

086390

Ej. 4

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

“Investigación de Niveles de Contaminación  
por Arsénico en El Salvador”

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO

DE

Licenciada en Química y Farmacia

POR

ANA CONCEPCION QUAN LEMUS



SAN SALVADOR,

REPUBLICA DE EL SALVADOR,

CENTROAMERICA

SEPTIEMBRE DE 1976.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector

Dr. Carlos Alfaro Castillo

Secretario General

Dr. Manuel Atilio Hasbún

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

Decano

Dr. Amílcar Avendaño y Ortiz

Secretaria

Dra. María Gladis de Mena Guerrero



JURADO DE TESIS

- Dra. Leticia Calderón de Machado
- Dra. Gloria Ruth Calderón de Falconio
- Dr. Víctor Ortiz Cuéllar

CON ESPECIAL AGRADECIMIENTO a la Dra. Leticia Calderón de Machado y al Ing. Alirio Bernal en reconocimiento a su valiosa ayuda en el desarrollo del presente trabajo.

CON GRATITUD AL PERSONAL DE:

- Laboratorio de Bromatología del Ministerio de Salud.
- Laboratorio de Análisis de la Facultad de Química y Farmacia.
- Laboratorio Geoquímico de C.E.L.
- Laboratorio de Análisis de A.N.D.A.

y a todas las personas que me brindaron su colaboración.

DEDICATORIA:

A MIS PADRES,  
HERMANA,  
SOBRINOS,  
FAMILIARES,  
PROFESORES,  
COMPAÑEROS Y  
AMIGOS.-

I N D I C E

Pag.

I -	Introducción	
	a) Objetivo . . . . .	1
	b) Generalidades. . . . .	2
II -	Parte Experimental	
	a) Equipo . . . . .	13
	b) Método . . . . .	15
	c) Ecuaciones . . . . .	22
III -	Resultados . . . . .	24
IV -	Discusión . . . . .	32
V -	Conclusiones . . . . .	38
VI -	Bibliografía . . . . .	40

## INTRODUCCION

### a) Objetivo

El objeto principal del presente estudio es determinar el grado de contaminación por arsénico en aguas de la zona metropolitana de -- San Salvador, lagos, ríos, manantiales y pozos circunvecinos, y -- posibles fuentes de abastecimiento de la República en general.

Así como comparar los límites de seguridad para la salud de las -- distintas fuentes muestreadas.

Por sus propiedades carcinogénicas y efectos nocivos crónicos a la salud, que produce el arsénico, aún en cantidades infinitamente - pequeñas, se hace necesario hacer estos análisis de la manera más precisa; así como también determinar si el alto o bajo grado de - contaminación es de origen geológico ( disolución de minerales ), o es causado por residuos de desechos industriales ó productos de uso agrícola.

Debido a la ausencia de antecedentes en el país sobre estos análisis tiene gran importancia su estudio.

Pretendiendo con esto abrir el camino para hacer otros estudios más detallados.

## b) Generalidades

Dada la gran importancia que tiene el agua para los seres sobre la tierra, tanto para el desarrollo de sus procesos fisiológicos vitales, como para dar función a otras actividades muy ligadas a su existencia, se hace necesario efectuar un estudio detenido de la misma con el fin de valorar su calidad química, ya que su uso está determinado por estas características.

El agua contenida en el globo terrestre es una cantidad considerable en relación con el volumen total del mismo, se encuentra casi en todo lugar, en cualquiera de sus estados físicos: sólido, líquido y gaseoso y en gran diversidad de mezclas con otros compuestos que le dan otras características muy notorias.

La capacidad de mezclarse con otros compuestos es debido a una propiedad muy especial; ser solvente universal, lo que hace difícil encontrar agua químicamente pura, mezclándose siempre con otros elementos de los cuales algunos son en gran medida Nocivos, tanto para el hombre como para animales y vegetales, así como para algunos procesos industriales y agrícolas.<sup>1</sup>

---

1- SHEPPARD, T. Powell. Acondicionamiento de aguas para la industria. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia de Desarrollo Internacional A.I.D. Editorial Limusa - Wiley S. A., México, -- 1965. Pág. 13 - 15.-

Existe gran cantidad de elementos y compuestos que se mezclan con el agua, tales como As, Cr, Ca, Si,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ , Cloruros,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{O}_2$ , taninos, lignina, materias orgánicas, gases, así como metales pesados, Fe, Mg, Pb, Zn, Cd, Ni, Cu, etc.<sup>2</sup>

Estos elementos y compuestos dependiendo de la cantidad en que se encuentren en el agua pueden ser o no nocivos para los procesos orgánicos, como para el desarrollo de labores industriales y agrícolas.

Como ya se dijo anteriormente el agua puede encontrarse en grados de Mínima y Máxima contaminación dependiendo de las clases y concentración de contaminantes. Algunos de ellos pueden no ser nocivos aún encontrándose en altas concentraciones<sup>3</sup>.

---

2- ZAVALA DE DURON, Estela. Breves Apuntes sobre hidrología. Análisis y tratamiento de aguas desde el punto de vista de su potabilidad. Tegucigalpa D. C. 1962.

3- PERSON, H. S. Las pequeñas fuentes fluviales, su utilidad y sus relaciones con el suelo. Traducida y publicada por la oficina central de traducciones de la Secretaría de Estado de los Estados Unidos como parte del programa del comité interdepartamental de cooperación científica y cultural. Publicidad T. C. - 244 Washington D. C.

Respecto a los lugares donde se encuentra, se clasifican como aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas, manteniéndose en un -- constante movimiento cíclico, el cual se conoce como CICLO HIDROLOGICO<sup>4</sup> (fig. 1).

Durante el ciclo Hidrológico, el agua sufre una serie de **cambios**, -- tanto físicos como químicos y también de lugar en cada etapa del ci clo.

El agua evaporada de las superficies acuosas de la tierra y de la -- transpiración vegetal ascienden a una altura considerable, enriqueciendo la atmósfera de humedad en forma de pequeñas gotitas de agua las cuales al entrar en contacto con corrientes de aire frío se con densan y forman gotas de mayor diámetro, las cuales precipitan en -- forma de lluvia, pudiendo enfriarse más hasta solidificarse, formán dose así nieve y granizo.

El agua precipitada toma una serie de caminos, pero todos llevan a la consumación del ciclo hidrológico.

Parte de ella, es evaporada antes de llegar a la tierra, otra es -- evaporada de la superficie vegetal.

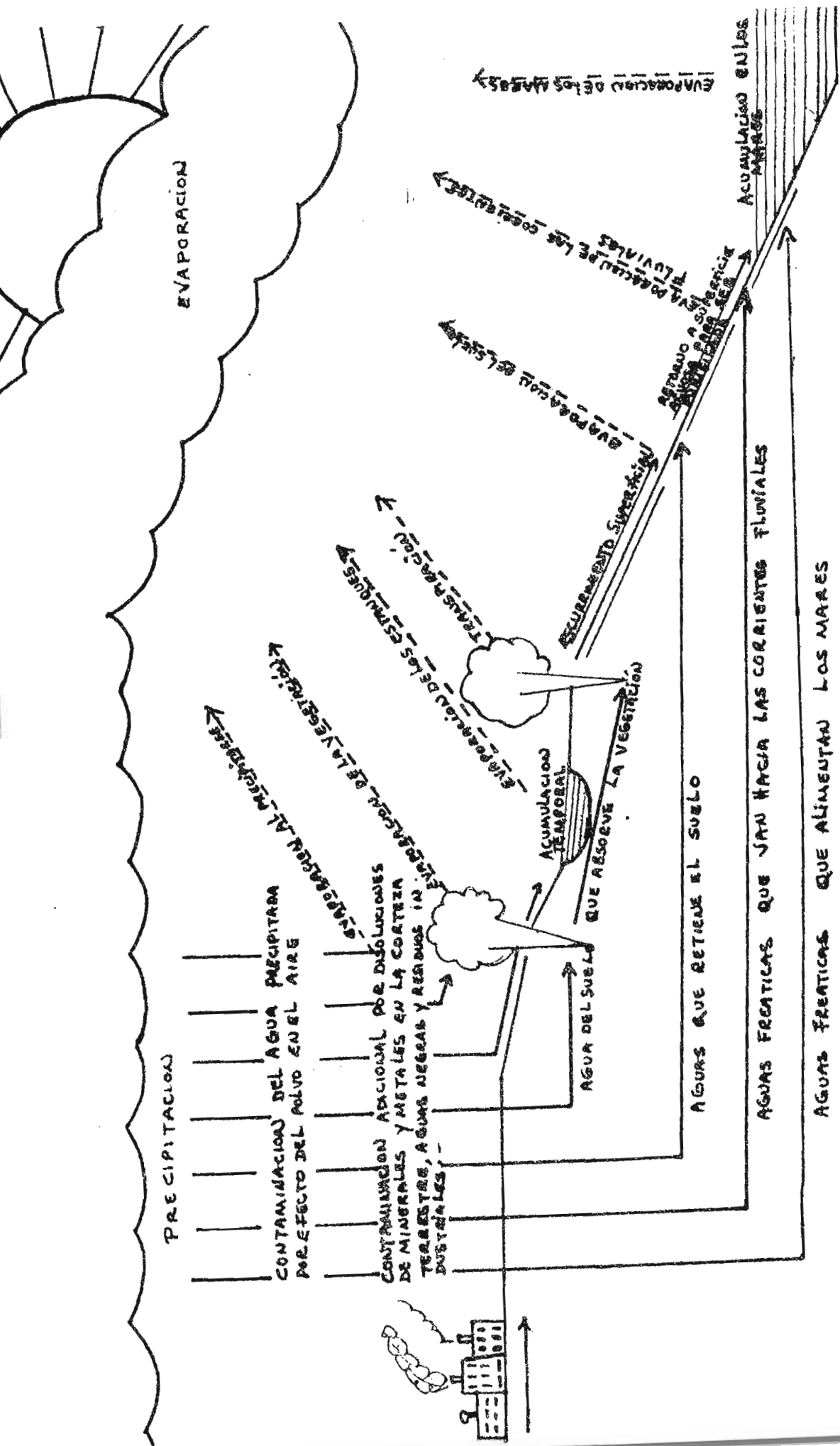
El agua que entra en contacto directo con el suelo también toma dis tintos caminos, la que no es absorbida por el suelo forma las acumu laciones temporales y las escorrentías superficiales de donde también se evapora y se dirigen hacia un depósito permanente.

---

4o. DARDER PERICAS, B. y otros. Investigación de aguas subterráneas.

2a. Edición. Salvat Editores, S.A., Barcelona - Madrid 1961 Pág. 17-18





REPRESENTACION DIAGRAMATICA DEL CICLO HIDROLOGICO, CONTAMINACION Y PURIFICACION DE UNA FUENTE NATURAL DE AGUA. FIG. 1

Las aguas absorbidas por la vegetación, son luego transpiradas, enriqueciendo también la atmósfera.

El agua que penetra en el suelo forma las llamadas aguas freáticas, las cuales las retiene el suelo, otras van hacia las corrientes fluviales y las más profundas van directamente a los mares.

Durante este continuo proceso, sufre una serie de de cambios; unos físicos y otros químicos.

Los cambios físicos, nunca resultan nocivos para los organismos, no así los químicos; que como ya se dijo anteriormente causan daño tanto en los procesos fisiológicos vitales, como en otro tipo de actividad relacionada con su bienestar.

La contaminación ocurre desde que el agua es evaporada y se mezcla con los gases de la atmósfera, así también con otras partículas que se encuentran suspendidas en el aire<sup>5</sup>

Cuando el agua se precipita se contamina por efecto del polvo del - aire, aumentando esta contaminación al entrar en contacto con el - suelo, por disolución de metales y minerales, así como por mezcla - con aguas negras y residuos industriales.

---

5- SHEPPARD, T. Powell. ob. cit. Pág. 15-18.

Durante el ciclo hidrológico, el agua puede tener grados de mínima y máxima contaminación, dependiendo de la calidad de contaminantes disueltos en ella, o sea que así como es contaminada es también purificada en forma natural, esta forma natural de purificación, puede ser por el retorno de las aguas a las grandes acumulaciones permanentes en los cuales al aumentar el volumen del líquido, las concentraciones de contaminantes disminuyen, así como también los cambios que sufre durante el ciclo, los cuales pueden ayudar a la eliminación de algunos contaminantes como metales pesados, algunas reacciones químicas de los contaminantes que pueden ocurrir al entrar en contacto distintas aguas.

En el caso de contaminación por patógenos el agua se purifica al cambiar las condiciones ideales de existencia para éstos; Condiciones como temperatura, acidez, alcalinidad, presencia de algún elemento como Cloro, etc.<sup>6</sup>

---

6- STROBBE, Maurice A. Orígenes y control de la contaminación am--  
biental. Centro regional de ayuda técnica. Agencia para el de--  
sarrollo internacional A.I.D. Compañía Editorial Continental -  
S.A. México/Buenos Aires. 1973. Pág. 48 - 79.

## DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES DEL ARSENICO

El Arsénico es un metal frágil de color gris acero, con un peso atómico de 74.93 y número atómico igual a 33, ocupa el lugar 47 en el orden de importancia de los elementos en la corteza terrestre, está situado en el grupo V A del sistema periódico.

El Arsénico es insoluble en agua, pero sus sales son altamente solubles en ella, por lo que pueden contaminarlas.

Comunmente se presentan en forma de arseniatos, arseniuros y sulf arseniuros de los metales pesados como Cu, Pb, Au, Co, Fe, etc.<sup>7</sup>

Los compuestos del arsénico pueden encontrarse en el agua en forma natural (disolución de minerales), por descargas industriales y uso de insecticidas y herbicidas.

Por ingestión de una pequeña cantidad de 100 mg. de arsénico puede haber envenenamiento (intoxicación aguda).

El envenenamiento crónico por arsénico puede ser incidioso y pernicioso. Se ha demostrado alta incidencia de cáncer de la piel en regiones de Inglaterra donde el arsénico se hallaba presente en el agua a niveles de 12 mg/l.-

Tanto el arsénico trivalente como el pentavalente se absorben fácilmente por el tractogastrointestinal y por el pulmón y se distribuyen en todos los tejidos y fluidos del organismo. Se cree que la toxicidad de la forma pentavalente se debe a su reducción a la forma trivalente.

---

7- CLARK, George L. Enciclopedia de Química. Ediciones Omega, S.A. Casanova 220, Barcelona 1961. Pág. 171.

Se acumula en el organismo, debido a su lenta eliminación, al contaminar el agua en dosis mayores a las normales, produce HIDROARSENISMO CRONICO, que es un ataque progresivo que se puede presentar de 2 - 6 años.

Se presentan pequeñas erupciones en la piel pudiendo llegar a desarrollar el cáncer arsenical.<sup>8</sup>

El Arsénico es un inhibidor enzimático, que se combina con los grupos sulfhídricos (-SH) interfiriendo en el Metabolismo celular.

Los principales depósitos de acumulación del arsénico están en los huesos, pelos, piel y uñas.

El arsénico en aguas no actúa en forma de intoxicación aguda; pero origina una enfermedad absolutamente particular, más insidiosa y eminentemente dermatológica por su exteriorización.

Los adultos consumidores por largo tiempo de dichas aguas contaminadas y bebidas en demasía por exigencias del calor excesivo contraen lesiones irreversibles que pueden hasta incapacitarlos por lo que es necesario que se tomen medidas defensivas.<sup>9</sup>

---

8- Water Quality Criteria. State Water Pollution Control Board. - Sacramento, California, Publication No. 3 Second Printing 1957. Pág. 185-189.

9- CALABRESE, Alberto I. y otros. Toxicología 2a. Edición, Editorial Kapelusz - Buenos Aires, Argentina, 1972. Pág. 114-118.

El Arsénico introducido en el organismo en cantidades mínimas durante años, lesiona la piel.

Los primeros síntomas suelen aparecer entre la pubertad y la edad adulta y se pueden hasta presentar casos precoces de aparición en la edad escolar; se observan cuatro períodos sintomáticos, que guardan cierto orden relativo, aunque pueden también superponerse:

Primer Período Hiperhidrótico. Las palmas de las manos y las plantas de los pies presentan una descamación furfurácea acompañada de prurito, disestesias y sudor, con el mismo aspecto de una dishidrosis inespecífica. El diagnóstico diferencial en este período es difícil si no se averigua de qué lugar es oriundo el enfermo.

Segundo Período: hiperqueratósico. Sobreviene como consecuencia natural de la irritación permanente causada por el arsénico y se manifiesta con engrosamientos epidérmicos difusos, en las mismas zonas palmo-plantares. Esta queratodermia tiene un aspecto polimorfo: callosidades difusas, globos córneos circunscriptos, y menos frecuentemente en el dorso de las manos "cuernos epiteliales" y otras deformaciones intercaladas por zonas de piel que suele fisurarse y ulcerarse acarreamdo dolores e infecciones. El aspecto posterior es el de una superficie irregular donde alternan callosidades con depresiones atróficas, agravadas por los trastornos tróficos de las neuritis arsenicales.

En esta etapa basta hacer el diagnóstico con solo estrechar la mano del enfermo. Ya le resulta a éste dificultoso realizar tareas manua--

les y aún caminar; los más afectados suelen por ello abandonar el trabajo, o lo realizan con gran sacrificio. En este momento el pelo se vuelve ralo y quebradizo y surgen lesiones ungueales. La hiperqueratosis persiste aunque el enfermo abandone la zona endémica.

Tercer Período: melanodérmico. La piel muestra una serie de manchas que comienzan en el tronco y se extienden, sin afectar las mucosas (diferencia con la enfermedad de Addison). Son más acentuadas en las regiones normalmente de mayor pigmentación y varían de un enfermo a otro en cuanto a coloración (castaño a castaño oscuro), tamaño de la melanopatía y ubicación, con la que alternan áreas sanas. Esta dermatopatía no es obligada en el transcurso de la intoxicación; puede no manifestarse.

Período final: las complicaciones. En la piel algunas lesiones ulceradas terminan por transformarse en carcinomas (cáncer de Hutchinson). Es uno de los pocos cánceres cuya etiología se conoce, y puede, por lo tanto, evitarse. Otros enfermos, que no son atacados por transformaciones malignas, sufren, en cambio, los procesos degenerativos e inflamatorios crónicos que el arsénico ha causado en la economía: hepatosis, nefroesclerosis, polineuritis con sus secuelas, cardiopatías y consunción general, exponiéndose a que cualquier proceso intercurrente desencadene el desenlace fatal.<sup>10</sup>

---

10- Ibid. Pág. 119 - 120.-

El diagnóstico es muy particular, pues debe asociarse la sintomatología del enfermo con el estudio del agua de la zona donde vive.

Por sí solo un análisis de la orina, cabello o uñas del intoxicado, mostraría cantidades de arsénico algo elevadas pero discutibles.

El médico debè conocer la enfermedad, porque si bien es endémico, el traslado frecuente de estos intoxicados los conduce a consultorios con personal poco habituado a diagnosticarla.

Tratamiento en Caso de Intoxicación:

El primer paso será alejar al enfermo de la zona afectada. El arsénico que aún conserva en su organismo (poca cantidad, comparada con las intoxicaciones agudas o crónicas subagudas) se tratará con BAL (1 mg/kg/día) o hiposulfito de sodio intravenoso, a razón de 10 cm<sup>3</sup> diarios, de la solución al 30% para los adultos. A los niños - puede dárseles el hiposulfito en jarabe, a dosis de 1 a 3 g. diarios, en tomas fraccionadas (Rp: hiposulfito de sodio, 10 g; agua destilada, 200 cm<sup>3</sup>; jarabe de corteza de naranjas, 100 cm<sup>3</sup>).

Las complicaciones se encararán de acuerdo con las pautas de la terapéutica clínica general: vitaminoterapia, mitostáticos, digitálicos, etc. quedando esta atención al margen de la toxicología.<sup>11</sup>

---

11- Ibid. Pág. 120 - 121.



## M A T E R I A L   Y   M E T O D O

### a) EQUIPO

- Cristalería
  
- Aparato Generador de Arsina
  
- Extractor de gases
  
- Bomba para vacío
  
- Spectrophotómetro Spectronic 88  
Bausch & Lomb.
  
- Junior Spectrophotómetro Coleman  
Modelo 6 A.
  
- Spectrofotómetro Perkin Elmer  
Doble haz modelo 124.

# APARATO GENERADOR DE ARSINA

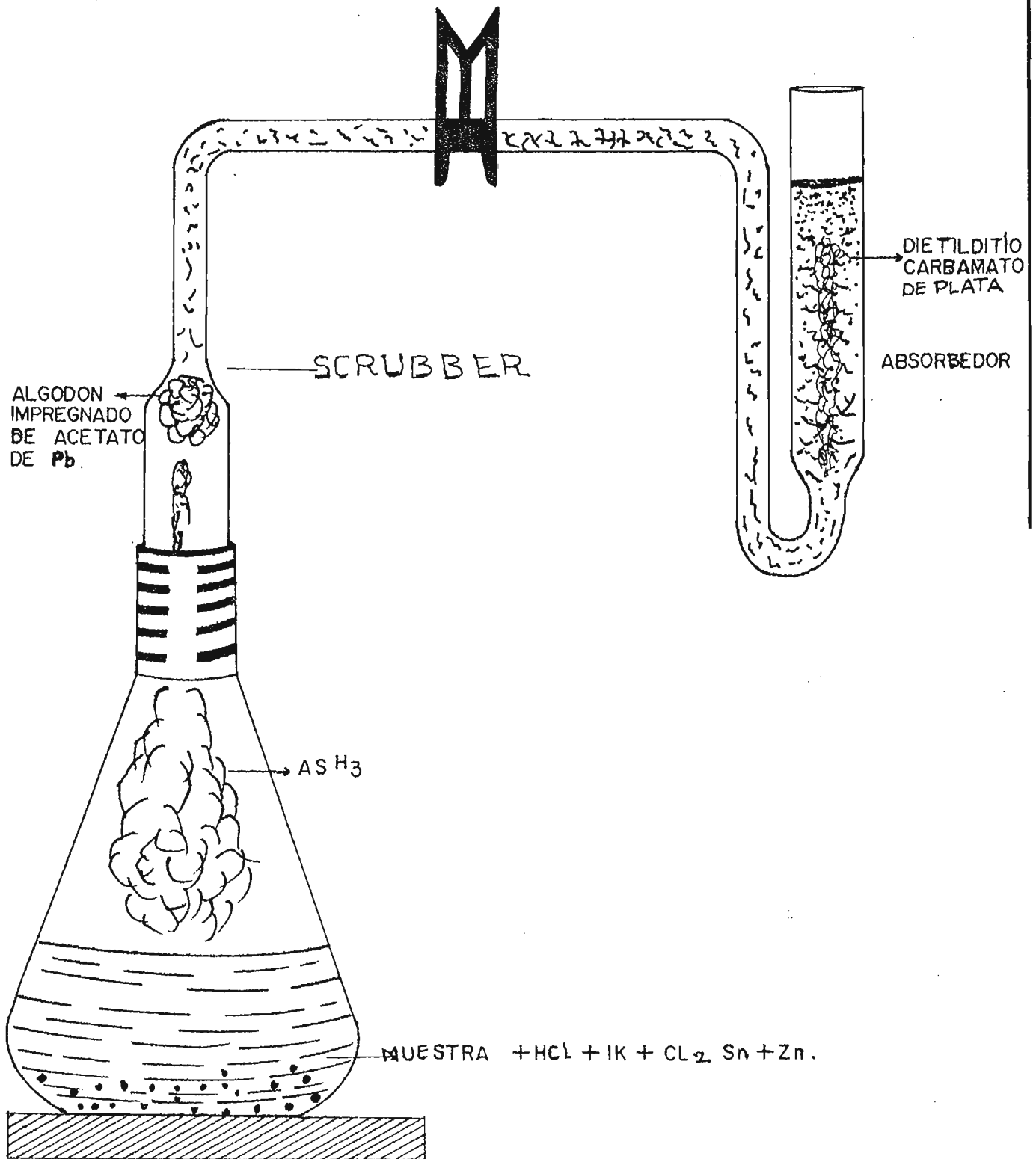


FIG. 2

b) METODO DEL DIETILDITIOCARBAMATO DE PLATA

R E A C T I V O S

- 1- Acido Clorhídrico concentrado.
- 2- Solución de Yoduro de Potasio al 15% recientemente preparada, protegerla de la luz. (15 gramos de KI en 100 ml. de agua destilada).
- 3- Reactivo de Cloruro de Estaño. (disolver 40 gramos de  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en 100 ml. de HCL concentrado.) Guardarlo en frasco ámbar.
- 4- Solución de Acetato de Plomo. (10 gramos de  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  en 100 ml. de agua destilada.
- 5- Reactivo de dietilditio carbamato de plata. (1 gramo  $\text{AgSCSN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  en 200 ml. de piridina anhidra.) Guardarlo en frasco ámbar.
- 6- Zinc granular o en granallas libre de Arsénico en cantidad de 3 gm.
- 7- Solución Stock de Arsénico.  
Disolver 1.320 gm. de trióxido de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) en 10 ml. de agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  conteniendo 4 gm. de NaOH y diluir a 1,000 ml. con agua destilada.  
1.00 ml. = 1.00 mg. Arsénico
- 8- Solución Intermedia de Arsénico.  
Diluir 5.00 ml. de solución Stock a 500 ml. con agua destilada.  
1 ml. = 10 mcg. de Arsénico
- 9- Solución Standard de Arsénico.  
Diluir 10 ml. de solución intermedia a 100 ml. con agua destilada.  
1 ml. = 1 mcg. Arsénico
- 10- Preparar soluciones patrones para la curva de absorción que contengan:  
0.1 p.p.m., 0.3 p.p.m., 0.5 p.p.m., 1 p.p.m., 1.5 p.p.m.

## METODO DEL DIETILTIOCARBAMATO DE PLATA

### FUNDAMENTO

El arsénico en el agua podrá presentarse al estado trivalente o pentavalente.

Todos los compuestos de arsénico pentavalentes se reducen a triva--lentes con los reductores ordinarios.

Esta reducción es la que se aprovecha en el método empleado.

El método se basa en que los compuestos inorgánicos de arsénico son reducidos a arsina por el Zinc Metálico en medio ácido.

La mezcla resultante de gases es pasada por un burbujeador que contiene lana de vidrio impregnada en solución de acetato de plomo y - por un tubo absorbedor que contiene dietilditiocarbamato disuelto - en piridina.

La arsina reacciona con dietil ditiocarbamato de plata para formar un complejo rojo soluble que tiene una máxima absorbancia a unos - 535 nm.

La absorbancia de la solución es medida espectrofotométricamente, y el arsénico es determinado por referencia en una curva analítica pre

parada de acuerdo a los estandares.

#### INTERFERENCIAS

Ordinariamente aguas subterráneas y superficiales están relativamente libre de interferencias.

Muestras ocasionales pueden contener sulfuro de hidrógeno; sin embargo comúnmente se encuentran cantidades que son efectivamente removidas por el acetato de plomo en el burbujeador.

Ciertos metales como Cr, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pt y Ag, interfieren - en la generación de arsina pero las concentraciones de estos metales normalmente presentes en nuestras aguas no constituyen significativa interferencia en el método.

Sales de antimonio en la muestra forma estibina el cual puede interferir con el desarrollo del color, por la producción del color rojo con máximo de absorbancia a 510 nm.

## PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS

- a) Pipetear 35 ml. de la muestra dentro del frasco generador limpio, agregar sucesivamente y mezclando completamente después de cada adición 5 ml. de Acido Clorhídrico concentrado, 2 ml. de Yoduro de Potasio, 8 - 10 gotas (0.4 ml.) de reactivo de Cloruro de Estaño, dejar por 15 minutos para la reducción del Arsénico al estado trivalente.
- b) Preparación del Scrubber y absorbedor.
- Impregnar la lana de vidrio del acrubber con la solución de Acetato de plomo, no debe quedar húmedo.
- Pipetear 4 ml. de dietilditiocarbamato de plata dentro del tubo absorbedor, unos minutos antes de colocar el frasco generador.
- c) Generación de Arsina y medición
- Agregar 3 gramos de Zinc al generador y conectar el Scrubber con el generador y ensamblar inmediatamente, las conecciones deben - de estar bien acopladas.
- d) Esperar de 30 - 40 minutos para la completa evolución de la arsina, calentar el generador suavemente hasta seguridad de que toda la arsina se ha liberado.

Vaciar la solución del absorbedor directamente dentro de la celda de 1 centímetro, medir la absorbancia de la solución a 535 milimicras, usando blanco como referencia.

De igual manera a la muestra se trata una serie de patrones de concentración conocida (0.1 ppm, 0.3 ppm, 0.5 ppm, 1.0 ppm, 1.5 ppm)

Se les determina su absorción y se grafica la absorbancia contra la concentración, obteniendo así la curva de calibración graf 1, que sirve para determinar la concentración de las muestras.

Ploteando sobre la gráfica, la absorción de la muestra y extrapolando se obtiene su concentración.

#### OBSERVACIONES SOBRE EL METODO

a) La concentración de HCL y presión de H.

Es necesario que el  $H^+$  generado tenga la presión suficiente para vencer la resistencia debida al tapón de algodón y al burbujeo en la solución de piridina.

Con una concentración final en la muestra de HCL de 12% v/v aproximadamente y usando 3 gm. de Zn metálico se consiguen estas condiciones (con esto se trabajó a una normalidad entre 1.6 y 2.2)

b) Es requisito indispensable, para obtener estabilidad en las lecturas y alta recuperación de As, que la piridina empleada para disolver la sal de plata esté totalmente anhidra, que sea incolora y que se guarde en frasco ámbar.

c) Las curvas de calibración y las muestras se deben hacer en generadores de igual capacidad.

El generador de 125 ml. es con el que se obtiene mejores resultados ya que con generadores de mayor capacidad baja la recuperación de As, porque se gasta mucho gas en desplazar el aire contenido en el generador.

d) El Zinc a usarse debe ser en granallas o en virutas; pues si es muy fino no da buenos resultados pues produce una reacción muy violenta.

e) Es necesario eliminar del tapón de lana de vidrio el exceso de solución de acetato de plomo pues puede interferir en la evolución de la Arsina.

f) Las muestras de agua que contienen más o menos arsénico deben diluirse o concentrarse por evaporación.

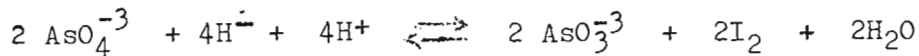


- g) La solución reactivo de Dietilditiocarbamato de plata en piridina es estable por varias semanas.
- h) Después de 30 - 40 minutos de efectuada la reacción el complejo formado y el blanco palidecen lentamente y puede influir en el resultado.
- i) Usar perlas de ebullición (4 ó 5), en el tubo absorbedor para -- que el burbujeo no sea muy violento.
- j) Se debe de limpiar todos los aparatos con ácido nítrico diluido antes del análisis.
- k) El standard de arsénico y la piridina deben manipularse con sumo cuidado por ser muy tóxicos.
- l) Cada análisis se efectúa aproximadamente en 2 horas.

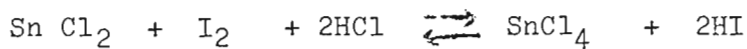
c) ECUACIONES

La velocidad de formación de Arsina es mayor si el Arsénico se presenta como trivalente.

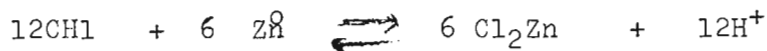
Por eso el As pentavalente es reducido a trivalente en medio ácido con Yoduro de Potasio que a la vez actúa de reductor y catalizador.



El Yodo liberado se reduce nuevamente a Yoduro por acción del cloruro estannoso en medio ácido.

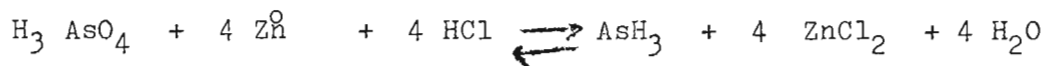


El hidrógeno nascente se forma con  $\text{Zn}^0$  y ácido clorhídrico, según la siguiente reacción.

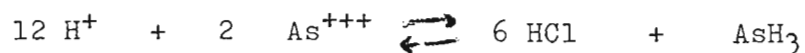


Este Hidrógeno nascente, con el  $\text{As}^{+3}$  en cualquier forma que se halle (ácido ortoarsenioso, Metaarsenioso o anhídrico), forma la Arsenamina.

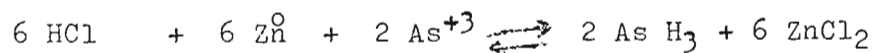
También se formará Arsenamina con As pentavalente que no alcanzó a ser reducida, de acuerdo a la siguiente ecuación:



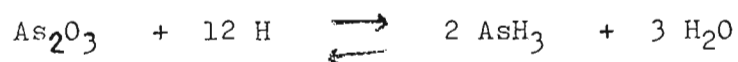
Pero ahora la veloc. de formación de la Arsina será más lenta. En general para arsénico trivalente tendremos la siguiente reacción:



Y sumando ésta con la ecuación de formación del Hidrógeno naciente:



Si en vez, el  $\text{As}^{+3}$  se encontrara como anhídrido la ecuación de la reacción será:



La absorvancia puede leerse entre 350 y 650 milimicras se han encontrado 2 picos de mayor absorción uno aproximadamente a 400 milimicras y otro a 535 - 540 milimicras.

Según estudios 535 - 540 es la más apropiada para las lecturas de absorvancia del compuesto coloreado.

RESULTADOS OBTENIDOS EN  
LAS DETERMINACIONES DE  
ARSENICO.

TABLA I

ABASTECIMIENTOS DE LA ZONA METROPOLITANA

TABLA II

RIOS, LAGOS, MANANTIALES Y OTROS.

GRAFICA 1

# CURVA DE CALIBRACION

Abscisa  $\times 10^{-2}$

DATOS ESTANDARES

CONCENTRACION	RESPUESTA
0	0.0015
0.5 ppm	0.17
1.0 ppm	0.33
1.5 ppm	0.505

REGRESION

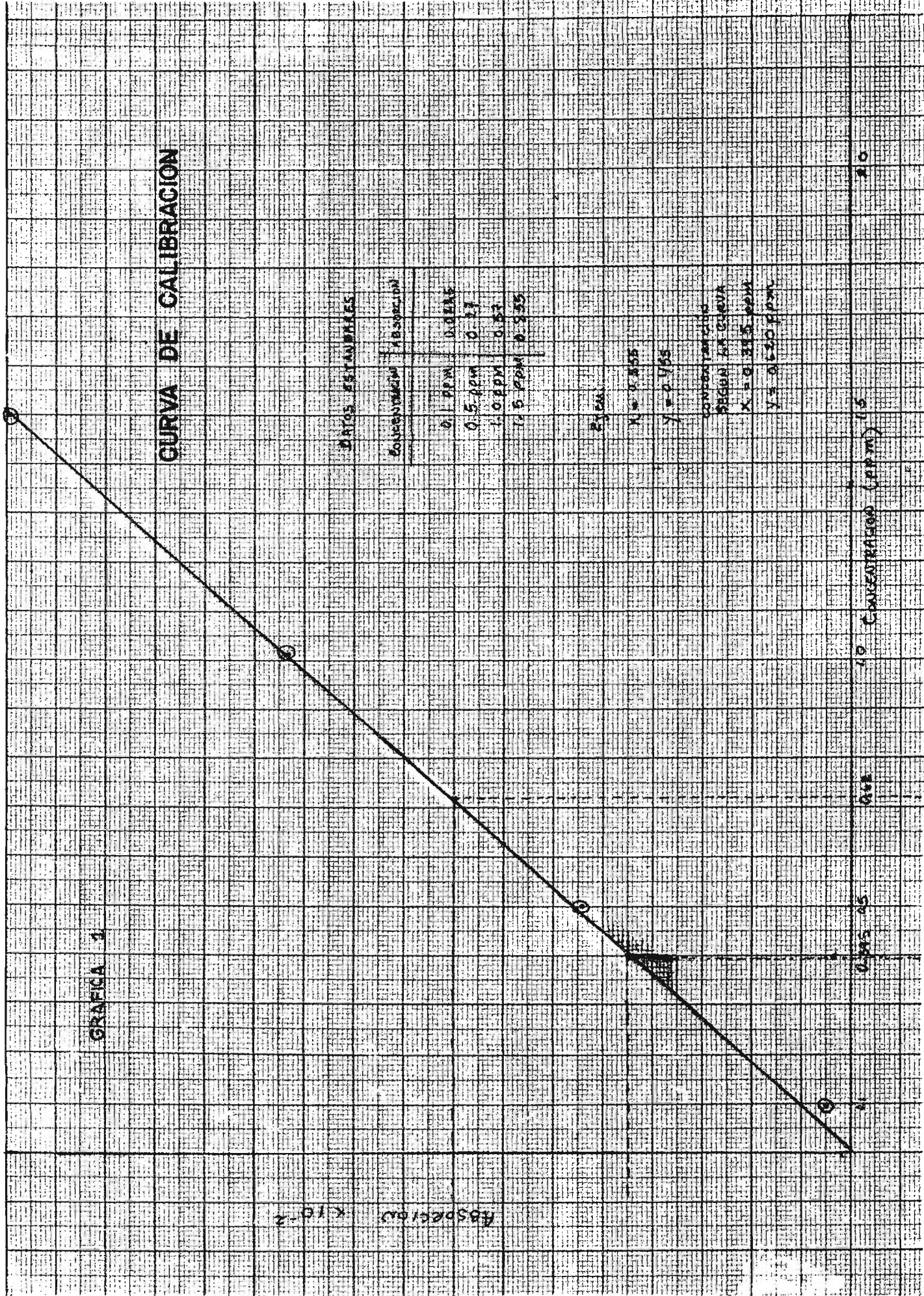
$$X = 16.855$$

$$Y = 0.765$$

CONVERSION DE UNIDADES  
PRECISA LA CURVA

$$X = 0.335 \text{ ppm}$$

$$Y = 0.50 \text{ ppm}$$



R E S U L T A D O S

TABLA I

LUGAR  
POZOS Y MANANTIALES

TEMPERATURA

CONCENTRACION  
en P.P.M. (mg/Lto.)

Zacamil # 2	28° C	0.0252
Zacamil # 3	26° C	0.0199
Colonia Centroamérica # 1	32° C	0.0139
" " # 2	32° C	0.0153
" " # 3	31° C	0.0117
" " # 4	31° C	0.0216
Antiguo Cuscatlán # 1	25° C	0.0036
" " # 3	25° C	0.0012
" " # 4	25° C	0.0068
" " # 5	26° C	0.0084
Montserrat # 1	27° C	0.0009
" # 2	28° C	0.0
San Miguel, Mejicanos	26° C	0.0
Las Margaritas, Mejicanos	25° C	0.0129
San Antonio Abad	34° C	0.0293
Universitario	33° C	0.0165
El Socorro	26° C	0.0102
Colonia Militar	25° C	0.0
San Benito	26° C	0.0066
La Ceiba	25° C	0.0105
San José de la Montaña	29° C	0.0075

La Sultana	25° C	0.0024
Col. Guadalupe, Soyapango	26.5° C	0.0138
Estadio # 1	27° C	0.0105
Estadio # 2	27° C	0.009
El Milagro	26° C	0.016
Col. Campestre # 1	40° C	0.014
" " # 2	39° C	0.018
Amatepec	27° C	0.008
Casco de la Hda.	34° C	0.009
Detrás de Safari	34° C	0.007
La Loma	36° C	0.0011
Las Delicias	27° C	0.014
Balboa	27° C	0.016
Colonia América	27° C	0.009
El Rión	27° C	0.009
La Danta	27° C	0.006
Ilohuapa	27° C	0.0018
Guluchapa	28° C	0.0036
La Chacra	30° C	0.0029
Larreynaga	26° C	0.0036
Santa Carlota	27° C	0.007
Urbina	30° C	0.014
Caites del Diablo	27° C	0.020
Col. Las Mercedes	27° C	0.0
Col. San Francisco	29° C	0.0

R E S U L T A D O S

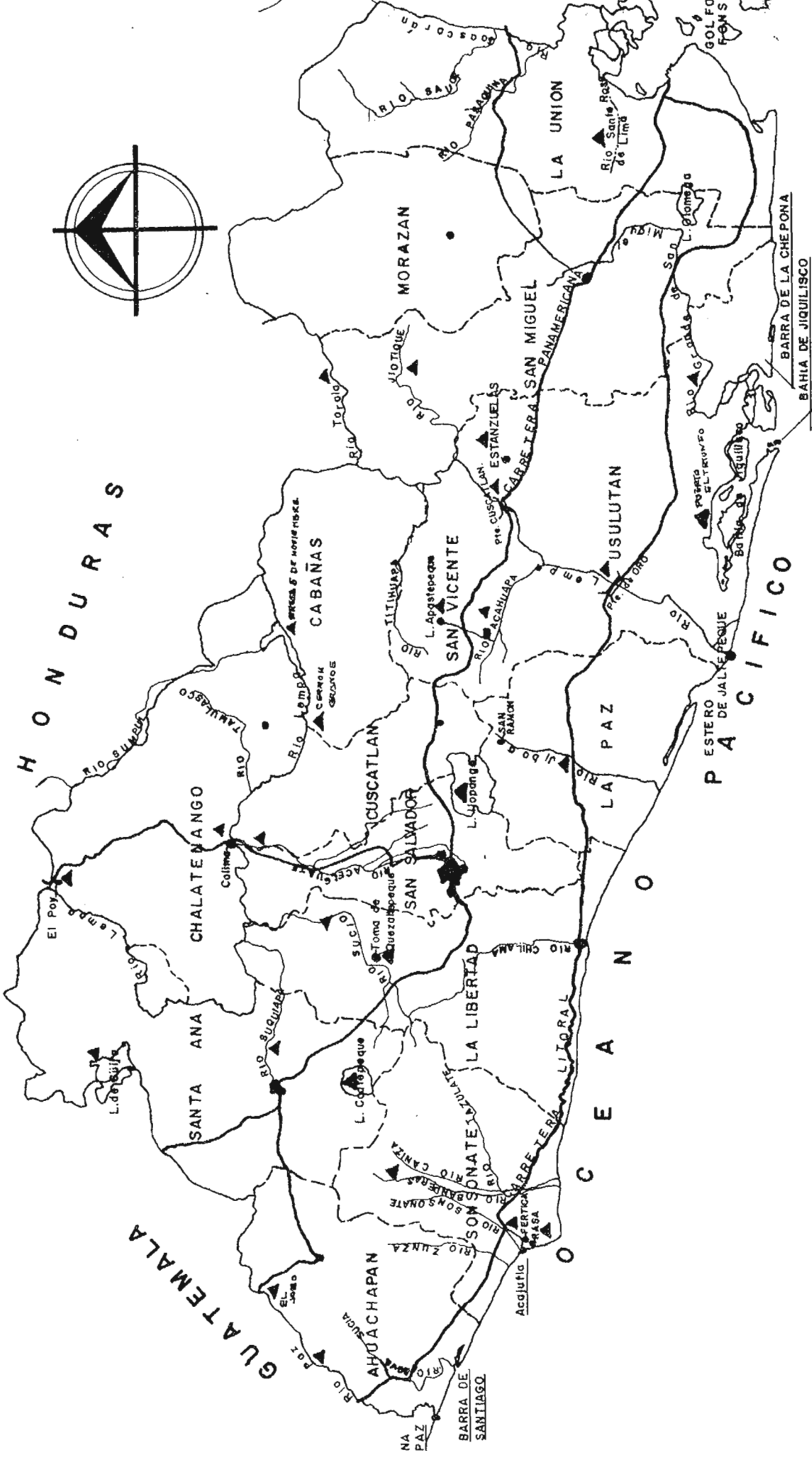
TABLA II

LUGAR	TEMPERATURA	CONCENTRACION p.p.m.
Lago Ilopango Turicentro 26-2-76	28° C	1.32
" " Turicentro 22-4-76	25° C	0.97
" " pueblo Apulo 22-4-76	25° C	0.34
" " Asino 22-4-76	26° C	0.87
" " Joya Grande 22-4-76	26° C	0.72
" " Desagüe 22-4-76	26° C	0.58
" Coatepeque 9-3-76	28° C	0.11
" " 28-5-76	28° C	0.013
" " 1-6-76	28° C	0.007
Laguna de Aguas Negras Puerto El Triunfo 5-5-76	29° C	0.0036
Laguna Puerto El Triunfo 5-5-76	27° C	0.0
Lago de Güija 25-3-76	29° C	0.0018
" " " 14-5-76	28° C	0.0
Laguna Apastepeque 9-7-76	31° C	0.0
Río Torola 9-6-76	30° C	0.0
Río Grande San Miguel 31-3-76	31° C	0.0054
" " " " 26-5-76	30° C	0.0
Río Sucio puente 28-5-76	28° C	0.0
" " antes descarga textiles San Andrés 28-5-76	27° C	0.0
" " después descarga textiles San Andrés	27° C	0.0
" " Kimberly Clark 10-6-76	27° C	0.0
Río Santa Rosa de Lima 17-3-76	30° C	0.03



Río Banderas	25-6-76	28° C	0.0
Río Paz	18-2-76	25 C	0.0012
" "	25-6-76	27° C	0.0
Río Jiboa San Ramón	18-3-76	28° C	0.0036
Río Acahuapa	9-7-76	30° C	0.0
Río Jiotique	14-5-76	29° C	0.0
Río Suquiapa	7-5-76	28° C	0.0
Río Acelhuate Colima	17-3-76	30° C	0.0
Río Lempa San Simón	19-2-76	30° C	0.07
Río Lempa Puente Colima	17-3-76	27° C	0.0
" "	Cerrón Grande 17-3-76	30° C	0.0
" "	Presa 5 de Noviembre 17-3-76	30° C	0.0055
" "	El Poy 17-3-76	25° C	0.009
" "	Estanzuelo 12-5-76	34° C	0.0
" "	Puente de Oro 10-6-76	28° C	0.0036
" "	Puente Cuscatlán 10-6-76	26° C	0.0016
Pozo Refinería Rasa	30-4-76	30° C	0.0
" FERTICA	30-4-76	29° C	0.0
Poza La Toma de Quezaltepeque	4-5-76	28° C	0.0036
Manantial La Toma de Quezaltepeque	4-5-76	29° C	0.0087
Aguas lluvias	13-5-76	27° C	0.0
<i>Aduana el Jobo</i>	<i>2-5-76</i>	<i>26° C</i>	<i>0.404</i>

MAPA DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR



ZONAS MUESTREADAS ▲

LIMITE DE DEPARTAMENTOS - - - - -

FIG. 4.

ESCALA

1 : 1000

## DISCUSION

En estudios que se han realizado en aguas superficiales y profundas se ha encontrado que tienen en su composición una multiplicidad de sustancias químicas que anteriormente no existían, algunas de ellas tóxicas aún en pequeñas cantidades..

Las huellas de Arsénico son bastante comunes en aguas naturales, existe en la forma de arsenato en estos manantiales, pero es raro encontrarlo en cantidades perjudiciales a la salud.

En aguas superficiales las actividades industriales y minerales pueden contribuir con arsénico lo mismo que los escurrimientos superficiales de los terrenos en que se ha aplicado insecticidas y herbicidas.

Se ha encontrado contaminación en abastecimientos de aguas provenientes del uso de arsenato de plomo<sup>#</sup>

Estos pesticidas llegan a los ríos y pozos de las zonas tratadas, con el desagüe de las lluvias o del agua superficial y se filtran por la tierra. La contaminación de cada río, lago o fuente de agua tiene origen diferente.

La remoción de contaminantes del suministro de agua constituye un esfuerzo para reducir los riesgos a la salud pública.

El arsénico por no poseer sabor se puede ingerir en aguas contaminadas en grandes cantidades, sin que sea rechazado produciendo así una intoxicación crónica (Hidroarsenismo), ésta es engañosa y perniciosa y la razón de sus efectos tóxicos acumulativos es por su lenta eliminación.

Se acumula principalmente en pelos, uñas y huesos.

Su diagnóstico es confuso pues presenta un cuadro similar a intoxicación alimenticias o trastornos digestivos. Estos efectos se observan en un largo período de acumulación ( 2 - 6 años ).

Los compuestos del arsénico son muy tóxicos y cantidades tan pequeñas, como 100 mg, causan por ingestión intoxicaciones graves.

En Centroamérica no se han reportado intoxicaciones endémicas pero - si las hay en Argentina y Austria.

La O.M.S. establece como límite de concentración en aguas potables no más de 0.05 ppm., Mayor que esta cantidad es rechazada†

En Nueva Zelandia, se ha informado de muertes en el ganado vacuno, debido a la ingestión de aguas naturales que contenían arsénico, - así como también casos de personas que han presentado mayor inci-- dencia de cáncer en la piel y en los pulmones por haber ingerido - dichas aguas.#

El método del Dietilditiocarbamato de plata es el oficial del --- standard methods (APHA) y Analytical Methods Manual (Ottawa, Cánada). También son oficiales según normas de la O.M.S., el polarográ-- fico y el de absorción atómica.†

Este último tiene un costo muy elevado debido a los reactivos que se emplean.

---

# MILLER, C. E., Arthur P. El agua y la salud del hombre. O.P.S. - Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. México, 1965. Pág. 70 - 72.

† COX, Charles R. Práctica y vigilancia de las operaciones de trata- miento de agua. O.M.S. serie de monografías # 49. Ginebra 1966. Pág. 28.#

El método del dietilditiocarbamato de plata es más barato en relación a los demás. Siendo este más preciso que el método del Bromuro de Mercurio estañoso, ya que puede ser usado en muestras que contengan de 0 - 2 mg/litro de arsénico.

Si la concentración es cercana a cero es conveniente concentrar la muestra o si es muy concentrada diluirla.

La curva obedece a la Ley de Lambert - Beer en las concentraciones mencionadas en el párrafo anterior.

El arsénico libera un equivalente de plata, de la sal de ditio--carbamato de plata, produciendo una coloración roja, que es proporcional a la concentración de arsénico presente.

Se observa en algunos casos que a mayor temperatura el agua presenta mayor concentración de arsénico.

Los cálculos de los datos obtenidos se hacen según la gráfica I y los resultados se encuentran en la tabla I y II. (la concentración se obtiene directamente en la gráfica).

La tabla I contiene las muestras de la zona metropolitana. Los análisis se efectuaron en los meses de febrero - marzo del presente -

año (época seca). En ella se observa, que los resultados están dentro de los límites establecidos; pero es de notar que la concentración en la Aduana del jobo, está cerca de ese límite, (0.05 p.p.m.) en época seca; pero en la lluviosa disminuye, debido a la dilución.

Cada muestra se analizó 2 veces (por duplicado). Los datos reportados en la tabla son el promedio de los análisis que se efectuaron para cada una.

En la tabla II se observa que los resultados tabulados son muy variables, ya que las muestras se tomaron en diferente época, pues en la seca por mayor evaporación hay mayor concentración de contaminantes.

Esto se hizo evidente en las muestras del lago de Ilopango y Coatepeque. El origen de la contaminación es volcánico, ya que la industria, y los insecticidas no contribuyen a esta elevada concentración de Arsénico encontrada en estos lugares.

En lo que se refiere al Río Lempa, se observa mayor contaminación en los Puentes de Oro y Cuscatlán y probablemente ésta se deba al uso de pesticidas en esa zona.

El resto de los datos en las tabla I y II están dentro de las normas establecidas por la O.M.S. Las cuales permiten no más de 0.05 p.p.m. de arsénico. La contaminación encontrada en éstas es de origen natural.



## C O N C L U S I O N E S Y R E C O M E N D A C I O N E S

- En lo que se refiere al Método utilizado para determinar el Arsénico como contaminante en nuestras aguas: Es muy sencillo, y fácil de adaptar a nuestras necesidades, además de ser económico y preciso. Únicamente que se necesita de mucha práctica para que los resultados obtenidos sean confiables. Para mayor seguridad en los resultados es muy conveniente que cada una de las muestras, que van a ser analizadas, se hagan por duplicado.
  
- Referente al uso futuro de las aguas contaminadas con cantidades mayores al límite establecido, como fuentes de agua potable, especialmente la del lago de Ilopango: es necesario, antes de su uso:
  - 1º Hacer diluciones, para disminuir las cantidades de Arsénico a un nivel menor que el aceptado por las normas de la O.M.S. 0.05 p.p.m. ó efectuar:
  - 2º Una destilación ó
  - 3º Una ósmosis inversa. U otro tratamiento de remoción recomendable.

- Se recomienda hacer análisis periódicos de aguas potables para disminuir, al máximo, los riesgos inherentes a producir intoxicaciones endémicas crónicas, así como evitar un posible factor etiológico del cáncer de Hutchinson.

## B I B L I O G R A F I A

- ACOSTA GUZMAN, Alfonso. Dr. Medicina legal y toxicología. Tomo II, 4a. Edición. Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. Serie Ciencias Médicas # 9, 1970. Pág. 86 - 89.
  
- American Public Health Association, et al. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Thirteenth Edition, - 1971, Pág. 62 - 64.
  
- Analytical Methods Manual. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch. Ottawa, Canadá, 1974.
  
- BODIN, F. y otros. Toxicología práctica para el hombre actual. - Ed. Guadarrama S. A., Lope de Rueda 13 - Madrid 1969. Pág. 112-113, 130 - 131.
  
- CALABRESE, Alberto I. y otros. Toxicología 2a. Edición, Editorial Kapelusz - Buenos Aires, Argentina, 1972. Pág. 114 - 120.
  
- CATALAN, Lafuente J. Química del Agua Editorial Blume, Madrid, 1969, Pág. 265.

- KLIMMER, O. R. Plaguisidas: Toxicología. Sintomatología y Torania.  
Trad. M. Kregar. Oikos-tau, S.A. Ediciones, 1968. Vilassan de Mar -  
Barcelona, España, Pág. 32 - 37.
  
- Manual de Tratamientos de Aguas. Departamento de Sanidad del estado  
de New York. Editorial Limusa - Wilay S. A., México, D. F. 1973. --  
Pág. 11.
  
- MARTIN, Eric W. y otros. Farmacia Práctica de Remigton: 2a. Edición  
Traducción duodécima edición en inglés por Carrera, Oscar G. México  
Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, México 1965. Pág. 10,  
76, 1083.
  
- MILLER, C. E., Arthur P. El Agua y la salud del hombre. O. P. S., --  
Centro Regional de Ayuda Técnica. A. J. D. México, 1965. Pág. 70 - 72.
  
- Organización Mundial de la salud. Normas Internacionales para el agua  
potable. Traducción de International Standard. 3a. Ed., Ginebra 1972.  
Pág. 9 - 11, 36.
  
- PERSON, H. S. Las pequeñas fuentes fluviales, su utilidad y sus rela-  
ciones con el suelo. Traducida y publicada por la oficina central de  
traducciones de la Secretaría de Estado de los Estados Unidos co--

mo parte del programa del corriente interdepartamental de cooperación científica y cultural. Publicidad T. C - 244, Washington - D. C.

- CHEPPARD, T. Powell. Acondicionamiento de Aguas para la industria. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia de Desarrollo Internacional A.I.D. Editorial Limusa - Wiley S.A., México, 1965. Pág. 13-18.
- D. Van Nostrand Company Inc. Standard Methods de Análisis Químico. Princeton, New Jersey. 6a. Edición Marzo 1962.
- STROBBE, Maurice A. Orígenes y control de la contaminación ambiental. Centro Regional de ayuda técnica. Agencia para el desarrollo internacional A.I.D. Compañía Editorial Continental S. A. México/Buenos Aires 1973. Pág. 48 - 79.
- Stole Water Pollution Control Board. Water Quality Criteria. Sacramento, California, Publication No. 3 Second Printing 1957. Pág. 185 - 189.
- ZAVALA DE DURON, Estela. Breves apuntes sobre hidrología. Análisis y tratamiento de aguas desde el punto de vista de su potabilidad. - Tegucigalpa D.C. 1962. Pág. 13 - 21.

- CLARK, George L. Enciclopedia de Química Ediciones Omega S.A., Casanova 220, Barcelona 1961. Página 171.
  
- COX, Charles R. Práctica y Vigilancia de las operaciones de Tratamiento de agua. OMS. Serie de Monografías # 49. Ginebra 1966. Pág. 28.
  
- DARDER PERICAS, B. y otros. Investigación de aguas subterráneas. 2a. Edición. Salvat Editores S.A., Barcelona - Madrid, 1961. Pag. 17-18.
  
- FABRE, René, y otros. Compendio de Toxicología. Tomo II. Universidad Central de Venezuela. Ed. de la Biblioteca, Caracas 1962. Pág. 831 - 836.
  
- GOODMAN, Louis S. y otros. Bases farmacológicas de la Terapéutica. 4a. Edición. Trad. por Folch y Pi Dr. Alberto y otros. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México 1974, Pág. 789 - 795.
  
- HARVEY, Lashley G. El agua. Métodos modernos de su uso y conservación. Intercontinental Publications, Inc. Stanford, connecticut - E. U. A. 1966. Pág. 21 - 32, - 38 - 39.