

615.925688
M 539d
1978
F.CC.QQ.

092964

EJ. 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

"DETERMINACIÓN POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE NIVELES DE
CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN AGUAS POTABLES
DE EL SALVADOR"

TESIS

PRESENTADA POR:

FRANCISCO JOSÉ MENDOZA SERRANO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN QUÍMICA Y FARMACIA

MAYO 1978



San Salvador, El Salvador, Centro América

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN PROVISIONAL

RECTOR:

ING. SALVADOR ENRIQUE JOVEL

SECRETARIO:

DR. RAFAEL ANTONIO OVIDIO VILLATORO

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANO:

DR. AMÍLCAR AVENDAÑO Y ORTÍZ

SECRETARIA:

DRA. MARÍA GLADYS DE MENA GUERRERO



ASESOR:

Dra. Leticia Calderón de Machado

JURADO CALIFICADOR:

Dra. Alba Marina Aguilar

Dr. Oscar Orlando Cuéllar

Dr. Leopoldo Vides

AGRADECIMIENTO

Como una "Criatura" del universo, agradezco a mi Dios por su iluminación para el desenlace feliz de mi carrera, a la Dra. Leticia Calderón de Machado, por su valiosa asesoría, al Personal del Departamento de Análisis Químico e Instrumental de nuestra Facultad, por su desinteresada colaboración, a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), en especial al Dr. Leopoldo Vides; a mis Padres, Esposa, Hermanos y Amigos, que contribuyeron moral y físicamente al desarrollo del presente trabajo.

DEDICATORIA

Como un ente pensante de esta sociedad, dedico la presente investigación a toda la humanidad, en especial a los habitantes de la República de El Salvador, para contribuir a su salud y bienestar.

I N D I C E

| | <u>Pag.</u> |
|--|-------------|
| I- | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| A) OBJETIVO | 5 |
| B) GENERALIDADES | 6 |
| 1. PLOMO | 6 |
| MECANISMO DE ACCION | 6 |
| ABSORCION | 6 |
| DISTRIBUCION | 6 |
| EXCRECION | 7 |
| INTOXICACION | 7 |
| SIGNOS Y SINTOMAS DE LA INTOXICACION | 9 |
| TRATAMIENTO | 13 |
| 2. INSTRUMENTACIÓN PARA ESPECTROFOTOMETRÍA POR ABSORCIÓN ATÓMICA | 21 |
| 3. BREVES APUNTES SOBRE HIDROLOGÍA, IMPOR - TANCIA DE LOS EXÁMENES DE LABORATORIO Y MUESTREO | 34 |
| II- | |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 38 |
| A) EQUIPO | 39 |

| | <u>Pag.</u> |
|---------------------------------------|-------------|
| B) MÉTODO | 39 |
| C) FUENTES Y REDES DE AGUA ANALIZADAS | 46 |
| III- RESULTADOS | 56 |
| IV- DISCUSIÓN | 64 |
| V- CONCLUSIONES | 67 |
| VI- BIBLIOGRAFÍA | 70 |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| | <u>pag.</u> | |
|------|--------------------------------|----|
| I | LAMPARA DE CATODO HUECO | 24 |
| II | QUEMADOR DE PREMEZCLA | 26 |
| III | HORNO DE GRAFITO HGA 2100 | 31 |
| IV | TUBO DE GRAFITO | 32 |
| V | POWER SUPPLY CONTROLLER | 33 |
| VI | MAPA DE EL SALVADOR | 55 |
| VII | TABLA DE RESULTADOS DE FUENTES | 58 |
| VIII | TABLA DE RESULTADOS DE REDES | 61 |

El agua juega un papel primordial en el desarrollo de los seres vivos sobre la tierra, pudiéndose decir que es base de la vida.

Para la mayoría de los usos del agua, es de primordial interés controlar la calidad de la misma, ya que ligeras variaciones en el contenido de alguna de las sustancias presentes, puede variar sensiblemente su calidad pudiéndola convertir en inservible y a veces en altamente peligrosa para la salud.

El aumento del número de industrias de toda índole, la adopción de nuevos procesos de fabricación con la consiguiente utilización de muy diversos productos químicos, el empleo de detergentes, insecticidas y fungicidas en agricultura, crean un complejo de impurezas que al ser arrastradas por las aguas circulantes, da lugar a circunstancias que modifican profundamente su composición físicoquímica, -- afectando incluso a la calidad de las aguas de los respectivos mantos subterráneos que son utilizados generalmente mediante pozos de extracción.^{1/}

Asimismo, algunos de estos productos de desecho tienen efectos de gran alcance sobre la salubridad pública.^{2/}

^{1/} CATALAN La Fuente, J. G. - Química del Agua. Ed. Blume, Madrid, 1969.

^{2/} HARDENBERGH, W.A. y E. Rodie, Ingeniería Sanitaria. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1969.

Uno de los tóxicos industriales acarreados por el agua conocido desde la antigüedad es el plomo. A través de la historia, su fuente predominante ha sido la tubería de plomo utilizada en las redes de distribución de agua, también el empleo de rociado de insecticidas tales como el Arseniato de Plomo, ha contaminado aguas superficiales y profundas.

El plomo es un veneno acumulativo, e inclusive pequeñas concentraciones, si están presentes constantemente en el agua potable, podrán conducir a enfermedades de gravedad o a la muerte. ^{3/}

La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) publicó en 1962 un documento denominado "European Standard for Drinking Water", cuya génesis y precedentes se iniciaron en 1956, por la comisión formada con representantes especializados de los países miembros; en él, se especifican los límites de tolerancia para ciertos elementos de acción tóxica que pueden eventualmente encontrarse en el agua de distribución pública. ^{4/}

^{3/} Turk, Amos y otros . Ecología-Contaminación Medio Ambiente, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional. México 1973.

^{4/} Catalán La Fuente, J. G. - Química del Agua. Ed. Blume, Madrid, 1969.

Al igual que la O.M.S. el Servicio de Salud Pública, especifica que para el agua natural o tratada que se utilizará como bebida, no debe contener más de 0.1 mg/lit de plomo . ^{5/}

En El Salvador, existe un estudio en el que se investigó la contaminación por plomo en aguas potables de la zona metropolitana de San Salvador. (*) Debido a ésto, es necesario hacer una investigación a nivel nacional, que revele si estas aguas cumplen con los requerimientos mencionados anteriormente. ^{6/}

^{5/} Hardenbergh, W.A. y E. Rodie, Ingeniería Sanitaria. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1969

^{6/} Vides Leopoldo, Dr.; Machado, Leticia C. de ; Dra.; Comunicación Personal. San Salvador, El Salvador, ANDA, Facultad de Química y Farmacia, 1977-78.

* Falla Velasco, Rosa Margarita. Evaluación de la Contaminación por plomo en el Agua Potable de la Zona Metropolitana de San - Salvador. Seminario de Graduación. Noviembre, 1975.

A) O B J E T I V O.

El desarrollo de la industria química ha dado como resultado la producción de desechos que presentan problemas para la salud pública.

Uno de los varios fines para los que se usa el agua es el doméstico; para tal fin el agua debe ser potable y existen normas aplicables para su potabilidad; una de ellas es dictada por la O.M.S. y el Servicio de Salud Pública que admite una concentración máxima de plomo de 0.1 mg/lit.

Se pretende estudiar en este trabajo de investigación el plomo - como uno de los contaminantes del agua que causa problemas de intoxicación por ser un veneno acumulativo, es por eso que es urgente y necesario llevarlo a cabo para comprobar si los niveles de contaminación no exceden al máximo permisible; colaborando de esta manera con las instituciones encargadas de la salud y de la distribución del agua, al brindarles una serie de datos confiables que nos reflejen el grado de contaminación existente y conocer a ciencia cierta si el pueblo salvadoreño consume agua libre de contaminantes como el plomo . ^{7/} , ^{8/}

^{7/} Hardenberg, W.A. y E. Rodle. Ingeniería Sanitaria. Compañía Editorial Continental, S.A. , México, 1969.

^{8/} Machado, Leticia C. de, Dra.; Comunicación Personal. San Salvador, Facultad de Química y Farmacia, 1977.

B) GENERALIDADES.

1. P L O M O.

MECANISMO DE ACCION.

El plomo como los demás metales pesados, produce sus efectos inhibiendo los grupos sulfhidrilo (-SH), por tener afinidad por el azufre.

Este grupo, al igual que otros como el carboxilo y fosforilo, son esenciales para las funciones fisiológicas normales del organismo, los cuales quedan inactivados al ligarse con el plomo por la formación de quelatos.

ABSORCION.

El plomo se absorbe muy lentamente, pero la absorción lenta y constante produce la intoxicación. Los aspectos clínicos del envenenamiento progresivo se deben a la acumulación gradual del elemento en el organismo.

La absorción de plomo inorgánico puede realizarse cuando el tóxico es introducido por la boca, pues no atraviesa la piel; mientras que los compuestos orgánicos de plomo atraviesan rápidamente la piel intacta. La mayoría de las intoxicaciones domésticas son provocadas por la ingestión de plomo.

DISTRIBUCION.

La distribución del plomo en el organismo es un factor decisivo

en la intoxicación. En la sangre, casi todo el plomo circulante se encuentra asociado con los eritrocitos.

El plomo inorgánico absorbido se distribuye en los tejidos blandos, principalmente en riñones e hígado, al transcurrir cierto tiempo, ocurre una redistribución, depositándose sobre todo en los huesos, dientes y cabello, también es importante hacer notar que atraviesa la barrera placentaria. El plomo se deposita en los huesos por intercambio con el calcio, en forma de fosfato terciario insoluble y al principio de la acumulación, la concentración del plomo es más elevada en las porciones epifisarias de los huesos largos, especialmente en los huesos en crecimiento, donde los depósitos - aparecen en las radiografías como anillos de mayor densidad en - los centros de osificación de los cartílagos epifisarios y como - una serie de líneas transversales de la diáfisis.

EXCRECION

En condiciones normales, la excreción urinaria de plomo inorgánico es aproximadamente 9 por 100 de la cantidad ingerida, como en la - sangre casi todo el plomo se encuentra unido a los eritrocitos, só - lo una cantidad muy pequeña logra filtrarse.

INTOXICACION

El problema del "saturnismo" sigue siendo importante aunque se -

haya producido un descenso en el uso de las tuberías de plomo y el empleo de vitrificantes cerámicos pues existen otras fuentes de plomo que originan intoxicación.

El índice de excreción del plomo es tan reducido que el más leve exceso sobre la ingestión media diaria originará un balance plúmbico positivo. La ingestión diaria normal es aproximadamente de 0.3 mg con grandes variaciones según la dieta, ocupación y ambiente -- donde vive el individuo. El balance comienza a hacerse positivo -- cuando la ingestión de metal es de unos 0.6 mg., sin embargo normalmente, a este nivel de concentración la acumulación de plomo en el organismo no llegará a proporciones tóxicas en toda la vida.

Al aumentar la ingestión, el tiempo para la acumulación se acorta de modo desproporcionado; así, para acumular en el organismo una carga tóxica con una ingestión diaria de 2.5 mg, de plomo, se necesitan 4 años; pero con la ingestión diaria de 3.5 mg se necesitarán sólo unos cuantos meses. Además a concentraciones de ingestión que requieren menos de un año para acumularse, la cantidad tóxica de plomo es menor que cuando se acumula en un período más largo, porque durante la acumulación rápida, el depósito en los huesos se hace con demasiada lentitud para obrar como amortiguador protector de los tejidos blandos.

SIGNOS Y SINTOMAS DE LA INTOXICACION.

La intoxicación por plomo puede ser aguda y crónica.

Intoxicación Aguda:

Es bastante rara y se observa después de la ingestión accidental - de compuestos de plomo que se disuelven rápidamente en el estómago y se manifiesta de la siguiente manera:

- 1- Acción local en la boca con intenso efecto astringente, sed y sabor metálico.
- 2- Náuseas, vómito de aspecto lechoso por presencia de cloruro de plomo, dolor abdominal intenso, heces de color negruzco por el sulfato de plomo y puede haber estreñimiento o diarrea.
- 3- Síntomas agudos del sistema nervioso: parestesias, dolor y debilidad muscular.
- 4- Anemia grave y hemoglobinuria.
- 5- Lesión renal que se manifiesta por oliguria y alteraciones de la orina.
- 6- La muerte sobreviene en 1 ó 2 días, pero si el enfermo sobrevive, es probable que aparezcan los síntomas de la intoxicación crónica.

Intoxicación Crónica.

Generalmente existen tres tipos de intoxicación crónica, el síndrome gastrointestinal o abdominal, el neuromuscular y los síndromes del sistema nervioso central. Las tres formas se pueden presentar aisladas o juntas y los signos hematológicos pueden existir con cualquiera de los síndromes.

Síndrome Abdominal:

Es el resultado de una intoxicación insidiosa y lenta que se manifiesta con síntomas imprecisos:

- 1- Anorexia, debilidad muscular, malestar, cefalea, estreñimiento o diarrea, sabor metálico persistente.
- 2- A medida que avanza la intoxicación se acentúan la anorexia y el estreñimiento.
- 3- Náuseas, vómitos, heces teñidas de sangre.
- 4- Dolor abdominal (cólico saturnino), que puede ser el signo más angustioso del síndrome abdominal avanzado.
- 5- Músculos abdominales rígidos y la región umbilical es particularmente sensible.
- 6- La temperatura corporal generalmente desciende en los adultos y sube en los niños.

7- Palidez, hipertensión, pulso lento y duro.

Síndrome Neuromuscular: (Parálisis Saturnina)

Generalmente es el resultado o consecuencia de una exposición intensa al plomo. Se manifiesta de la manera siguiente:

- 1- Debilidad muscular y fatiga que se presentan mucho antes que la parálisis y los músculos afectados son los más activos
- 2- Parálisis generalmente unilateral y circunscrita al lado de mayor uso.
- 3- Se han descrito alteraciones degenerativas en las neuronas motoras y en sus axones.
- 4- Trastornos del metabolismo del fosfato de alta energía en el músculo mismo.
- 5- Alteración en el transporte renal de los uratos que puede precipitar un ataque de gota.

Síndrome del Sistema Nervioso Central :(Encefalopatía Saturnina)

Es la manifestación más grave de la intoxicación plúmbica y se observa sólo después de la absorción rápida de una gran cantidad de metal de la siguiente forma:

- 1- Torpeza en los movimientos, vértigo, cefalea, insomnio, inquietud e irritabilidad.
- 2- Excitación y confusión, seguida por delirio y convulsiones o letargo y coma.
- 3- Signo común es el vómito de tipo explosivo
- 4- Puede presentarse trastornos visuales.
- 5- Convulsiones parecidas al gran mal; los accesos pueden ser unilaterales o afectar alternativamente los dos lados.
- 6- La autopsia revela meningitis de tipo proliferativa, edema intenso y se pueden observar hemorragias puntiformes y zonas de necrosis focal.
- 7- Los enfermos que sobreviven tienen secuelas neurológicas como - retardo mental, ataques convulsivos, parálisis cerebral, atrofia óptica o distonía muscular deformante, nefritis crónica, hemorragia cerebral tardía e hipertensión concomitante.
- 8- El análisis urinario revela presencia de albúmina, azúcar, eritrocitos y cilindros, lo que indica la acción nefrotóxica del plomo.

OTROS SINTOMAS DEL SATURNISMO.

Otros signos y síntomas de la intoxicación por plomo son:

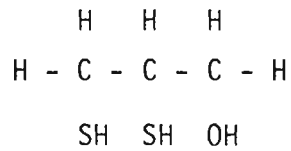
- 1- Manifestación hematológica
- 2- Color ceniciento de la cara
- 3- Palidez de los labios
- 4- Aspecto de vejez prematura con postura encorvada
- 5- Tono muscular muy disminuido
- 6- Ribete plúmbico a lo largo del margen de las encías.

TRATAMIENTO.

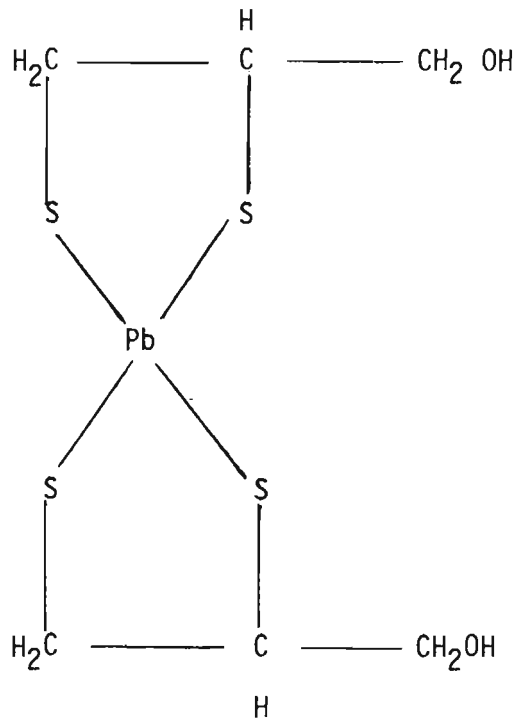
Sabemos que el plomo produce sus efectos tóxicos por combinación con grupos sulfhidrilo, carboxilo y fosforilo, los cuales son esenciales para el funcionamiento normal del organismo.

El tratamiento consiste en administrar sustancias o agentes quelantes que obran específicamente compitiendo con aquellos grupos para la combinación con el plomo, impidiendo o anulando con ello sus efectos tóxicos. Entre estas sustancias quelantes, tenemos el Dimercaprol como primer agente ensayado, el cual no da un resultado terapéutico favorable cuando se usa sólo, pues aunque al principio de su administración se observa un aumento bastante considerable de la excreción urinaria del plomo, decae rápidamente y la cantidad de plomo que puede mobilizarse

es insignificante, además solo actúa sobre el plomo contenido en sangre y no en los huesos y tejidos blandos. El dimercaprol (2,3 - dimercapto propanol) llamado BAL, tiene la siguiente fórmula estructural:



El quelato formado por el BAL, con los átomos de plomo existentes en el organismo, se muestran en la siguiente figura:



El Dimercaprol es un líquido oleoso, viscoso, transparente, incoloro y de olor picante y desagradable, soluble en agua hasta 7 por 100, soluble en los aceites vegetales, alcohol y otros disolventes orgánicos.

Por su inestabilidad en solución acuosa, se emplea aceite de cacahuete como disolvente en los preparados farmacéuticos, como la inyección de Dimercaprol USP, que es una solución al 10 por 100 del fármaco (peso/volumen) en aceite de cacahuete. Un mililitro contiene 100 mg de dimercaprol. La solución se despacha en ampolletas de 3 ml.

El tratamiento se dispone de manera que se asegure la presencia continua de un exceso de dimercaprol libre en los líquidos del organismo, hasta llegar a la eliminación completa del metal, puesto que los quelatos formados son algo disociables y el dimercaprol se oxida rápidamente en el organismo después de la disociación, entonces el metal es liberado en su forma activa, conservando su grado de toxicidad.

Cualquier metal liberado puede volver a formar complejos con el exceso de dimercaprol y ser excretado.

Otro fenómeno asociado al mecanismo de acción del Dimercaprol es el hecho de que no sólo protege a las enzimas sulfhídricas de la inactivación por el plomo, sino que también reactiva los sistemas enzimáticos ya inhibidos, compitiendo eficazmente por el metal --

con los sulfhidrilos de las enzimas.

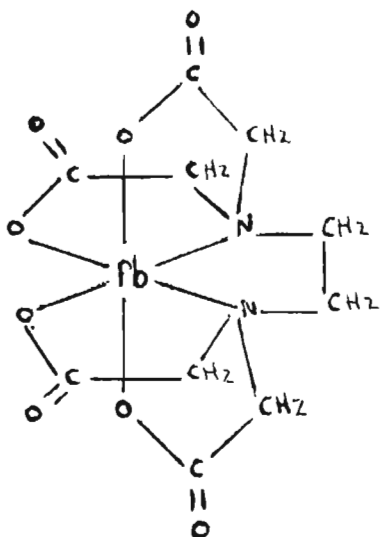
La administración de Dimercaprol produce en el hombre una serie de efectos colaterales, más alarmantes que graves pero que limitan la cantidad de droga que puede administrarse. Las reacciones secundarias se observan aproximadamente en 50 por 100 de los sujetos que reciben las dosis de 5 mg/kg de peso por vía intramuscular. Los efectos de la administración repetida de esta dosis no son acumulativas, si se toma la precaución de dejar pasar cuatro horas entre las inyecciones. Algunas respuestas más constantes al Dimercaprol son la elevación de la presión arterial, tanto diastólica como sistólica, acompañada de taquicardia, náuseas y en algunos casos vómitos, cefalalgia, sensación de ardor en los labios, boca y garganta, conjuntivitis, lagrimeo, rinoreea y salivación, hormigueo en las manos, sudoración de la frente, dolor abdominal, aparición ocasional de abscesos estériles y dolorosos.

Otra sustancia utilizada en el tratamiento de la intoxicación por plomo es el Edetato Cálcico-Disódico, que prometía ser una ayuda importante en el tratamiento del "saturnismo, pero presenta algunos efectos secundarios como nefrotoxicidad y efectos hipocalcémicos, cuando se administra rápidamente, además es necesario administrarlo por vía intravenosa, si se quiere obtener el máximo de eficacia.

En el tratamiento de encefalopatía plúmbica, el Edetato puede agudizar el síndrome durante el primer día del tratamiento.

En animales de experimentación el edetato moviliza rápidamente

El quelato que se forma al unirse con el plomo, se puede observar en la estructura siguiente:

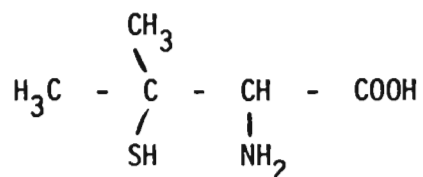


Se encuentra en el mercado como Edetato Cálcico Disódico USP (Ver senato Cálcico Disódico) en comprimidos de 500 mg que no suelen administrarse por su poca absorción y en solución inyectable al 20 por 100.

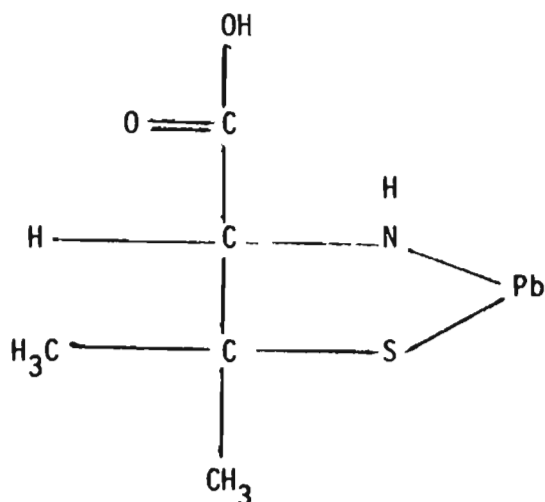
En la dosificación para uso terapéutico se emplea el goteo lento intravenoso (1 hora) administrando 1.0 g(5 ml) en 250 a 500 ml de glucosa al 5 por 100 en agua o en solución salina. Se dan dos de estas inyecciones cada día durante 3 a 5 días. Se suspende entonces el tratamiento por 2 - 14 días para reanudarlo después si es necesario. La dosis diaria total no debe exceder a 50 mg/kg de peso corporal pues la administración venosa del medicamento en forma demasiado concentrada puede provocar tromboflebitis.

El Edetato Cálcico Disódico se elimina rápidamente por la orina, por esta razón es preciso que durante el tratamiento, opere satisfactoriamente la función renal.

La Penicilamina (B,B, Dimetilcistefna) Cuya estructura química es la siguiente:



Y sus productos de quelación con el plomo, se cree que poseen la estructura que a continuación se muestra.



La Penicilamina es obtenida por hidrólisis de la penicilina. Es otro agente de quelación valioso para el tratamiento de saturnismo. La dosis de 600 a 1500 mg al día producen rápida mejoría clínica. La cantidad de plomo en la orina, después de la administra-

ción bucal de penicilamina, puede no ser tan alta como la observada después de la aplicación intravenosa de Edetato Cálcico Disódico, sin embargo, la eficacia de la penicilamina por vía bucal es una clara ventaja, sobre todo para largos períodos de "desplumbización" que a menudo son necesarios en el tratamiento del "Saturnismo".

Se recomienda añadir piridoxina a la dieta cuando se administra esta droga, pues los efectos tóxicos de ella son semejantes a los que se ven en la deficiencia de Piridoxina.

La penicilamina es un polvo cristalino blanco soluble en el agua, en solución acuosa es relativamente estable cuando el pH se mantiene entre 2 y 4, se expende en cápsulas de 250 mg. Se administra de 1 a 4 g al día en dosis fraccionarias. Se recomienda tomar las cápsulas en ayuno para evitar la interferencia de los metales dietéticos. ^{9/} , ^{10/} , ^{11/}, ^{12/},^{13/}

^{9/} Goodman, L. y Gilman A. Bases Farmacológicas de la Terapéutica. 4a. Edición, Editorial Interamericana, S.A. México 1974.

^{10/} Drill, V.A.; Farmacología Médica. 1a. Ed. en Español, traducida de la 3a. Ed. en Inglés, Ed. Fournier, S.A. México, 1974.

^{11/} Chisolm, J.J.; Lead Poisoning. Scientific American, Vol. 224, N° 2, pag. 3-12, Feb. 1971

^{12/} Bowman, W.C. y otros, Farmacología, 1a. Ed. española, Editorial Jims, España, 1970.

^{13/} Goth, A. Farmacología Médica, 4a. Ed. en Español. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., México, 1973.

2. INSTRUMENTACIÓN PARA ESPECTROFOTOMETRÍA POR ABSORCIÓN ATÓMICA.

En estos últimos años, la espectrofotometría por absorción atómica ha tomado un gran impulso como técnica analítica para la determinación de la concentración de elementos metálicos.

La ventaja principal de la absorción atómica, desde el punto de vista analítico, es que no existen interferencias espectrales y dependiendo de la sustancia que se va a analizar, existen pocas interferencias químicas; otra ventaja de este método es que trabaja con un número mayor de átomos que cualquier otra técnica.

El principio básico de absorción atómica, es el siguiente: La luz proveniente de una lámpara de cátodo hueco, pasa a través de la llama o del horno de grafito, después de los cuales, la longitud de onda de resonancia se aísla mediante un monocromador o filtro, incidiendo sobre el fotodetector y luego pasa al sistema electrónico. Este principio puede decirse que es el inverso de los métodos de emisión para la determinación de elementos metálicos, en los cuales, la muestra se excita de algún modo para que esta emita radiación de interés, se mide la intensidad de la radiación y por comparación con patrones se determina la concentración del elemento buscado en la muestra.

En absorción atómica se lleva a cabo el proceso inverso; el elemento de interés en la muestra no se excita, sino simplemente se disocia de sus enlaces químicos y se coloca en un estado no excitado, no ionizado y, en su estado mínimo de energía. En estas condiciones el elemento es capaz de absorber radiación emitida en las líneas discretas de ancho de banda angosta (las mismas líneas

que serían emitidas por el elemento al excitarse).

La disociación se efectúa quemando la muestra en una llama, aunque existen algunas excepciones de la manera de disociar como en el caso del horno de grafito. Las líneas de emisión que deberán ser absorbidas por la muestra se logran generalmente de lámpara de cátodo hueco (una fuente llena de argón o neón a muy baja presión, y que tiene el cátodo fabricado o revestido por el elemento que se va a analizar). Esta lámpara emite solamente el espectro del elemento buscado, junto con el gas de relleno.

Para la mayor parte de trabajos prácticos se puede considerar que la muestra solamente puede absorber las "líneas de resonancia" que corresponden en longitud de onda a transiciones de un estado de -- energía mínimo a un nivel más alto de energía.

Para separar la radiación de interés de la no deseada, se pasa el espectro de emisión por un filtro o monocromador que está ajustado para dejar pasar la línea de interés y rechazar las demás. El fotodetector verá únicamente la línea de resonancia disminuida.

Las interferencias en absorción atómica se pueden catalogar en tres tipos y se clasifican en interferencias químicas, de ionización y de bul^{to} o matriz.

Las interferencias químicas resultan por lo general de la disociación incompleta de los compuestos del elemento por determinar. -

Cuando existe una disociación incompleta, algunos compuestos se disocian menos que otros y los resultados de la determinación de un metal pueden depender de la presencia de otros elementos o radicales presentes en la solución.

Las interferencias de ionización se producen cuando una gran parte de los átomos de la muestra se ionizan, y por esto absorben energía en otra línea de radiación. Como la otra línea puede encontrarse fuera del ancho de banda del monocromador, o inclusive puede no estar presente en la lámpara de cátodo hueco, en la práctica, estos átomos se pierden analíticamente. Dado que el grado de ionización depende de la temperatura, las condiciones del quemador tendrán gran efecto en la determinación de elementos fácilmente ionizables. Las interferencias de ionización generalmente se controlan por adición de un gran exceso de un elemento más fácilmente ionizable.

Las interferencias de bulto son cambios en el resultado analítico producido por la viscosidad o naturaleza de la solución muestra.

LAMPARA DE CATODO HUECO (Ver figura N° 1)

En la lámpara de cátodo hueco, el componente activo es el cátodo fabricado o revestido con el elemento de interés (en nuestro caso el plomo) que tiene la forma de un cilindro cerrado en un extremo

y mide aproximadamente un centímetro de ancho y uno de largo. Como gas de relleno se emplea el Argón o el Neón a presión de unos pocos milímetros de mercurio. La cara de la lámpara se fabrica de cuarzo o vidrio. Al pasar corriente, los átomos metálicos del cilindro son desprendidos hacia el espacio frontal interno de la copa. Los choques con los iones Neón o Argón producirán una excitación en parte de los átomos metálicos y por tanto, la emisión de su línea característica.

El gas de relleno se escoge dependiendo del elemento metálico, - así el plomo da mejores resultados con Neón que con Argón.

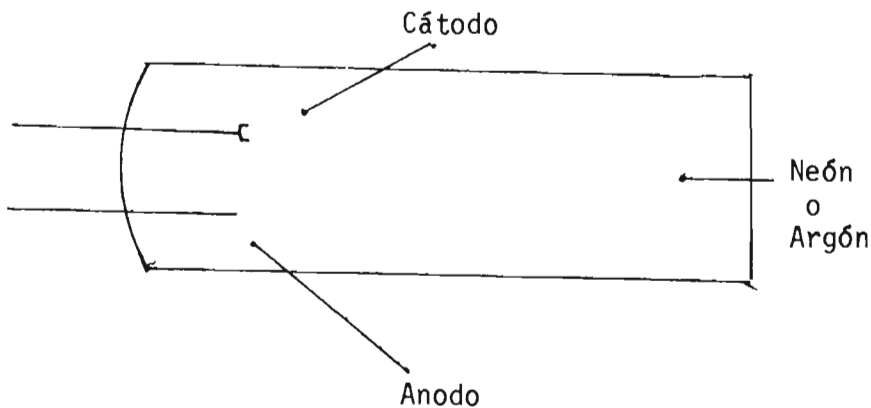


Figura N° 1

En absorción atómica hay 2 formas para atomizar la muestra, una de ellas es utilizando quemadores que pueden ser de 2 tipos (el de consumo total y el de premezcla) y la otra forma es utilizando el Horno de Grafito.

Quemadores: Los quemadores son tal vez la parte más importante en instrumentación para absorción atómica, los cuales deben tener las siguientes características:

- 1- Estabilidad
- 2- Sensibilidad
- 3- Silencio
- 4- Habilidad para quemar soluciones concentradas
- 5- Libertad de memoria
- 6- Versatilidad
- 7- Velocidad de respuesta

En el quemador de consumo total, el combustible, el oxidante y la muestra, pasan a través de conductos separados a un mismo orificio del cual emerge la llama.

El quemador de premezcla (Ver figura N° 2), existe en una variedad de diseños, en los cuales la muestra, el combustible y el oxidante, se mezclan en la cámara antes de entrar en la llama. La cámara del quemador está fabricada de Penton, un plástico extraordinariamente inerte que no presenta ningún problema de contaminación.

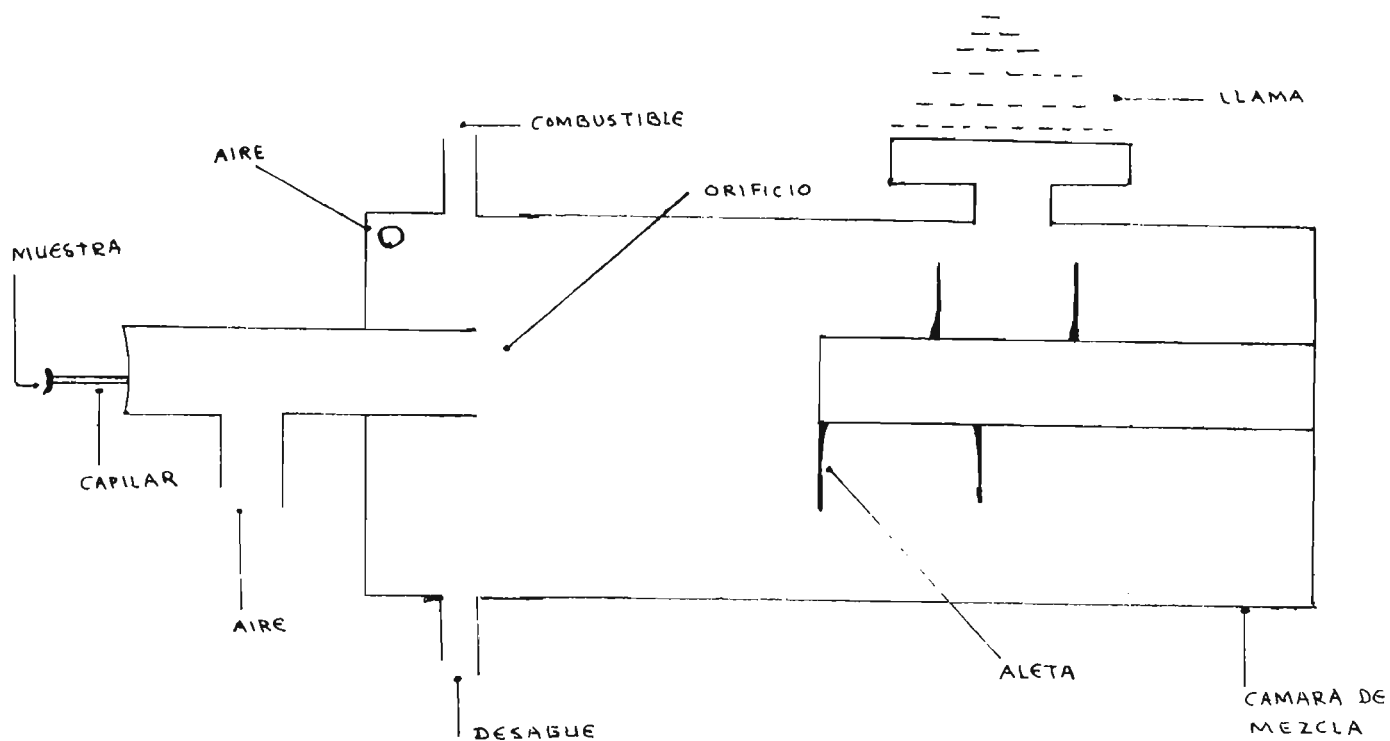


Figura N° 2

Para los quemadores de premezcla, los gases que más comúnmente se emplean, son el aire y el acetileno pues éste último parece ser el mejor combustible para todos los elementos y más económico - que otros gases y dando una temperatura de aproximadamente -- 2300°C.

HORNO DE GRAFITO HGA 2100 (Ver figura N° 3)

El horno de grafito puede ser instalado en el compartimiento de cualquier espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer.

El HGA 2100 utiliza un tubo de grafito (ver figura N° 4) de 28 mm

de largo y 8 mm de diámetro, el cual se coloca de tal manera que el Haz de muestra del espectrofotómetro pase a través de él.

Las muestras en solución se introducen en un agujero que existe en el centro del tubo, mientras que las muestras sólidas son introducidas en el extremo del mismo.

El calentamiento del tubo es producido pasando una corriente -- eléctrica a través de sus paredes y se efectúa en 3 pasos:

- 1- Usando una corriente baja para secar la muestra.
- 2- Usando una corriente intermedia para convertir la muestra - en cenizas.
- 3- Usando una corriente alta para llevar al tubo a incandescencia y atomizar la muestra.

El HGA 2100 nos determina muchos elementos con sensibilidad y límites de detección de 50 a 1000 veces mejor que los obtenidos con sistemas convencionales de llama.

Algunas ventajas que se obtienen con el uso del HGA 2100 son las siguientes:

- 1- Señales rápidas de picos bien definidos que pueden ser leídos con un detector de picos o con un graficador de carta.
- 2- La unidad de control de energía (Power Supply Controller),

(Ver figura N° 5) nos proporciona una programación automática de temperatura.

- 3- En ciertas aplicaciones es posible incrementar la temperatura del horno en las diferentes fases, dándonos ventajas significativamente funcionales.
- 4- Los controles del Power Supply están previstos para dar separada, continua y ajustadamente una temperatura y un tiempo deseado para los pasos o fases de secado, carbonizado y atomizado.

Una vez el programa de temperatura ha sido seleccionado, sólo es necesario insertar la muestra y apretar el botón de PROGRAM.

La unidad de control procederá automáticamente por los 3 pasos de temperatura y se parará después de completado el estado de atomización.

El horno es ensamblado en una montadura ajustable en el compartimiento de muestra que le proporciona movimientos rotacionales, horizontales, verticales y angulares.

El horno ensamblado es ajustado en un extremo de tal manera que puede rotar fuera del compartimiento de muestra para permitir - llevar a cero el espectrofotómetro, cambiar el tubo de grafito o insertar la muestra sólida en el extremo del horno y cuando es - rotado de nuevo, regresa a su posición original en el comparti -

miento de muestra.

El tubo de grafito es mantenido en su posición por 2 anillos en contacto de grafito. El extremo del tubo y la superficie interna de los anillos están fabricados para proporcionar un buen contacto físico y eléctrico.

El poder eléctrico es cedido a los anillos de grafito y al horno por 2 cables flexibles de cobre.

Cuando el power supply controller es accionado, pasa por el tubo de grafito una corriente máxima de 440 amperios (a unos 8 voltios), calentándolo hasta la incandescencia. La temperatura del tubo varía continuamente hasta llegar a un máximo de 2800°C.

Para prevenir combustión del tubo de grafito a altas temperaturas, el interior del horno es purgado con un gas inerte que puede ser Nitrógeno o Argón.

Cuando se utiliza Nitrógeno como gas de purga, se forma CN a temperaturas mayores de 2300°C, y debido a que éste es un gas tóxico, el área del horno debe ser continuamente ventilada, este problema se puede evitar usando el Argón como gas de purga.

El tubo de grafito también es purgado interna y externamente. El gas de purga interno sale a través del agujero para introducir la muestra.

El flujo de purga externa es continuo a más o menos 900 cc/minuto y escapa a través del espacio entre los anillos de contacto y el tubo.

El gas de purga también tiene otras funciones importantes y una de ellas consiste en minimizar la formación de óxido de elementos atomizados y remover los restos de vapor y humo formados durante la carbonización, secado y atomización. Alrededor de los anillos de grafito dentro del horno, son construidas dos cámaras de enfriamiento. Haciendo pasar una corriente de agua fría a través de estas cámaras se puede disminuir la temperatura del tubo de grafito, del máximo a casi la temperatura ambiente en más o menos 30 segundos. Si la temperatura del horno excede a los 60°C, el programa del power supply controller se apagará automáticamente. ^{14/} , ^{15/} , ^{16/}, ^{17/}

^{14/} Herbert, K; Instrumentación para Espectrofotometría por Absorción Atómica. Perkin Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut, U.S.A.

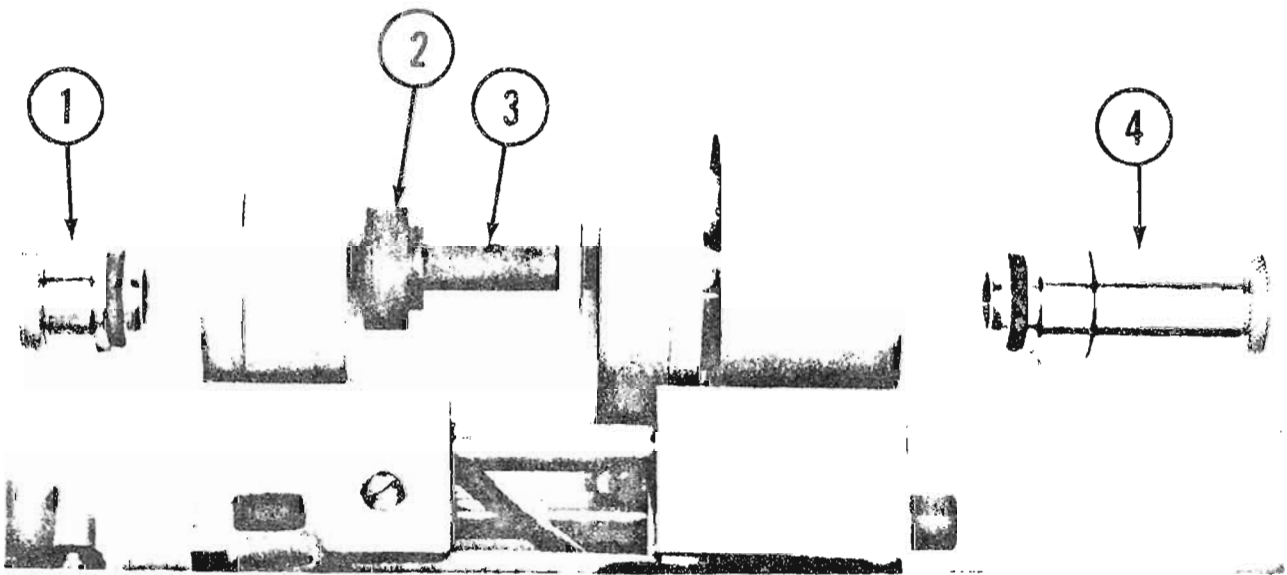
^{15/} Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin Elmer, Norwalk, Connecticut, U.S.A. 1976.

^{16/} Instructions HGA 2100 Graphite Furnace. Perkin Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut, U.S.A. 1976.

^{17/} Skoog, D.A. y D.M. West. Análisis Instrumental. 1a. Ed. en Español, Traducción de la 1a. Ed. en Inglés. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V. México, 1975.

HORNO DE GRAFITO

Figura N° 3



- 1 Left Window Assembly
- 2 Left Graphite Contact Ring
- 3 Graphite Tube
- 4 Right Window Assembly
Right Graphite Contact Ring is Inside
Right Cooling Chamber

- Exploded View of the Furnace Assembly

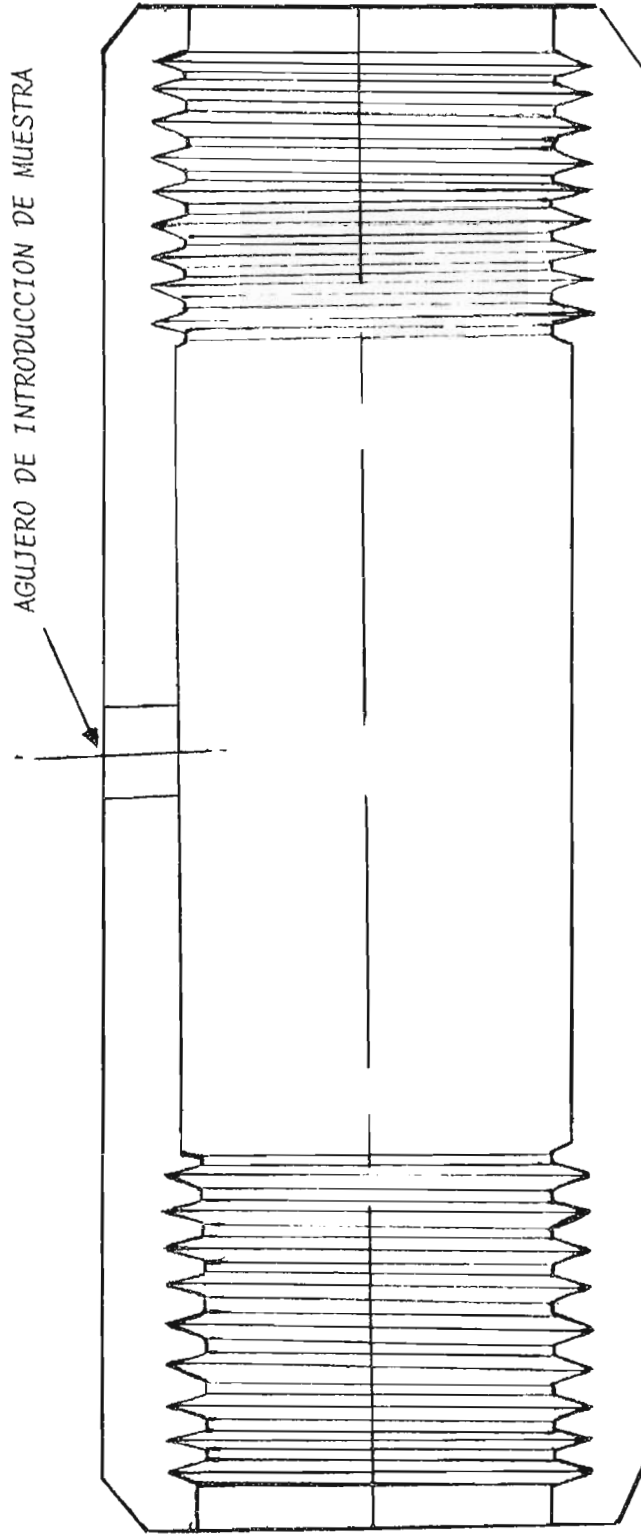
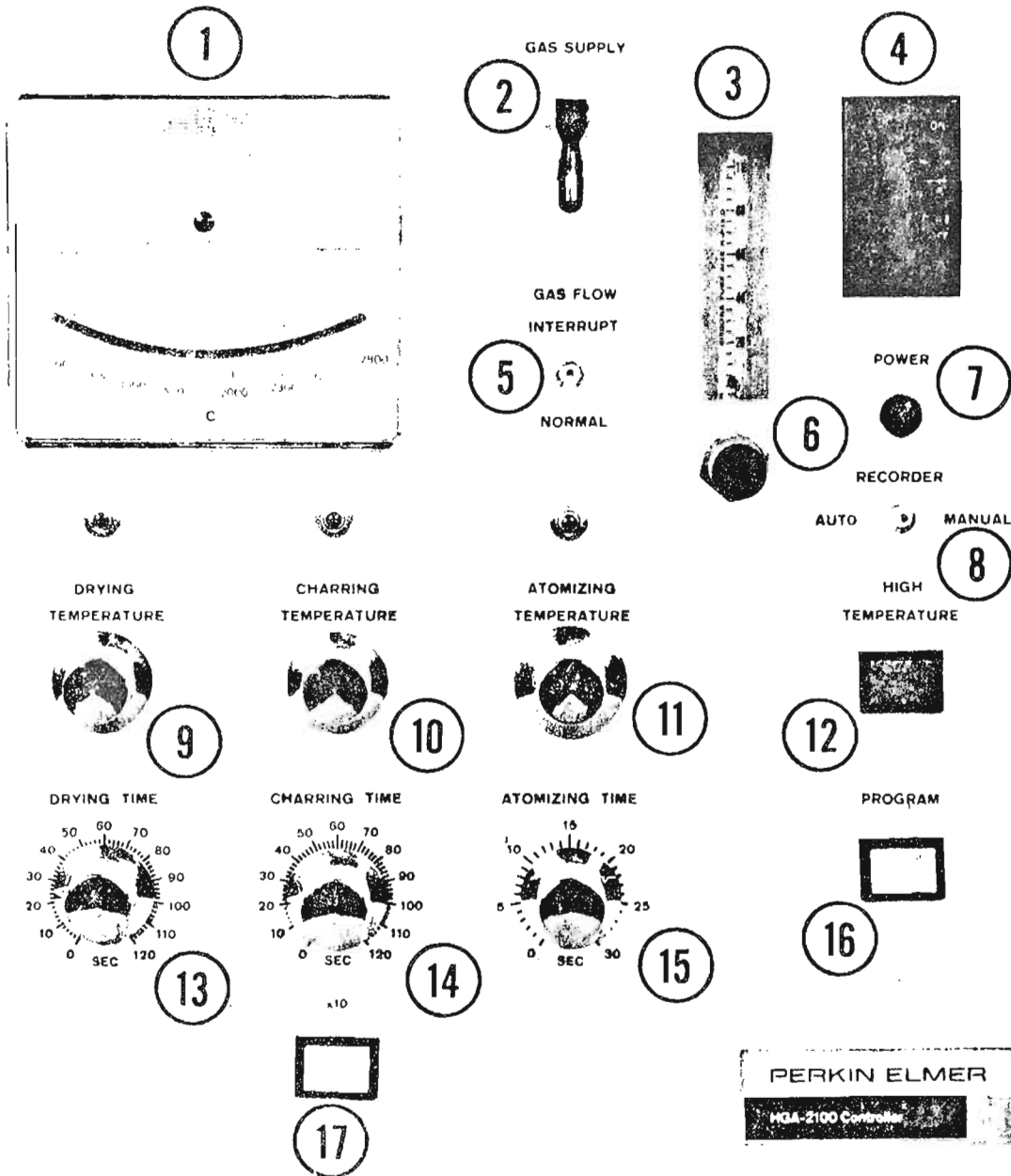


FIGURA N° 4



- | | | | |
|---|---------------------------|----|------------------------------------|
| 1 | Temperature Meter | 9 | DRYING TEMPERATURE Control |
| 2 | GAS SUPPLY Toggle Valve | 10 | CHARRING TEMPERATURE Control |
| 3 | Flowmeter | 11 | ATOMIZING TEMPERATURE Control |
| 4 | POWER Switch | 12 | HIGH TEMPERATURE Button |
| 5 | GAS FLOW INTERRUPT Switch | 13 | DRYING TIME Control |
| 6 | Gas Flow Needle Valve | 14 | CHARRING TIME Control |
| 7 | Pilot Light | 15 | ATOMIZING TIME Control |
| 8 | RECORDER Switch | 16 | PROGRAM Button |
| | | 17 | X10 Charring Time Expansion Button |

Fig N° 5 Power Supply/Controller Front Panel

3- BREVES APUNTES SOBRE HIDROLOGÍA, IMPORTANCIA DE LOS EXÁMENES DE LABORATORIO Y MUESTREO.

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, reprecipitación y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua, - aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza.

Para el abastecimiento público de agua se usan comunmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos. Las razones para elegir uno y otro son muchas e incluyen consideraciones tales como la calidad, la cantidad disponible, la seguridad del abastecimiento y el costo de construcción y operación . ^{18/}

Los varios fines para los que se usa el agua se pueden clasificar como doméstico, comercial e industrial y público. ^{19/}

Generalmente, las comunidades más pequeñas son las que emplean - abastecimientos subterráneos de agua, por lo limitado que resulta el volumen de un acuífero.

^{18/} Manual de Tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de New York, Albany. Ed. Limusa Wiley, S.A. México, 1973

^{19/} Hardenbergh, W.A. y E. Rodie. Ingeniería Sanitaria. Compañía Editorial Continental S.A. México, 1969.

Los abastecimientos de agua subterráneos están divididos según su profundidad, en profundos (30 metros o más), y poco profundos (menos de 30 metros). ^{20/}

La conservación del agua, es y continuará siendo de importancia creciente a medida que aumenta su uso, por eso es de suma importancia los exámenes del agua en el laboratorio, para ayudarnos a formarnos una opinión acerca de la calidad del agua de un abastecimiento para el uso público.

Los exámenes están divididos en físicos, que miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos, los análisis químicos que determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y que afecte su calidad, proporcionando datos acerca de contaminaciones o mostrando las variaciones ocasionadas por el tratamiento. Los exámenes bacteriológicos, indican la presencia de bacterias y los exámenes microscópicos que proporcionan información relativa a las proliferaciones en el agua, que frecuentemente son las que causan sabores y olores desagradables u obstrucción de los filtros.

Las muestras destinadas para análisis químico deben tomarse en recipientes que deben estar limpios, pero no necesariamente esterilizados, cuya capacidad varía según el número de análisis y pa

^{20/} Manual de Tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de New York, Albany . Ed. Limusa Wiley, S.A. México, 1973.

ra llenarlo se debe enjuagar el frasco 2 ó 3 veces con la misma agua que se va a muestrear.

Para la mayor parte de análisis físicos y químicos es suficiente una muestra de 2 litros, pero para ciertas determinaciones especiales el volumen puede variar. Se debe poner especial cuidado en obtener una muestra que sea realmente representativa de las condiciones existentes, por lo que hay que recolectar muestras del agua tal como entra al sistema de distribución y muestras del sistema mismo; si se usan llaves, el agua debe dejarse correr lo suficiente para vaciar el tubo de servicio y obtener así una muestra que represente el agua en la tubería de distribución, las muestras de pozo se deben tomar después de haberlos bombeado por suficiente tiempo, para asegurarse de que la muestra representa la calidad de las aguas subterráneas que alimentan el pozo . ^{21/}, ^{22/}, ^{23/}.

En general, mientras menos tiempo transcurre entre la recolección de una muestra y su análisis, mayor será la confianza de los resultados analíticos.

^{21/} Hardenbergh, W.A. y E. Rodie. Ingeniería Sanitaria. Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1969

^{22/} Manual de Tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de New York, Albany, Ed. Limusa Wiley, S.A. México, 1973.

^{23/} American Public Health Association. Métodos Estandar para el Examen de Agua y Aguas de Desecho. Undécima edición. Ed. Interamericana, S.A. México 1963.

Se sugiere como razonables, para reducir al máximo los cambios - producidos por la proliferación de organismos, los siguientes límites máximos para muestras destinadas a análisis físicos y químicos . 24/

| | |
|------------------------------|----------|
| Agua no contaminada | 72 horas |
| Agua ligeramente contaminada | 48 horas |
| Agua contaminada | 12 horas |

24/American Public Health Association. Métodos Estandard para el - Examen de Aguas y Aguas de Desecho. Undécima edición. Ed. Interamericana, S.A. México 1963.

A) EQUIPO.

- Aparato de Absorción Atómica- Modelo 305 B. Perkin Elmer
- Horno de Grafito HGA 2100. Perkin Elmer
- Registrador Perkin Elmer 56
- Lámpara de Cátodo Hueco de Plomo. Perkin Elmer
- Pipeta Eppendorf N° 10
- Puntas descartables para Pipeta de 5-100 μ l
- Frascos de Polietileno de 1/2 litro de capacidad
- Viñetas
- Cristalería en general

B) MÉTODO

ALCANCE: Este método describe la determinación de plomo en aguas naturales.

REACTIVOS:

- Solución Stock de plomo de 1000 μ g /ml
Preparada con titrisol Merck de 1.000 g de plomo en 1000 ml de agua bidestilada.
- Acido Nítrico concentrado

PARAMETROS DE OPERACION

| | |
|--|---|
| Instrumento | Modelo 305 B Perkin Elmer |
| Longitud de Onda | 284 |
| Región | Ultravioleta (U.V.) |
| Slit Setting (Abertura de salida del haz de luz) | 4, (0.7 nm) |
| Quemador | Horno de Grafito |
| Fuente de Luz | Lámpara de Cátodo Hueco de Plomo |
| Tiempo y temperatura del secado | 20 segundos a 100°C |
| Tiempo y Temperatura de Carbonizado | 20 segundos a 500°C |
| Tiempo y temperatura de atomizado | 9 segundos a 2300°C |
| Flujo del gas Argón | 10-50 cc/minuto, se recomienda para el plomo un flujo de 10 cc/minuto |
| Corriente de la lámpara | 10 miliamperios |

SOLUCIONES ESTANDARD: Preparar todas las soluciones estandard - por cuidadosas diluciones de la solución stock de plomo con Acido Nítrico al 1% v/v.

PREPARACION DE LA MUESTRA: Si es necesario se filtra cada muestra, luego se prepara una solución acuosa de Acido Nítrico al 1% con dicha muestra y se inyecta directamente en el Horno de Grafito - con una Pipeta Eppendorf N° 10 con punta de 5-100 ul.

PREPARACION DEL ESPECTROFOTOMETRO Y EL GRAFICADOR

- Encender el Espectrofotómetro y permitir que se caliente 15 minutos.
- Colocar la lámpara de poder apropiada (lámpara de plomo) en el instrumento, y ajustarla según especificaciones del aparato.
- Seleccionar los valores correctos de longitud de onda y abertura de salida del haz de luz para el elemento que se va a analizar, lo mismo que la región del espectro que se va a utilizar y la corriente necesaria y adecuada para la lámpara de plomo.
- Si es necesario, ajustar el horno según especificaciones del aparato.
- Encender el graficador. Si el Recorder Switch en el HGA Power Supply Controller, es usado en posición AUTO, colocar el botón de selector de poder a la posición SERVO en el graficador, la carta del registrador y la pluma empezarán a actuar 10 segundos antes del comienzo de la etapa de secado. En la posición MANUAL, la carta del registrador correrá continuamente. Hay que asegurarse que el cable del graficador ha sido instalado entre los terminales del graficador y el power supply controller.

PREPARACION DEL POWER SUPPLY CONTROLLER.

- Encender el botón de POWER.

- Abrir la llave del gas inerte y ajustar la presión entre 20-50 psig (Presión externa a la unidad de control). Usando el control FLOW METTER, ajustar el flujo de gas, de manera que el centro del medidor de corriente de gas, esté a unos 50 cc/minuto para Nitrógeno o Argón. Para elementos volátiles como el plomo, la sensibilidad analítica puede mejorarse cuando el flujo de gas interno es reducido a 10 cc/min o interrumpido en la atomización.
- Abrir la llave del suministrador de agua, el flujo debe ser 1.5 litros/minuto.
- Presionar el botón que está arriba del control de temperatura para el secado y ajustar dicho control hasta que el medidor de temperatura, indique la temperatura deseada. Repetir esta operación para las fases de carbonizado y atomizado.
- Ajustar los switches de tiempo de secado, carbonizado y atomizado a los intervalos deseados. Usar el botón de expansión X10, si es necesario un tiempo de carbonizado adicional.

INYECCADO DE LA MUESTRA Y LECTURA.

Pueden ser inyectadas soluciones acuosas dentro del tubo de grafito, usando una micropipeta Eppendorf con punta plástica descartable. La muestra es pipeteada dentro del horno a través de la abertura de muestra y no deben usarse jeringas con agujas de metal, pues éstas pueden contaminar la muestra.

Presionar el botón PROGRAM en el power supply controller para que las etapas de secado, carbonizado y atomizado, previamente programadas, actúen automáticamente.

Es importante mencionar que el ciclo puede pararse en cualquier hora presionando el botón PROGRAM nuevamente y que si la temperatura de la camisa del atomizador excede 60 grados centígrados (por insuficiente fluido de agua u otra causa) el programa se para automáticamente.

CALCULOS.

Se calcula la concentración del elemento de interés (plomo) contra el standard de 0.1 ppm (concentración máxima permisible de plomo en aguas potables por la O.M.S.).

METODOLOGIA ANALITICA.

- 1- Tomar un volumen de 100 ml de agua
- 2- Preparar una solución al 1% de Acido Nítrico con la muestra
- 3- Preparar la solución patrón (0.1 ppm)
- 4- Leer en el aparato la solución patrón
- 5- Leer la muestra preparada en 2
- 6- Hacer los cálculos respectivos

OBSERVACIONES SOBRE EL METODO

- 1- Es necesario hacer todas las preparaciones con reactivos químicamente puros.
- 2- Todo el material (puntas, recipientes para toma de muestras, cristalería etc), debe estar exento de plomo, para evitar -contaminaciones y errores en las determinaciones analíticas.
- 3- Las determinaciones se basan en que las muestras en solución son comparadas con soluciones patrones preparadas en idéntica forma que las muestras.

METODO DE MUESTREO.

Las muestras deben tomarse en recipientes de plástico limpios - que pueden ser lavados con Acido Nítrico diluido y luego enjuagados 2 ó 3 veces con la misma agua que se va a muestrear.

Cuando la muestra es de pozo se toma la muestra por medio de un chorro que se deja caer por 3 ó 5 minutos y se procede de igual manera para muestras que se toman de la red de distribución, para que la muestra sea representativa de las fuentes que alimen -

tan el pozo y de la tubería de distribución .²⁵/₂₆/₂₇/₂₈/

²⁵/ Manual de Tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de New York, Albany. Ed. Limusa Wiley, S.A. México, 1973.

²⁶/ American Public Health Association, Métodos Estandard para el examen de Agua y Aguas de Desecho. Undécima edición. Ed. Interamericana, S.A., México 1963.

²⁷/ Falla Velasco, Rosa Margarita. Evaluación de la Contaminación por Plomo en el Agua Potable de la Zona Metropolitana de San Salvador. Seminario de Graduación. Noviembre 1975.

²⁸/ Instructions HGA 2100 Graphite Furnace. Perkin Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut, U.S.A. 1976.

c) FUENTES Y REDES DE AGUA ANALIZADAS

Como un complemento del trabajo realizado en la zona metropolitana de San Salvador, la presente investigación consiste en analizar las diferentes fuentes de agua que son tratadas con hipoclorito de Calcio o Cloro gaseoso como agente potabilizador y las aguas de sus respectivas redes de distribución pública que abastecen los diferentes departamentos que constituyen las zonas -- oriental, central y occidental del país.

A continuación se muestran unas listas en las que aparecen las -- zonas, departamentos, nombre de las fuentes y poblaciones que -- abastecen, lo mismo que el nombre de la población en la cual, se analizó el agua muestreada de la red de distribución.

Es preciso aclarar que cada fuente de agua origina una red de distribución y que en su mayoría, ambas fueron muestreadas para ser analizadas posteriormente.

FUENTES.

ZONA CENTRAL

| Departamento | Nombre de la Fuente | Población que abastece |
|--------------|-------------------------|------------------------|
| La Libertad | Opico | Opico |
| | La Joya | Ciudad Arce |
| | San Francisco | Quezaltepeque |
| | Chilama | Puerto de La Libertad |
| Chalatenango | Zona Alta | Chalatenango |
| | Totolco | Chalatenango |
| | Zona Baja | Chalatenango |
| | Aldeíta | Cantón Aldeíta |
| San Salvador | Guazapa | Guazapa |
| | Pozo Perdido | Apopa |
| | El Castillo Planta Baja | Apopa |
| | Panchimalco | Panchimalco |
| | Tres Piedras | Nejapa |
| | Santo Tomás | Santo Tomás |
| La Paz | San Pedro Nonualco | San Pedro Nonualco |
| | Santa María Ostuma | Santa María Ostuma |
| | Rosario de la Paz | Rosario de la Paz |
| | San Miguel Tepezontes | San Miguel Tepezontes |

| Departamento | Nombre de la Fuente | Población que abastece |
|--------------|----------------------|-------------------------|
| La Paz | Zacatecoluca | Zacatecoluca |
| | San Juan Nonualco | San Juan Nonualco |
| Cabañas | Sensuntepeque | Sentuntepeque |
| | Ilobasco | Ilobasco |
| San Vicente | El Pozo | San Vicente |
| | El Zapote | San Vicente |
| | La Quinta | San Vicente |
| | Verapaz | Verapaz |
| Cuscatlán | San Esteban Catarina | San Esteban Catarina |
| | Tenancingo | Tenancingo |
| | Cacahuatal | Cojutepeque |
| | La Capilla | San Bartolomé Perulapía |
| San Miguel | ZONA ORIENTAL | |
| | Hirleman | San Miguel |
| | La Paz | San Miguel |
| | Belén | San Miguel |
| | Jalacatal | San Miguel |
| | Chinameca | Chinameca |
| | El Tránsito | El Tránsito |
| | San Rafael Oriente | San Rafael Oriente |
| Moncagua | Moncagua | |

| Departamento | Nombre de la Fuente | Población que Abastece |
|--------------|---------------------|------------------------|
| Morazán | Chilanga | Chilanga |
| La Unión | El Golfo | La Unión |
| | Santa Rosa de Lima | Santa Rosa de Lima |
| Usulután | Estanzuelas | Estanzuelas |
| | El Molino | Usulután |
| | Los Captus | Jiquilisco |
| | La Piedrona | Berlín |
| | Puerto El Triunfo | Puerto El Triunfo |
| | San Buena Ventura | San Buena Ventura |
| | Santa Elena | Santa Elena |
| | Mercedes Umaña | Mercedes Umaña |
| | Jucuapa | Jucuapa |
| | ZONA OCCIDENTAL | |
| Santa Ana | El Sauce | Metapán |
| | San José | Metapán |
| | El Limón | Metapán |
| | Sapoapa | Santa Ana |
| | Chinamequita | Santa Ana |
| | El Molino | Santa Ana |
| | La Gallina | Coatepeque |
| | El Trapiche | Chalchuapa |
| El Calvario | Chalchuapa | |

| Departamento | Nombre de la Fuente | Población que abastece |
|--------------|---------------------|------------------------|
| Ahuachapán | Apunía | Ahuachapán |
| | EL Chaya1 | Atiquizaya |
| | Atzumpa | Ataco |
| Sonsonate | Sonzacate | Sonzacate y Sonsonate |
| | Atecozol | Izalco |
| | Acajutla | Acajutla |
| | Armenia | Armenia |

REDES.

ZONA CENTRAL

LA LIBERTAD

Opico

Ciudad Arce

Colón

Puerto de la Libertad

Quezaltepeque

La Cuchilla

CHALATENANGO

Chalatenango proveniente de zona alta

Chalatenango proveniente de zona baja

Chalatenango proveniente de totolco

Aldefita

SAN SALVADOR

Guazapa

Apopa proveniente de Pozo perdido

Apopa proveniente de El Castillo

Nejapa

Santo Tomás

LA PAZ

San Miguel Tepezontes

Zacatecoluca

CABAÑAS

Sensuntepeque

SAN VICENTE

San Vicente procedente de la Quinta

San Vicente procedente de El Pozo

San Vicente procedente de El Zapote

San Lorenzo

Verapaz

CUZCATLAN

Tenancingo

Cojutepeque

Suchitoto

ZONA ORIENTAL

SAN MIGUEL

San Miguel procedente del Jalacatal

San Miguel procedente de La Paz

San Miguel procedente de Hirleman

San Miguel procedente de Belén Pozo 1

San Miguel procedente de Belén Pozo 2

El Tránsito

Moncagua

Chinameca

San Rafael Oriente

Los Arenales

MORAZAN

Chilanga

LA UNION

La Unión

Santa Rosa de Lima

USULUTAN

Estanzuelas

San Buena Ventura

Jucuapa

Berlín

Mercedes Umaña

Santa Elena

Jiquilisco

Usulután

Puerto El Triunfo

ZONA OCCIDENTAL

SANTA ANA

Santa Ana procedente de Sapoapa

Santa Ana procedente del Molino

Chalchuapa

Coatepeque

Metapán procedente de San José

Metapán procedente de El Sauce

AHUACHAPAN

Ahuachapán

Ataco

Atiquizaya

SONSONATE

Sonzacate

Acajutla

Atecozol, Izalco

Armenia

La tabla N° VII, muestra el nombre de la fuente y las ppm de plomo encontradas, y la tabla N° VIII, nos revela el nombre de la población que fue muestreada en la red de distribución y sus respectivas ppm encontradas al hacer el análisis.

TABLA DE RESULTADOS N° VII
PARA FUENTES

| Nombre de la Fuente | ppm. encontrados |
|-------------------------|------------------|
| Opico | 0.0 |
| La Joya | 0.0 |
| San Francisco | 0.0 |
| Chilama | 0.0 |
| La Cuchilla | 0.0 |
| Zona Alta | 0.02 |
| Totolco | 0.0 |
| Zona Baja | 0.0 |
| Aldefta | 0.0 |
| Guazapa | 0.0 |
| Pozo Perdido | 0.0 |
| El Castillo Planta Baja | 0.0 |
| Panchimalco | 0.0 |
| Tres Piedras | 0.0 |
| Santo Tomás | 0.01 |
| San Pedro Nonualco | 0.0 |
| Santa María Ostuma | 0.0 |
| Rosario de la Paz | 0.0 |
| San Miguel Tepezontes | 0.0 |
| Zacatecoluca | 0.006 |

| Nombre de la Fuente | ppm. encontrados |
|----------------------|------------------|
| San Juan Nonualco | 0.005 |
| Sensuntepeque | 0.0 |
| Ilobasco | 0.008 |
| El Pozo | 0.0 |
| El Zapote | 0.0 |
| La Quinta | 0.0 |
| Verapaz | 0.0 |
| San Esteban Catarina | 0.0 |
| Tenancingo | 0.0 |
| Cacahuatal | 0.0 |
| La Capilla | 0.005 |
| Hirleman | 0.0 |
| La Paz | 0.0 |
| Belén | 0.0 |
| Chinameca | 0.0 |
| El Tránsito | 0.0 |
| San Rafael Oriente | 0.0 |
| Moncagua | 0.0 |
| Los Arenales | 0.0 |
| Chilanga | 0.0 |
| El Golfo | 0.0 |
| Santa Rosa de Lima | 0.0 |
| Estanzuelas | 0.0 |

| Nombre de la Fuente | ppm. encontrados |
|---------------------|------------------|
| El Molino Usulután | 0.0 |
| Los Captus | 0.0 |
| La Piedrona | 0.0 |
| Puerto El Triunfo | 0.0 |
| San Buenaventura | 0.0 |
| Santa Elena | 0.0 |
| Mercedes Umaña | 0.0 |
| Jucuapa | 0.0 |
| El Sauce | 0.0 |
| San José | 0.0 |
| El Limón | 0.0 |
| Sapoapa | 0.0 |
| Chinamequita | 0.0 |
| El Molino Santa Ana | 0.0 |
| La Gallina | 0.0 |
| El Trapiche | 0.01 |
| El Calvario | 0.01 |
| Apunfa | 0.0 |
| El Chayal | 0.0 |
| Atzumpa | 0.0 |
| Sonzacate | 0.0 |
| Atecozol | 0.0 |
| Acajutla | 0.005 |
| Armenia | 0.0 |

TABLA DE RESULTADOS N° VIII
PARA REDES

| Población (Red) | ppm. encontrados |
|--|------------------|
| Opico | 0.015 |
| Ciudad Arce | 0.005 |
| Colón | 0.0 |
| Puerto La Libertad | 0.005 |
| Quezaltepeque | 0.01 |
| La Cuchilla | 0.0 |
| Chalatenango (procedente de zona alta) | 0.025 |
| Chalatenango (procedente de zona baja) | 0.009 |
| Chalatenango (procedente de Totolco) | 0.02 |
| Aldefta | 0.006 |
| Guazapa | 0.015 |
| Apopa (procedente de Pozo Perdido) | 0.0 |
| Apopa (procedente de El Castillo) | 0.022 |
| Nejapa | 0.0 |
| Santo Tomás | 0.02 |
| San Miguel Tepezontes | 0.02 |
| Zacatecoluca | 0.005 |
| Sensuntepeque | 0.0 |
| San Vicente (procedente de La Quinta) | 0.01 |
| San Vicente (procedente de El pozo) | 0.015 |

| Población (Red) | ppm. encontrados |
|---------------------------------------|------------------|
| San Vicente (procedente de El Zapote) | 0.09 |
| San Lorenzo | 0.007 |
| Verapaz | 0.007 |
| Tenancingo | 0.0 |
| Cojutepeque | 0.015 |
| Suchitoto | 0.010 |
| San Miguel (procedente del Jalacatal) | 0.005 |
| San Miguel (procedente de La Paz | 0.026 |
| San Miguel (procedente de Hirleman) | 0.011 |
| San Miguel (procedente de Belén N° 1) | 0.02 |
| San Miguel (procedente de Belén N° 2) | 0.009 |
| El Tránsito | 0.005 |
| Moncagua | 0.005 |
| Chinameca | 0.015 |
| San Rafael Oriente | 0.004 |
| Los Arenales | 0.0 |
| Chilanga | 0.01 |
| La Unión | 0.0 |
| Santa Rosa de Lima | 0.01 |
| Estanzuelas | 0.01 |
| San Buena Ventura | 0.011 |
| Jucuapa | 0.01 |
| Berlín | 0.01 |

| Población (Red) | ppm. encontrados |
|-------------------------------------|------------------|
| Mercedes Umaña | 0.06 |
| Santa Elena | 0.012 |
| Jiquilisco | 0.015 |
| Usulután | 0.007 |
| Puerto El Triunfo | 0.005 |
| Santa Ana (procedente de Sapoapa) | 0.025 |
| Chalchuapa | 0.0 |
| Coatepeque | 0.025 |
| Santa Ana (procedente de El Molino) | 0.0 |
| Metapán (procedente de San José) | 0.005 |
| Metapán (procedente de El Sauce) | 0.006 |
| Ahuachapán | 0.010 |
| Ataco | 0.010 |
| Atiquizaya | 0.0 |
| Sonzacate | 0.015 |
| Acajutla | 0.02 |
| Atecozotl Izalco | 0.022 |
| Armenia | 0.005 |

La toma de muestras se realizó durante la estación seca en nuestro país, o sea en los meses comprendidos entre Diciembre y Mayo, ambos inclusive. En la mayoría de muestras tomadas en las fuentes de origen, no se encontró presencia de plomo, sin embargo, en los análisis hechos en las muestras tomadas de las redes de distribución, sí se encontró presencia del tóxico, aunque en concentraciones nada alarmantes, por lo que se puede decir que durante el recorrido que hace el agua desde la fuente hasta el chorro de abastecimiento, ya sea de una casa particular o una pila pública, ésta sufre una ligera contaminación por plomo que puede ser ocasionada por el material que se ocupó para elaborar las cañerías (tubos, juntas, etc).

La mayoría de datos obtenidos en la práctica al hacer los cálculos respectivos por comparación de los registros obtenidos con el estándar de plomo utilizado (0.1 ppm) y los registros dados por las diferentes muestras, arrojan un resultado satisfactorio, pues las concentraciones de plomo que están presentes en algunas muestras, están mucho más bajas que el límite máximo permisible de plomo aprobado por la OMS y el Public Health Service.

A pesar de que el Método Analítico por Absorción Atómica es un método muy sensible y que el Horno de Grafito utilizado como aparato adicional al espectrofotómetro tiene una sensibilidad y límites de detección de 50 a 1000 veces mejor que el quemador de llama, los análisis hechos en las muestras de agua potable no registraron - -

señales que indicaran concentraciones alarmantes de plomo.

Se ha incluido en este trabajo de investigación un mapa de la República de El Salvador, en el que están señalados los diferentes lugares del país, de los cuales se tomaron muestras de agua potable de las fuentes de origen y de la red de distribución de agua, para ser posteriormente analizadas, para la determinación del tóxico en cuestión; se ve claramente que los 14 Departamentos en que está dividido el país, están representados por muestras recolectadas en varias poblaciones principales de la Jurisdicción de cada uno de éstos, y que la distribución global de dichas poblaciones, dan una representatividad adecuada de las zonas oriental, central y occidental que se pretendían analizar.

De acuerdo a los resultados obtenidos de este trabajo de investigación efectuado en las aguas potables de las zonas occidental, oriental y central del país, se puede concluir que esta agua utilizada para fines domésticos y que está al servicio de las necesidades de la vida diaria de un individuo cumple con los requerimientos de la O.M.S. y el Servicio de Salud Pública.

Si bien es cierto que durante su largo recorrido desde la fuente de origen hasta la válvula de servicio sufre alguna contaminación, ésta no alcanza el límite máximo permisible por las instituciones antes mencionadas.

Podemos afirmar que el agua potable no es la causante de las intoxicaciones reportadas en los hospitales del país, puesto que para obtener un balance plúmbico positivo que pueda llevar al paciente a estados tóxicos, se necesitan cantidades de plomo mucho mayores que los encontrados en este trabajo.

Estas últimas se pueden ingerir durante toda la vida sin ocasionar problemas de intoxicación, siempre y cuando no existan otros factores como dieta, ocupación y medio ambiente de la persona, que contribuyan a la acumulación del tóxico.

Con respecto a la metodología analítica seguida en la práctica, podemos decir que es rápida, sencilla y que da buenos resultados, -- siempre que se cuente con el instrumental adecuado, pues éste es de

gran sensibilidad.

La población Salvadoreña puede consumir el agua potable sin ningún temor ni riesgo, puesto que, tanto el agua de las fuentes como la de las redes de distribución no representan ningún peligro con respecto al plomo como un veneno acumulativo que puede causar serios problemas en la salud e incluso la muerte.

- American Public Health Association, Métodos Standard para el Examen de Agua y Aguas de Desecho. Undécima ed. Ed. Interamericana, S.A. - México, 1963.
- Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin Elmer, Norwalk, Connecticut, U.S.A. 1976.
- Bowman, W.C. y otros. Farmacología 1a. Ed. Española. Editorial -- Jims, España, 1970.
- Catalán La Fuente. J.G. Química del Agua. Ed. Blume, Madrid, 1969.
- Chisolm J.J.; Lead Poisoning . Scientific American, Vol. 224, Nº 2 pag. 3-12 Febrero 1971.
- Drill, V.A. Farmacología Médica, 1a. Ed. en Español, Traducida de la 3a. Ed. en Inglés. Ed. Fournier, S.A. México, 1974.
- Falla Velasco, Rosa Margarita. Evaluación de la Contaminación por Plomo en el Agua Potable de la Zona Metropolitana de San Salvador. Seminario de Graduación. Noviembre, 1975.
- Goodman, L. y A. Gilman. Bases Farmacológicas de la Terapéutica, 4a. Edición. Editorial Interamericana S.A. México, 1974.
- Goth A. Farmacología Médica. 4a. Ed. en Español. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., México, 1973.
- Hardenbergh, W.A. y E. Rodie. Ingeniería Sanitaria, Compañía Editorial Continental, S.A, México, 1966.

- Herbert, K.; Instrumentación para Espectrofotometría por Absorción Atómica. Perkin Elmer Corporation. Norwalk, Connecticut, U.S.A.
- Instructions HGA 2100 Graphite Furnace. Perkin Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut, U.S.A. 1976.
- Machado, Leticia C. de, Dra.; Comunicación Personal, San Salvador, El Salvador, Facultad de Química y Farmacia, 1977.
- Manual de Tratamiento de Aguas. Departamento de Sanidad del Estado de New York, S.A. México, 1973.
- Skoog, D.A. y D.M. West. Análisis Instrumental, 1a. Ed. en Español, Traducción de la 1a. Ed. en Inglés. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., México, 1975.
- Turk, Amos y otros. Ecología - Contaminación - Medio Ambiente. -- Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, México, 1973.
- Vides, Leopoldo, Dr.; Machado, Leticia C. de, Dra.; Comunicación - Personal. San Salvador, El Salvador, ANDA; Facultad de Química y - Farmacia, 1977-78