momento en que penetra el veneno en el organismo hasta que aparece el primer síntoma, y según el tiempo que dura este período se llama el envenenamiento agudo, subagudo o crónico; 2o. El tiempo de aparición en el cual surgen las consecuencias del envenenamiento; 3o. El tiempo de salida, que o termina con la muerte, con una enfermedad crónica o con la curación.

La sustancia tóxica, puede penetrar en el organismo: 1o. Mediante la respiración; 2o. Por la boca al tubo digestivo, donde es absorbido; 3o. Por la piel, se tengan o no heridas, a la linfa y sangre.

El reconocimiento de los envenenamientos industriales ofrece con frecuencia grandes dificultades y exige mucha experiencia sobre cuestiones de sanidad industrial; es muy sencillo cuando se trata de materias que con pequeñas dosis y en una sola vez producen graves daños, pero es difícil cuando son materias que después de un largo tiempo desarrollan su acción lentamente; viene a aumentar la dificultad de reconocer los envenenamientos, el que los organismos según su disposición reaccionen de un modo distinto con el mismo tóxico y que haya intoxicaciones que con síntomas casi iguales sean provocadas por muy distintas causas, así como el que por actuar varios venenos al mismo tiempo aparezca muy confuso el cuadro de la enfermedad; la observación en el funcionamiento de la fábrica, el análisis de los diferentes casos de envenenamiento, son caminos por seguir para alcanzar una base para el conocimiento de las intoxicaciones.

A continuación los síntomas de envenenamiento más importantes producidos por los tóxicos As y Pb:

**Arsénico:** Envenenamiento agudo; dolor en el estómago y en el bajo vientre, diarrea, decaimiento, vahidos, alucinaciones, inconsciencia y muerte, y algunas veces fenómenos análogos al cólera. Envenenamiento crónico; dolores de cabeza, mal humor, insomnio, molestias gástricas (diarrea, vómitos, decaimiento), catarros y frecuentemente enfermedad de la piel. En los casos más graves desordenes del sistema central nervioso, parálisis.

**Plomo:** Envenenamiento crónico; empieza por trastornos generales, se debilita la sensibilidad, decaimiento, desordenes en la digestión, sabor metálico, coloración azul grisea de las encías, cólico, neuralgia la mayor parte de las veces en los miembros inferiores, parálisis saturnina que a menudo va precedida de trastornos en la sensibilidad, ceguera, saturnina, frecuentemente pasajera, aunque algunas veces produce la atrofia del nervio óptico; graves padecimientos cerebrales (encefalopatía saturnina), variaciones perniciosas de los vasos sanguíneos, el corazón y los riñones, trastornos sexuales en la mujer (aborto, parto prematuro).



ANEXO # 13

13.1 TABLAS Y GRAFICAS DE RESULTADOS ESTADISTICOS  
 13.2 TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA  
 13.2 GRAFICAS DE CONCENTRACIONES DE LOS ELEMENTOS  
 As, Pb, Cu, y Fe VRS. EPOCA DEL AÑO CON SU  
 RESPECTIVO CAUDAL.

Tabla No.  
 Resultados estadísticos para el punto No.  
 de los cuatro muestreos realizados.  
 Vease Anexo No. 11

donde: media = concentración del elemento  
 en ppm(ag/ml)  
 < = desviación estandar  
 </x + 100 = Desviación porcentual de la media  
 < % LMA = Desviación porcentual del Límite  
 Máximo Aceptable  
 < % LMP = Desviación porcentual del límite  
 Máximo Permissible (Segun COGUANOR).

PUNTO No. 1

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
media (ag/ml)	0.41	1.44	0	1.65
<	0.035	0.55	0	0.19
</x + 100	8.54	4.81	0	11.52
< % LMA	310	1340	0	65
< % LMP	0	44	0	1550
As				
media	0	0	0	0
<	0	0	0	0
</x + 100	0	0	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
Cu				
media	0.033	0.046	0.02	0
<	0.0057	0.0057	0.02	0
</x + 100	17	12.39	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	0	0	0	0
<	0	0	0	0
</x + 100	0	0	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
CAUDAL (lt.seg)	20.65	127.8	193.69	90.09

PUNTO No. 2

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
media (ag/ml)	19.23	6.74	0.35	0.03
<	0.43	0.158	0.02	0
</x + 100	2.24	2.34	0.71	0
< % LMA	19130	6640	2.55	0
< % LMP	1823	574	0	0
As				
media	3	1.13	0.33	0.45
<	0.18	0.08	0.0346	0.02
</x + 100	6.57	7.08	10.48	4.44
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	5380	2160	560	800
Cu				
media	0.35	0.305	0.053	0.03
<	0.05	0.021	0.0057	0
</x + 100	7.14	6.89	10.75	0
< % LMA	600	510	6	0
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	1.75	0.1	0.05	0.036
<	0.069	0.0057	0	0.057
</x + 100	3.94	5.7	0	15.83
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	1650	0	0	0
CAUDAL (lt.seg)	39.269	70.538	78.538	157.075

PUNTO No. 3

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
x	0.69	0.27	0.19	0.06
<	0.17	0.017	0.16	0
</x + 100	24.64	30	8	0
< % LMA	590	170	90	0
< % LMP	0	0	0	0
As				
media	0.2	0.514	0.27	0.29
<	0.01	0.063	0	0.01
</x + 100	5	12.26	0	3.45
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	300	290	440	480
Cu				
media	0.053	0.15	0.03	0.42
<	0.0057	0.02	0	0.045
</x + 100	10.75	13033	0	10.71
< % LMA	6	200	0	740
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	0.3	0	0	0.03
<	0.049	0	0	0
</x + 100	16.33	0	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	200	0	0	0
CAUDAL (lt.seg)	39.269	78.538	78.538	157.075

## PUNTO No. 4

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
media	19.04	6.33	0.2	0.19
<	1.13	1.5	0.0057	0.024
</x + 100	5.93	15.3	2.85	12.67
< % LMA	1890	6232	100	90
< % LMP	1804	533	0	0
As				
media	0.23	0.03	0.64	0.113
<	0.021	0.01	0.034	0.0043
</x + 100	9.17	33.33	5.31	4.16
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	360	0	1180	126
Cu				
media	0.065	0.03	0.053	0.03
<	0.02	0.01	0.025	0.0057
</x + 100	6.59	33.33	20.3	15.83
< % LMA	30	0	6	0
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	0.14	0	0	0
<	0.042	0	0	0
</x + 100	30	0	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	40	0	0	0
CAUDAL (lt.seg)	29.123	82.16	231.48	110.02

## PUNTO No. 5

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
media (mg/ml)	6.41	4.92	0.53	0.13
<	0.11	0.34	0.06	0.052
</x + 100	1.17	7.01	11.32	40
< % LMA	6310	4820	430	30
< % LMP	541	392	0	0
As				
media	0.683	0.51	1.84	0.25
<	0.0057	0.04	0.13	0.01
</x + 100	0.83	7.84	7.07	4
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	1266	920	3580	400
Cu				
media	0.066	0.073	0.03	0.023
<	0.015	0.0057	0	0
</x + 100	22.72	7.81	0	0
< % LMA	32	46	0	0
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	0.18	0.23	0.07	0.04
<	0.017	0.045	0.025	0
</x + 100	9.61	19.57	35.71	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	80	123	0	0
CAUDAL (lt.seg)	204.11	187.83	311.12	

## PUNTO No. 6

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
media	0.25	0.12	0.11	0.16
<	0.11	0.034	0	0.03
</x + 100	30.48	28.33	0	25.33
< % LMA	150	20	10	60
< % LMP	0	0	0	0
As				
media	0	0	0	0
<	0	0	0	0
</x + 100	0	0	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
Cu				
media	0.04	0.0226	0.002	0.03
<	0.0057	0.0057	0	0.017
</x + 100	13.26	22	0	56.67
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	0	0	0	0
<	0	0	0	0
</x + 100	0	0	0	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
CAUDAL (lt.seg)	2446.7	2469.91	2785.32	3552

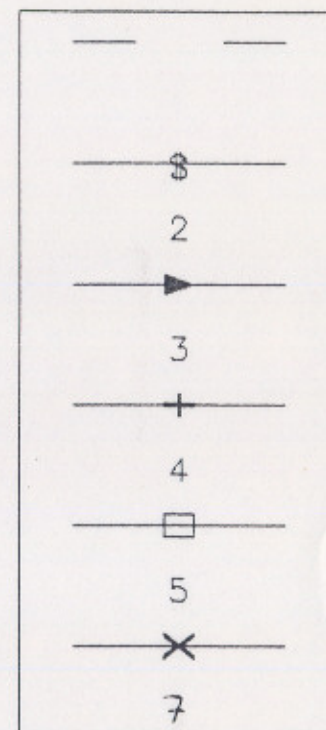
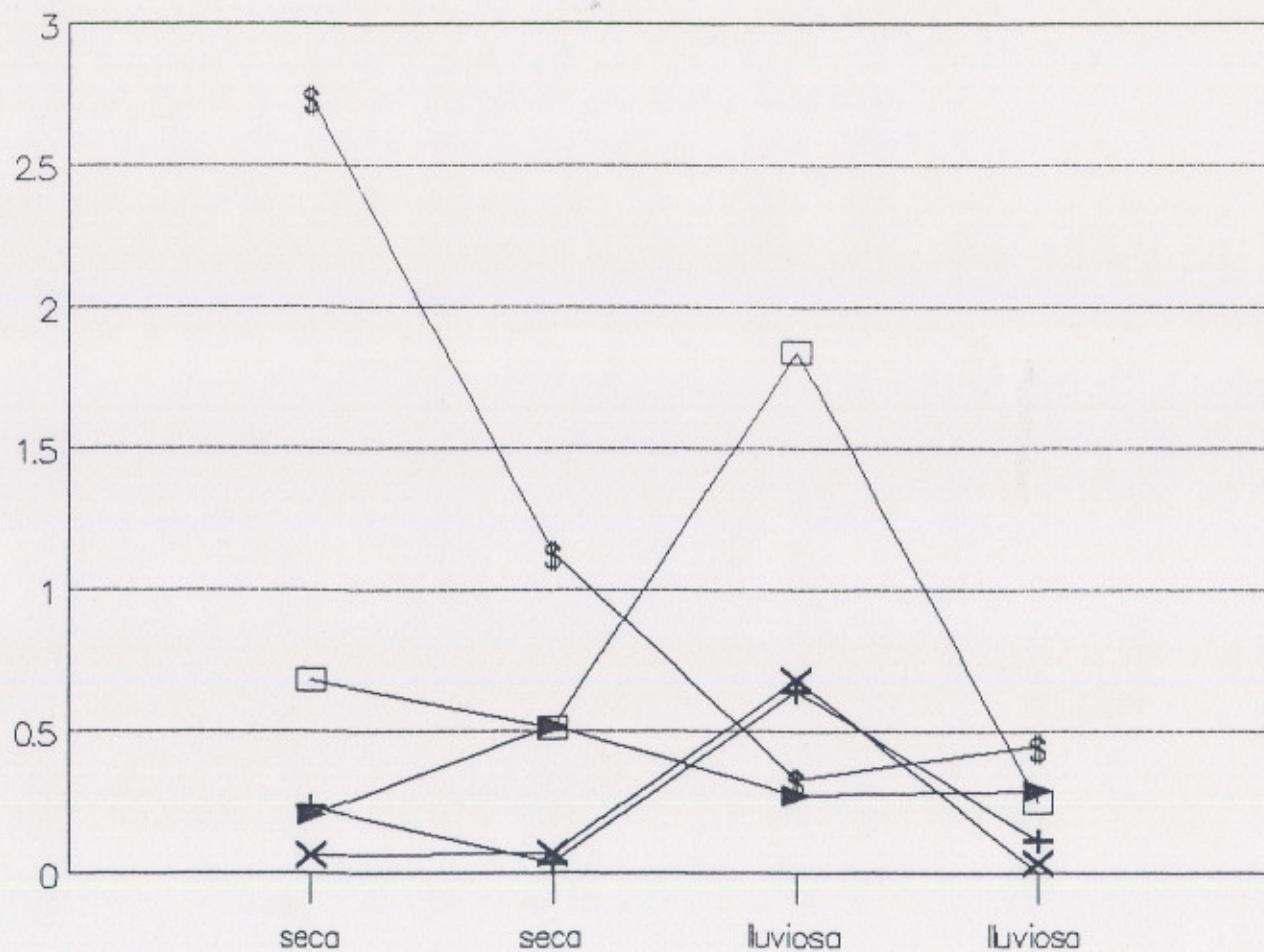
## PUNTO No. 7

ELEMENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
Fe				
media	0.583	0.416	1.34	0.486
<	0.02	0.015	0.33	0.17
</x + 100	3.43	3.61	24.63	34.98
< % LMA	483	316	1240	380
< % LMP	0	0	34	0
As				
media	0.06	0.066	0.68	0
<	0	0.02	0.079	0
</x + 100	0	30.3	11.62	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	20	32	1260	0
Cu				
media	0.052	0.026	0.02	0.043
<	0.0057	0.0057	0	0.0057
</x + 100	10.96	21.91	0	13.26
< % LMA	4	0	0	0
< % LMP	0	0	0	0
Pb				
media	0.043	0	0.13	0
<	0.0057	0	0.026	0
</x + 100	13.26	0	20	0
< % LMA	0	0	0	0
< % LMP	0	0	30	0
CAUDAL (lt.seg)	2198.32	1573	1806	4012

# CONC. DE As EN LOS PUNTOS # 2,3,4,5 Y 7

## VRS. EPOCA DEL AÑO

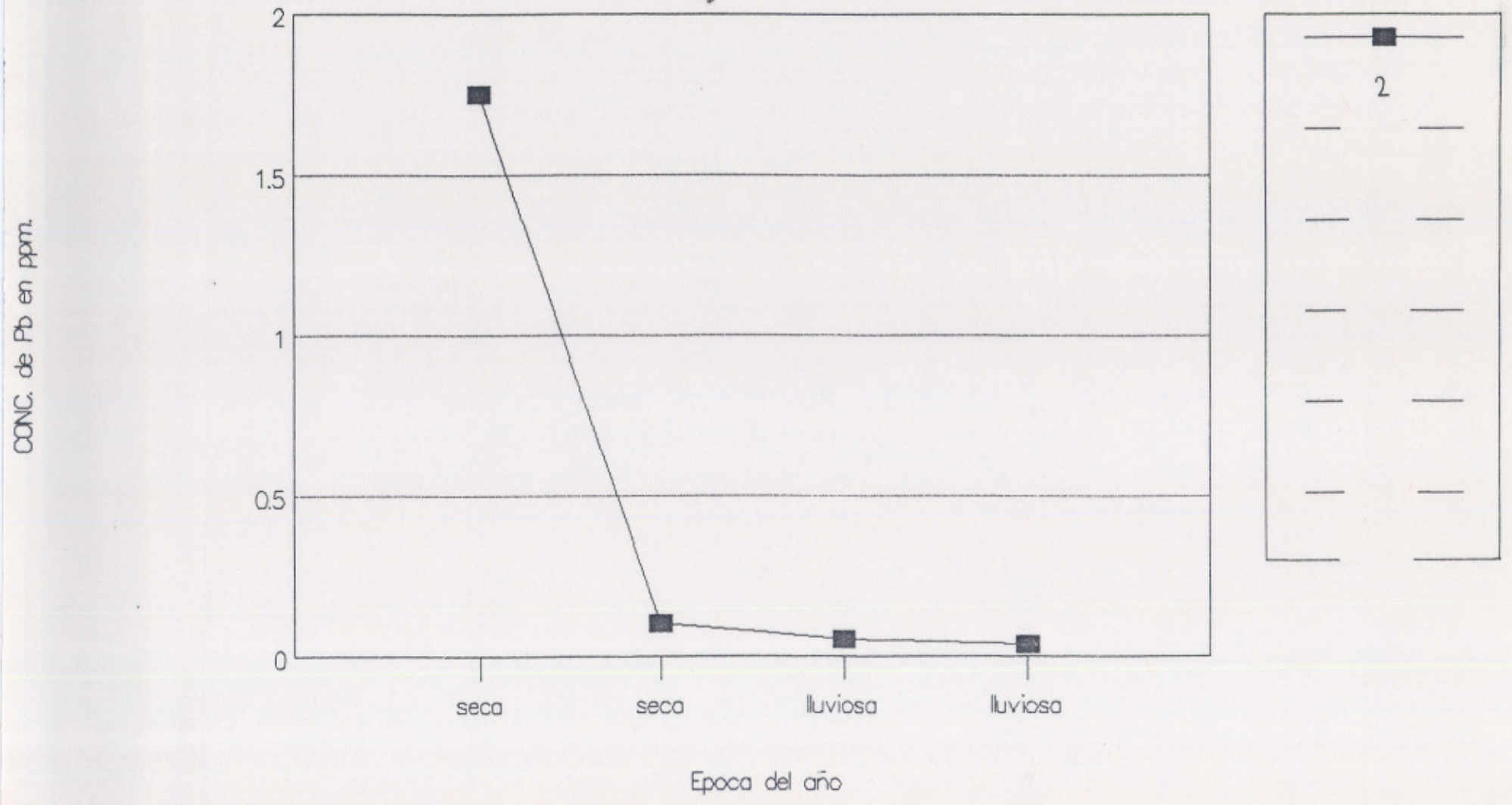
Conc. de As en ppm.



Epoca del año

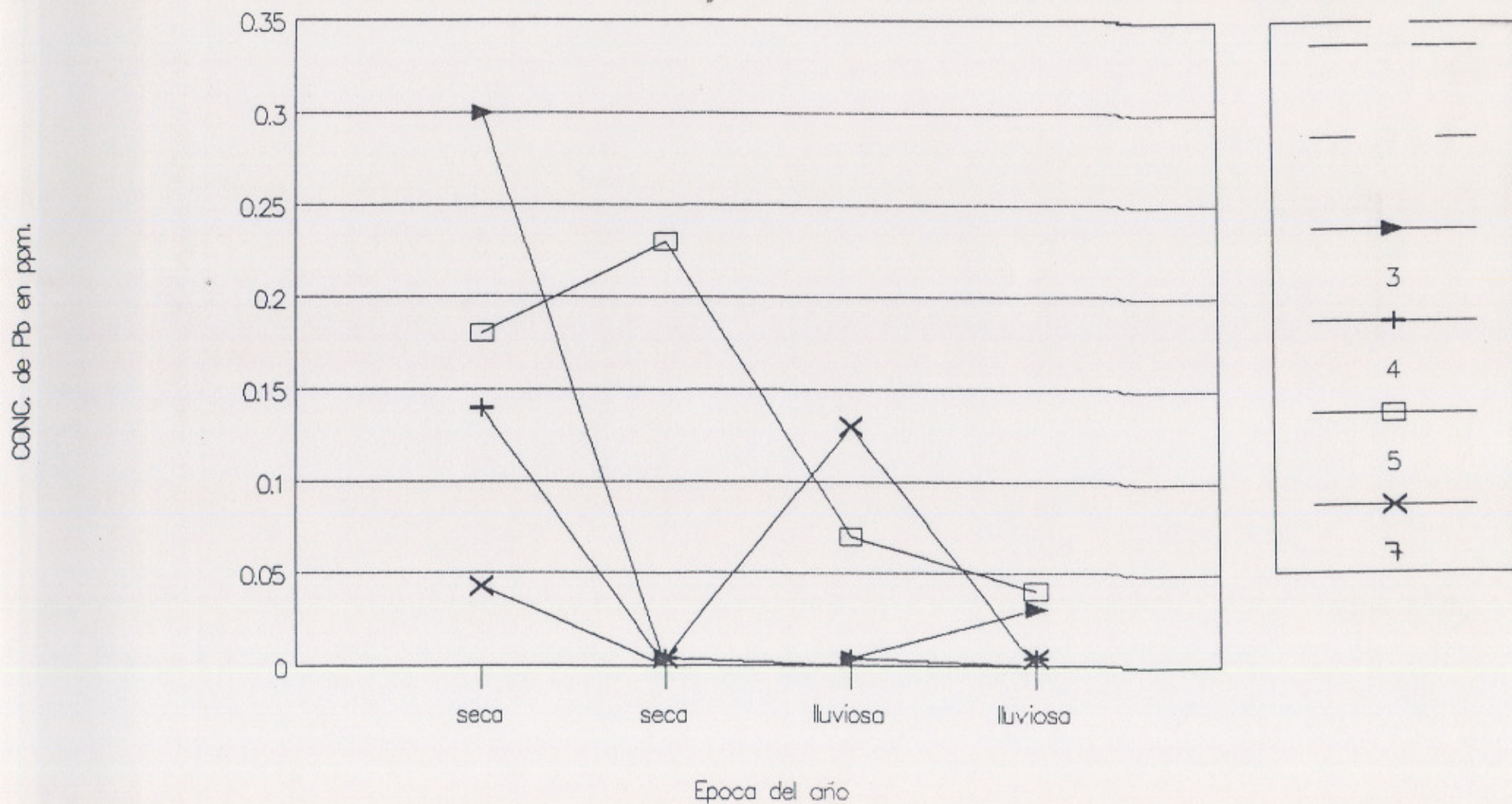
# CONC. DE Pb EN EL PUNTO # 2

## VRS. EPOCA DEL AÑO



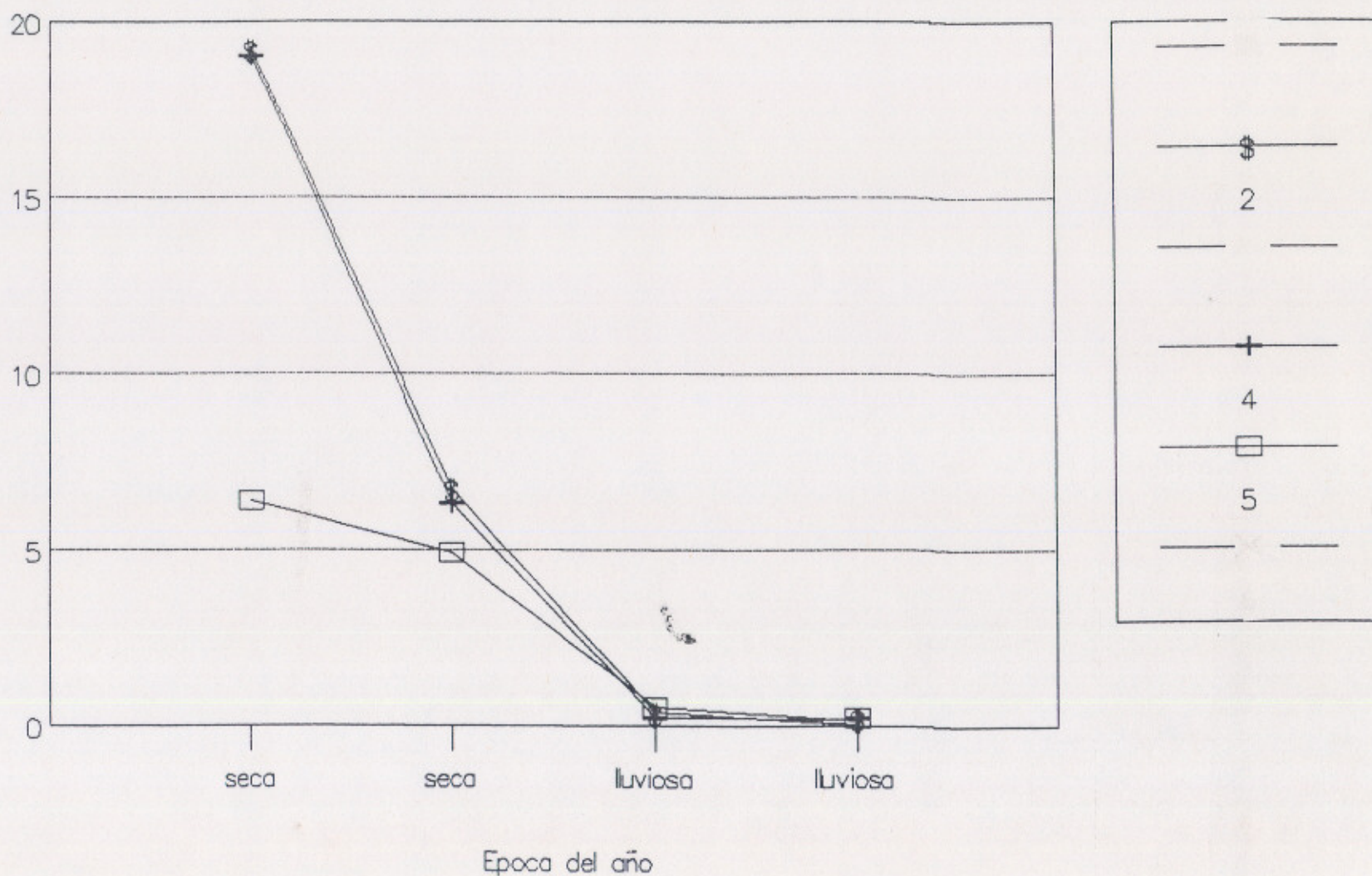
# CONC. DE Pb EN LOS PUNTOS # 3,4,5 Y 7

## VRS. EPOCA DEL AÑO



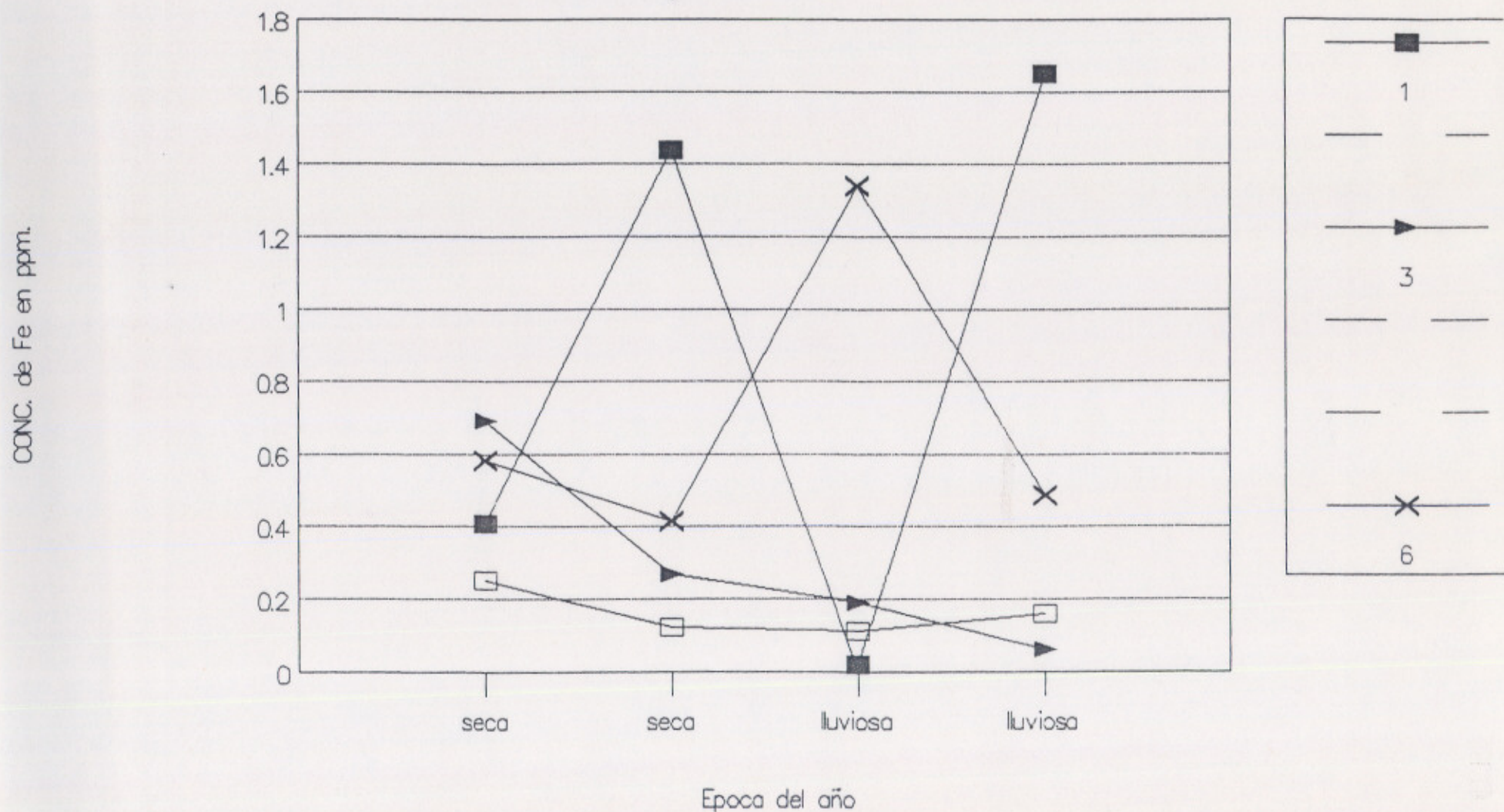
# CONC. DE Fe EN LOS PUNTOS 2,4 Y 5

## VRS. EPOCA DEL AÑO



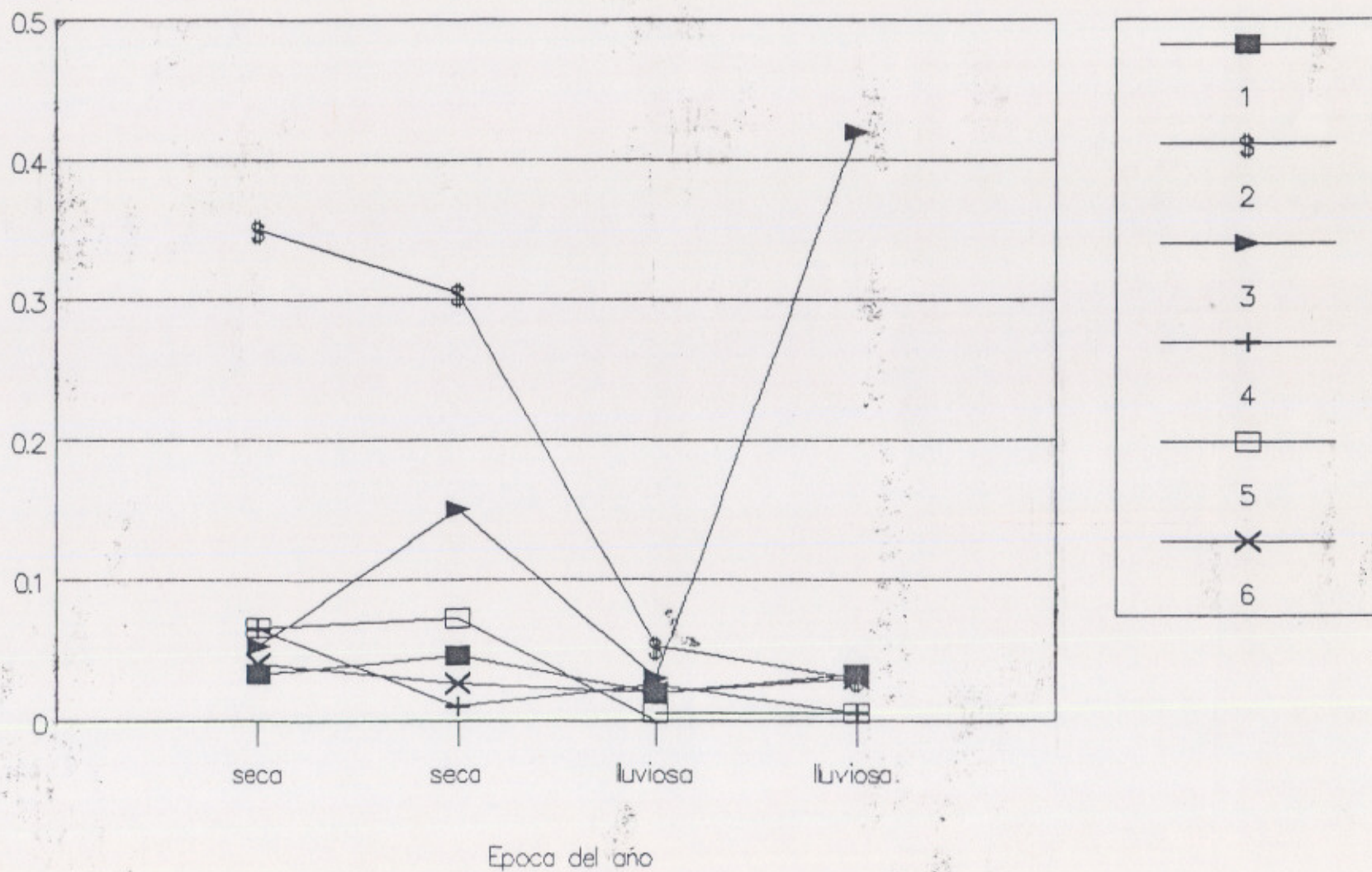
# CONC. DE Fe EN LOS PUNTOS 1,3,6,7

## VRS. EPOCA DEL AÑO



# CONC. DE CU EN LOS PUNTOS # 1,2,3,4,5,6

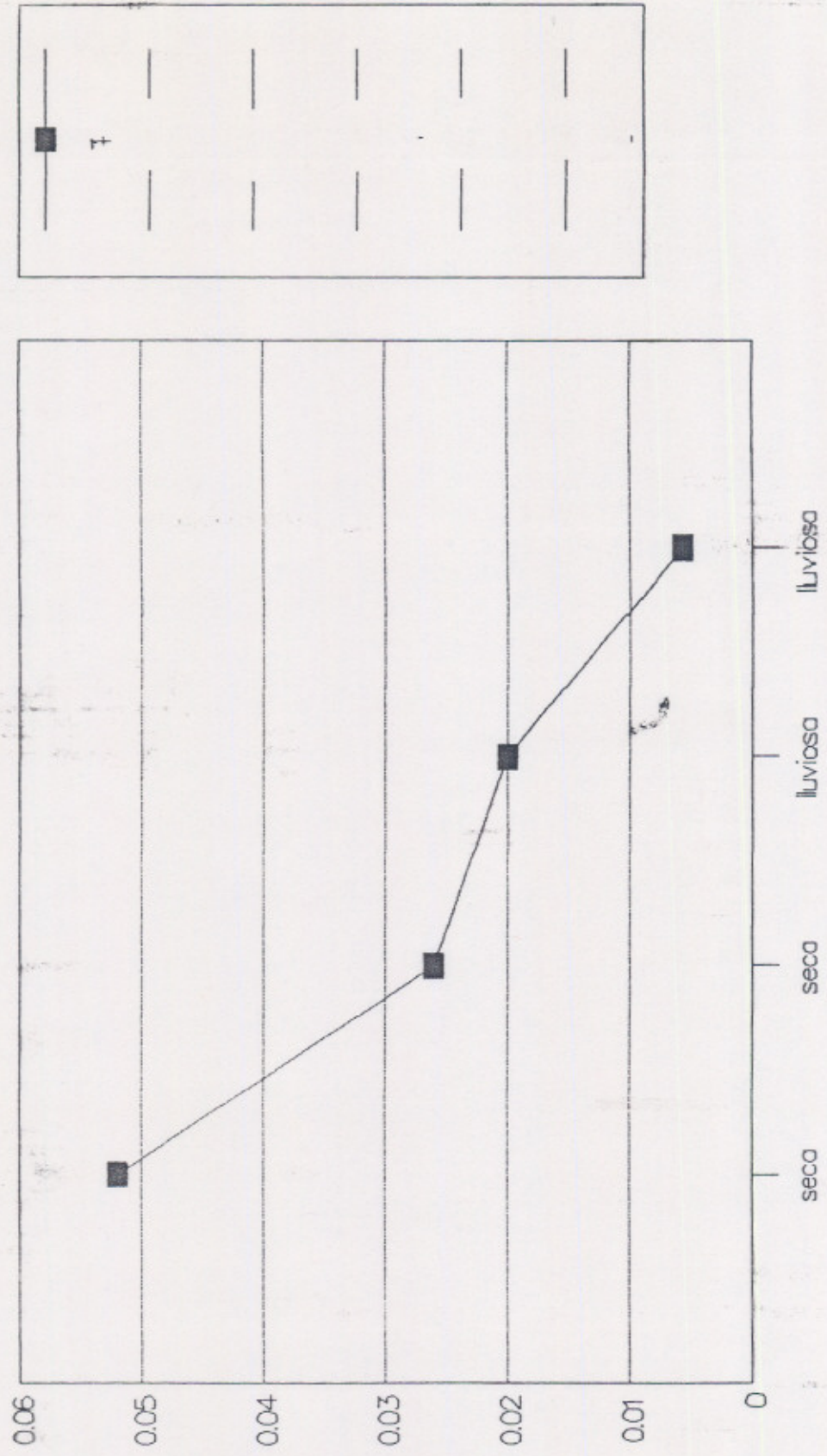
## VRS. EPOCA DEL AÑO





# CONC. DE CU EN EL PUNTO 7

## VRS. EPOCA DEL AÑO



## Glosario

a.) Agua para consumo humano

Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano. (20)

b.) Límite Máximo Aceptable (LMA)

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores. (20)

c.) Límite Máximo Permisible (LMP)

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada al consumo humano (20).

d.) Agua Potable

Agua sanitariamente segura agradable a los sentidos (19)

e.) Agua Sanitariamente Segura

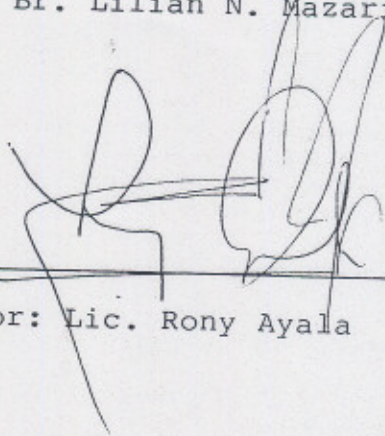
Agua que está libre de concentraciones excesivas de sustancias minerales y orgánicas y libre de tóxicos, además no transmite enfermedades. (19)

1.



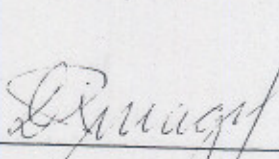
Autor: Br. Lilian N. Mazariegos B.

2.



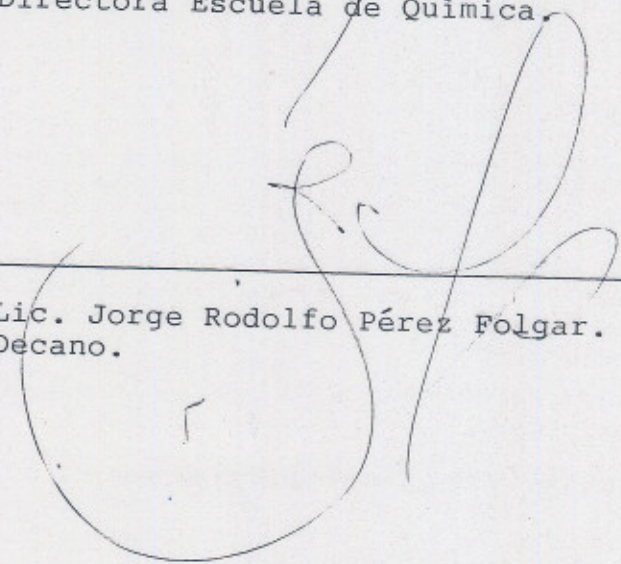
Coasesor: Lic. Rony Ayala

3.



Vo.Bo.Licda. Diana Pinagel.  
Directora Escuela de Química

4.



Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar.  
Decano.