

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



SISTEMA
BIBLIOTECAS
U. A. S. L. P.

“DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE ARSENICO PRESENTE
EN LAS DIFERENTES FUENTES DE AGUAS DISPONIBLES EN LA
CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI, TANTO POZOS PROFUNDOS COMO
FREATICOS”.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACOBIOLOGO
PRESENTA

M^a. de Lourdes Jiménez Márquez

*Con cariño y gratitud
a mis padres:
Higinio Jiménez Gallegos
Clotilde Márquez de Jiménez
quienes me brindaron su apoyo
y sacrificio en el transcurso
de mis estudios.*

Con gratitud a mis hermanos:

Ma. Guadalupe

Ma. del Carmen

Ma. Alicia

Rafacl

José Luis

*que en todo momento me han
brindado su apoyo.*

A mis maestros:

*por su orientación y
enseñanzas.*

Y a mis compañeros:

*con quienes compartí una
de las etapas de mi vida.*

Expreso mi agradecimiento al Sr. Q.I. Enrique Díaz de León S., por su asesoría y apoyo que me brindó para efectuar este trabajo.

Al agradecer a quienes con su colaboración y consejo, quiero citar a la Sra. Q.F.B. Yolanda Gallegos de Rodríguez.

Además a la Cía. Mexicana Metalúrgica Peñoles, en particular al Ing. Javier Hernández, quien con la mejor disponibilidad facilitó el aparato para la destilación de las muestras, sin el cual no hubiera sido posible la realización del estudio.

Así como también al personal de bibliotecas y a toda persona que en una forma o en otra colaboraron para la realización del mismo.

C O N T E N I D O

I.—INTRODUCCION

- A) Antecedentes
- B) Objetivos

II.—GENERALIDADES

- A) Importancia del Agua como Elemento Vital
- B) Propiedades Físicoquímicas del Arsénico
- C) Propiedades Toxicológicas del Arsénico
- D) Hidrarsenicismo Crónico Regional Endémico

III.—DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DEL ARSENICO

- A) Recolección de Muestras
- B) Método
- C) Resultados
- D) Discusión
- E) Conclusiones

IV.—BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

En el presente trabajo se estudia uno de los problemas más antiguos que ha tenido mayor auge en nuestros días, la contaminación ambiental, en particular en el agua y en especial de un no metal el arsénico.

Se discute y se analiza el papel que desempeña como elemento tóxico, causando una enfermedad llamada Arsenicismo, se divide en 3 etapas de evolución dependiendo de la intensidad de intoxicación.

Crónica o Benigna. Evolución de intoxicación con periodos de días a años, presentando sintomatología variable y el diagnóstico es sencillo si se conoce el antecedente de la ingestión del veneno.

Aguda o Severa. Se presenta de uno a siete días, los síntomas son numerosos y más específicos, podemos dividirlos en inmediatos y tardíos.

Sobreaguda o Grave. Se presenta en pocas horas, los síntomas del arsenicismo sobreagudo no son siempre los mismos y dan lugar a distintas formas clínicas.

Los datos obtenidos en las determinaciones del contenido de arsénico son de las aguas freáticas y profundas de los diversos pozos que abastecen el municipio de San Luis Potosí, capital del mismo nombre.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Hidrogeoquímica del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, bajo la asesoría del Q.I. Enrique Díaz de León S., Investigador del mismo Instituto.

ANTECEDENTES

La contaminación ambiental es uno de los problemas más antiguos en épocas pasadas no se le daba la importancia que tenía, debido a que la magnitud de ésta era poca. En la actualidad constituye uno de los problemas más serios, debido al progreso industrial y a la explosión demográfica que ha traído consigo el aumento de la contaminación y una paulatina deformación del medio ambiente.

La contaminación de las aguas es uno de los problemas de mayor importancia en la actualidad debido al grado en que avanza y las múltiples consecuencias que provoca.

El uso a que se destina un agua está en función de la cantidad de los componentes presentes, cuando uno o varios de los constituyentes estén alterados de tal modo que el agua ya no reúna las condiciones de la utilización a que fuera destinada, se considera agua contaminada.

La presencia del arsénico como contaminante en las aguas puede provenir de insecticidas, herbicidas, industrias manufactureras de vidrio, industrias de acabado de metal, plantas de coque, refinerías, plantas manufactureras de anilinas y otras.

En base a lo anterior y en vista de que en nuestra ciudad en las últimas décadas ha tenido un incremento demográfico e industrial y dentro de éstas existen algunas de las anteriores mencionadas cuyos productos requieren compuestos que contienen arsénico, parte del mismo aparece en los desechos, en algunas industrias son eliminados hacia terrenos que son utilizados para agricultura, sin que el agua de desecho reciba tratamiento alguno para volverlos inocuos, creando un peligro latente de contaminación.

La concentración límite de arsénico en el agua según las normas de la "US PUBLIC HEALTH SERVICE" para Estados Unidos de América es de 0.05 mg/lit, al igual que en Rusia (4). La legislación francesa estima que en un agua no deberá contener más de 0.50 mg/lit, y en un agua contaminada por industrias la concentración máxima deberá de ser de 0.15 mg/lit. El comité de expertos de la O.M.S. considera una concentración de 0.20 mg/lit, y como límite superior 0.80 mg/lit. En Standar Methods establece un límite de 10 microgr/lit. El reglamento de la S.S.A. considera un agua potable la que tenga como límite de 0.05 mg/lit. (9,11,12).

OBJETIVOS:

El objetivo del presente estudio es no sólo la determinación de la concentración del arsénico en las aguas que abastecen a la ciudad, sino también hacer notar la influencia que ejerce en el organismo como elemento tóxico, causando hidrasernicismo por la ingestión constante de este elemento aún en bajas concentraciones, además conocer en qué situación están las aguas de la ciudad actualmente, con respecto al elemento en estudio.

GENERALIDADES

IMPORTANCIA DEL AGUA COMO ELEMENTO VITAL.

El agua es un compuesto químico de vital importancia para el hombre, representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo, la utiliza para su nutrición, le proporciona comodidad al resolver numerosos problemas de su vida cotidiana. El agua debe ser de un origen exento de contaminación, porque la salud humana depende no tanto de la cantidad, sino de la calidad del agua. (1,2,6).

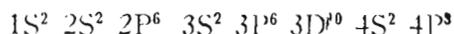
La forma más pura del agua natural es la procedente de la lluvia. Sin embargo, no es completamente pura, en su camino a la tierra se mezcla con gases de la atmósfera, con pequeñas cantidades de polvo y otras impurezas que haya arrastrado del aire. (6,11).

Ya en la superficie, arrastra desechos de diversa naturaleza (humanos, animales e industriales). Las aguas pasan a través de la tierra, ya que el suelo actúa como filtro natural y la purifica de modo que al incorporarse a la corriente profunda es potable, pero en cambio si el terreno es rico en minerales y sustancias tóxicas que el agua haya disuelto la hace inadecuada para el consumo y necesidades humanas. (11).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL ARSENICO

El arsénico es un elemento que se encuentra escasamente libre en la naturaleza, también se encuentra depositado y combinado en diversos minerales como: rejalgar, oropimente, mispiquel o pirita arsenical, cobaltina y arsenolita.

Se clasifica como elemento no metal, cuyo símbolo es As, con un número atómico igual a 33, peso atómico de 79.91, pertenece al grupo V del Nitrógeno, Fósforo, Antimonio y Bismuto. Su estructura molecular puede ser diatómica, tetratómica y de red cristalina. Su estado de oxidación es de -3 en compuestos más estables, salvo en los arseniatos o arsenicales en los cuales es de -5 . Su configuración electrónica en términos de mecánica cuántica es:



El arsénico es un sólido quebradizo, cristalino de color gris acero. Sublima fácilmente formando vapores amarillos tóxicos de color alíaceo. Sólo puede fundirse a presión a 36 atm. funde a 814.5 °C.

El arsénico tiene mediana actividad química, no se altera en aire seco, pero se oxida lentamente en aire húmedo.



Es relativamente inerte a las temperaturas ordinarias, pero calentado al aire arde con llama blanca azulada, produciendo nubes blancas de trióxido de arsénico con olor característico a ajo. Con ácido nítrico se oxida el arsénico transformándose a trióxido y después a pentóxido, el elemento es insoluble en ácido sulfúrico diluido, pero se disuelve en ácido concentrado caliente, el ácido clorhídrico ataca débilmente al arsénico, el cloro se combina directamente con él en caliente y formando tricloruro. (1,2,6).



Calentado con S, forma varios sulfuros, según las proporciones empleadas.



El arsénico posee muchas de las propiedades, generalmente consideradas como características de los metales y propiedades de los no metales. Es anfotero y forma arsenitos y arseniatos y otros derivados ácidos más complejos.

El arsénico se caracteriza en el método usual cualitativo por precipitación con los metales del grupo II, en forma de sulfuro amarillo As_2S_3 en solución ácida.



La valoración del As suele hacerse por oxidación yodométrica del estado trivalente al pentavalente. (10).



Puede descubrirse cantidades muy pequeñas de arsénico, de 0.002 a 0.5 mgs. por medio de la prueba de Marsh o Gutzeit que se basan en la producción de arsenamina por reducción con zinc en solución ácida o alcalina.

Es generalmente insoluble en agua, pero mucho de sus compuestos son solubles y éstos son por lo general muy venenosos, algunos tienen usos en medicina, en pequeñas dosis como tónicos. Los que lo consumen adquieren cierta tolerancia al mismo y pueden tomar mayores cantidades de él que otras personas no habituadas. (1,6).

PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS DEL ARSEÑICO

El arsénico es uno de los elementos más tóxicos. Es absorbido fácilmente por las mucosas y ya en el organismo forma un complejo con las albúminas, depositándose en el hígado, riñón, huesos, pelos y uñas. La eliminación se efectúa por el riñón, glándulas digestivas, glándulas mamarias y faneras cutáneas, tardando días y aún meses en completarse la total eliminación.

Existe normalmente en el organismo. Según Klinke, las concentraciones normales son:

Tiroides	(13 mg%)
Uñas	(17 mg%)
Vaso, Sangre y Huesos	(8.5 mg%)
Hígado y Cerebro	(11 mg%)

El arsénico puro es muy tóxico. En presencia del aire se transforma en anhídrido arsenioso muy tóxico. El arsénico forma dos ácidos muy tóxicos, el ácido arsenioso y el ácido arsénico. El primero más tóxico que el segundo.

La toxicidad de cualquier compuesto de arsénico depende mucho de la solubilidad y disociación del compuesto, de la edad del paciente y de la vía de absorción. Es decir depende en parte de la susceptibilidad del individuo y en general la resistencia a las altas dosis es excepcional, salvo la de los "arseniófagos" que llegan progresivamente, en largo tiempo a tolerarlo en cantidades de varios centigramos (5 a 10, o aún más), produciendo lo que en medicina se llama metriotismo o inmunidad contra un veneno, adquirida por habitación progresiva.

De 0.15 a 0.20 gr. de ácido arsenioso o arsénico que equivale a 0.0001 a 0.00015 gr. de arsénico metaloide constituye la dosis mortal. Por otra parte, entre los compuestos de arsénico de mayor toxicidad se encuentra el trióxido de arsénico que bastan de 0.02 a 0.06 gr. para causar la muerte, pero se ha podido comprobar que el consumo repetido de mínimas cantidades desarrollan tolerancia al paso del tiempo, éste es el caso de muchos de los trabajadores de las fundiciones de minerales que contienen este elemento mortal.

Las sales de arsénico actúan en relación al contenido de éste, 1 gr. de arseniato de sodio corresponde a 0.36 gr. de ácido arsénico, y son muy peligrosas por su gran solubilidad. (3,4,13).

ACCION TOXICA:

El arsénico es un modificador del metabolismo orgánico. Su ingestión en pequeñas dosis 0.0005 a 0.0001 gr. diarios, inhibe las oxidaciones, con predominio del anabolismo sobre el catabolismo favoreciendo el depósito de sustancias orgánicas, manifestado con un aumento del peso corporal.

En cambio, en dosis mayores predomina el catabolismo con aumento de la excreción urinaria, degeneración de la grasa del hígado, corazón, etc., colocando los órganos en estado de hiperfunción.

En pequeñas dosis estimula la eritropoyesis, sin aumentar la hemoglobina, y sin actuar sobre los leucocitos. En dosis mayores produce anemia e ictericia por hemólisis; el arsénico vuelve a los huesos más densos y pesados, por transformación del tejido esponjoso en compacto, por reducción del sistema de Havers, estrechamiento de los conductillos, hiperplasia de las láminas concéntricas y disminución de los osteoblastos.

Sobre el aparato digestivo en dosis reducidas produce ligera hiperfunción, con hiperemia y aumento del apetito, en dosis mayores origina congestión y trastornos gastrointestinales entrando en fase de toxicidad; estos efectos se acentúan por acción sobre el sistema nervioso vegetativo, al que primero excita y luego paraliza, que se produce aún introduciendo el tóxico por vía parenteral, y explica los trastornos gastrointestinales presentados en este caso. Las lesiones de la mucosa intestinal, disminuye su resistencia a los fermentos y bacterias, produciendo autólisis tóxica. (13).

La acción tóxica más acentuada ocurre en la intimidad de los tejidos, donde bloquea los grupos sulfhidrilos de las enzimas que son indispensables para su funcionamiento. Interfiriendo el metabolismo del azufre y los procesos de óido-reducción celular.

Se forma una unión covalente entre el tóxico y la enzima, esto se comprobó al administrar compuestos que en sí portaban grupos sulfhidrilos, tales como el BAL (el mercaptol BAL: British Anti-Lewita). Los cuales a su vez forman un compuesto estable con el metaloide. Actuando como un quelante y puede proteger a la enzima. (7,13).

SINTOMATOLOGIA:

Intoxicación Aguda o Grave. Las vías de absorción pueden ser: por ingestión, por inyección, por inhalación o por la piel.

La intoxicación aguda presenta síntomas numerosos y variados, pero en la mayoría de los envenenamientos no se observan todos. Podemos dividirlos en inmediatos y tardíos.

Los síntomas inmediatos son: Gastrointestinales, cardíacos, renales y del sistema nervioso.

1) Trastornos gastrointestinales.— Rara vez faltan, aunque se introduzca el tóxico por vía parenteral.

Vómito, es generalmente el primer síntoma violento e incoercible, de aspecto blanquecino, "agua de arroz", y de olor aliáceo (a ajo), que luego puede hacerse bilioso y aun sanguinolento, pudiendo durar varios días, y se acompaña de dolor urente epigástrico. El vómito no está en relación con la intensidad de la intoxicación, ya que se conocen casos graves, con vómitos escasos o nulos.

La diarrea, ocasionada por acción directa del arsénico sobre la mucosa o por inhibición del plexo intestinal con vasoparálisis capilar, va acompañada de cólicos, es serosa, abundante, coleriforme, con corpúsculos semejantes a granos de arroz (diarrea riciforme) compuestos de moco y albúmina coagulada. Esta enterocolitis varía desde una forma leve hasta la gravísima con colapso.

2) Trastornos hepáticos.— Cuando la intoxicación dura varios días aparece ictericia, signos de la importante difusión hepática (con alteración grave de la función biligénica y glucogénica), que puede culminar en la insuficiencia aguda, (hepatosis aguda, ictericia, hemorragias, etc.).

3) Trastornos cardíacos.— Consiste en signos de miocardosis aguda: taquicardia, hipotensión, arritmia, tonos apagados y soplos. Estos trastornos son, por lo general, la causa premonitoria de la muerte en colapso.

4) Trastornos renales.— Se caracterizan por oliguria o anuria, que pueden durar dos o tres días. Se debe, en parte, a la deshidrata-

ción ocasionada por la diarrea, y por otra, a la lesión renal con comitante (nefrosis arsenical, con cilindruria y albuminuria).

5) Trastornos cutáneos.— No son constantes, pero sí frecuentes. Por lo común son propios de la intoxicación crónica, rara vez de la aguda, aunque puede revestir este carácter en el curso de la arsenoterapia o constituir una manifestación tardía de la misma.

Uno de ellas es el edema palpebral, sobre todo en las intoxicaciones aguda y sobreaguda; es bilateral y, en general, de aparición temprana, entre el primer y el tercer día; se lo observa a veces en pacientes tratados con medicación arsenical, acompañado en algunos casos con cianosis.

En ocasiones se presentan exantemas morbiliformes, escarlatiniformes, papulosos, urticarios o mixtos.

A veces se observan formas vesiculosas, pustulosas o perfigoides. Puede haber descamación epidérmica, que en la mayoría de los casos constituye la terminación de las formas exantemáticas, lo mismo que caída de cabello y fragilidad de las uñas.

Las erupciones purpúricas son raras, pero aparecen especialmente en el curso del tratamiento con arsenicales orgánicos, sobre todo en sujetos con resistencia disminuida.

Las manifestaciones tardías consisten en queratosis palmar y plantar, con gran espesamiento de la epidermia, y melanosis, cuyo color varía entre el castaño claro y el negro.

6) Trastornos mucosos.— Se observan: estomatitis, amigdalitis con fetidez de aliento; coriza intensa, a veces hemorrágica; laringitis y bronquitis seca; conjuntivitis, suele presentarse durante el tratamiento arsenical.

7) Trastornos nerviosos.— Constantes en la intoxicación crónica, puede observarse también en la forma aguda. Se manifiesta por polineuritis arsenical (hormigeos, dolores en las extremidades, disenteria, hiperestésias o anestésias), localizadas preferentemente en los miembros inferiores y habitualmente simétrica. Consecuencia de polineuritis son las parálisis que se desarrollan tardíamente, con atrofia muscular consecutiva, ataca, sobre todo, los músculos exteriores del pie; durante dos o tres años y curan casi siempre, pero lentamente.

8) Delirio y trastornos sensoriales.— Son comunes en la intoxicación aguda; el delirio es de tipo alucinatorio, la ambliopía y amaurosis (afinidad electiva del arsénico por el nervio óptico, neurosis óptica) agravan el cuadro.

La pérdida de líquidos y sales produce sed intensa y calambres musculares; sobreviene hipotensión arterial marcada, colapso, con piel cianótica, sudorosa y fría, depresión respiratoria, convulsiones por anoxia y coma final. La muerte, en general, ocurre dentro de las 24 horas, es causada por el estado de shock.

Intoxicación Crónica.— Sus síntomas pueden agruparse en cuatro formas clínicas.

1) Gastrointestinales, 2) Cutanomucosas, 3) Nerviosas, 4) Visceral.

Los síntomas son al principio subjetivos: malestar general, pérdida de peso, adelgazamiento, mialgias y artralgias, cólicos y diarrea. La piel puede presentar exantemas y en casos severos exfoliativas; los párpados inferiores se vuelven edematosos. Aparecen polineuropatías periféricas en miembros inferiores y esporádicamente temblores y fasciculaciones musculares. A veces la mano adquiere una actitud característica, con los dedos fuertemente flexionados sobre la palma, signo conocido por "mano de garra".

En una intoxicación por arsénico los datos de laboratorio revelan anemia moderada y leucopenia de 2,000 a 5,000 leucocitos, discreta eosinofilia. Hay ligera proteinuria y la prueba de funcionamiento hepático muestran pocas anomalías y el líquido cefalorraquídeo es normal.

Ninguna de las manifestaciones clínicas, ni los datos de laboratorio son específicos de la intoxicación por arsénico, los datos anteriores se confirman al describir la presencia de dicho elemento por el análisis de pelo, uñas y orina.

En condiciones normales la concentración máxima de arsénico es de 0.05 mg/100 mg. de pelo, pero puede variar desde 0.025 a 0.088 mg. Concentraciones mayores de 0.10 mg/100 mg. de pelo es índice de envenenamiento. Es difícil precisar cuál es la concentración mínima de arsénico en la orina que indique intoxicación, pues la mayoría de los pacientes con signos de intoxicación suelen excretar 0.1 mg/lit., poco después de la exposición aguda se observan cifras superiores de 1.0 mg/lit. Las personas normales excretan 0.01 o 0.06 mg/lit y algunas personas pueden llegar a eliminar hasta 0.20 mg/lit. (8).

HIDRARSENICISMO CRONICO REGIONAL ENDEMIICO

Es una enfermedad crónica producida por la ingestión del agua que contiene arsénico en exceso y cuando la proporción pasa de 0.002 gr/lit de agua, si aun es mayor la concentración 0.004 gr/lit el proceso se presenta en unos cuantos meses. Existe en varias zonas mediterráneas, Cd. Córdoba (Argentina) y en nuestro país, Santa Cruz Achichipilco, Mun. de Teatlalco, Edo. de Puebla. Aquí al 69.9% de los pozos de agua de la población, tienen niveles de arsénico arriba de los mínimos permitidos. Se concluyó que el vehículo de envenenamiento era el agua, es posible que la fuente sea rocas arseniosas ubicadas en la cercanía de la población. También en 1962 se presentó un brote epidémico de arsenicismo en la Cd. de Torreón Coah., en el cual se encontró que era causada por la contaminación del medio ambiente, provocado por una planta de fundición localizada en la población. (14).

El arsénico no actúa aquí en forma de intoxicación aguda, pero origina una enfermedad particular, más insidiosa y tórpida, inmediatamente dermatológica por su exteriorización. Los adultos consumidores por largo tiempo de dichas aguas de bebidas, contraen lesiones irreversibles que lo incapacitan para el trabajo, causando ocasionalmente la muerte.

Los niños habitantes de estos lugares no pueden escapar a la perspectiva, ante la cual y conociendo la cronología inexorable de la enfermedad impone la adopción de una impostergable defensiva. El arsénico introducido en el organismo en cantidades mínimas durante años, lesiona principalmente la piel, agente parcial de eliminación.

Los primeros síntomas suelen aparecer entre la pubertad y la edad adulta. Se observan cuatro períodos sintomáticos:

- A) Período primario (Hiperhidrótico)
- B) Período secundario (Hiperqueratósico)
- C) Período terciario (Melanodérmico)
- D) Período cuaternario (Complicaciones)

Hiperhidrótico. Se presenta con fenómenos destrófico en la piel y músculos, en general las palmas de las manos y las plantas de los pies, presenta una descamación furfurácea acompañada de prurito, disentercia y sudor. Con el aspecto de una deshidrosis, ascitis por lesiones hepáticas, apatía, indiferencia y astenia marcada.

Hiperqueratósico. Caracterizado por lesiones dérmicas palmoplantares con parestecia discreta en miembros superiores e inferiores, moderada astenia, adinamia y anorexia, pigmentación en el cuello y torax, síntomas digestivos, como dolor abdominal.

Las lesiones palmoplantares tienen un aspecto polimorfo, callosidades difusas, globos córneo circunscritos menos frecuentes en el dorso de la mano, cuernos epiteliales y deformaciones intercaladas por la zona de la piel que pueda fisurarse y ulcerarse, acarreado dolores e infecciones, el pelo se vuelve ralo y quebradizo y surgen lesiones ungeales.

Melanodérmico. Sus síntomas son: astenia, adinamia, anorexia, acentuada desnutrición de segundo y tercer grados, hiperpigmentación generalizada, más acentuada en el cuello y en el torax, la pigmentación va del bronceado al negro humo, algunas veces no es uniforme, subsisten puntos de piel en su color normal, lesiones dérmicas de tipo queratósico palmoplantares, micronódulos duros, las uñas se engruesan y se desquebrajan. Además hay disenteria indiferencia al medio externo, artalgias y en menor grado conjuntivitis y fiebre.

Complicaciones. En la piel algunas lesiones ulceradas terminan por transformarse en carcinomas, además ataques intensos al hígado, derrames pleurales, atrofia muscular, ictericia, pérdida de peso y fiebre. Edemas faciales, nefroesclerosis, polineuritis con sus secuelas, cardiopatías, exponiendo a que cualquier proceso desencadene el desenlace final ocasionando la muerte. (3,4,13,14).

DETERMINACION FOTOCOLORIMETRICA DEL ARSENICO

RECOLECCION DE MUESTRAS

Las muestras se recolectaron en frascos de polietileno, con capacidad de 1000 ml. Fueron tomadas de los diferentes pozos que abastecen la ciudad, antes de tomar las muestras el frasco se enjuaga varias veces con el agua que se va a analizar. El envase se etiqueta debidamente para poder identificarlo y la muestra se hace llegar con la mayor brevedad posible al laboratorio.

M E T O D O

I.—Principio:

Después de separar el arsénico por destilación se hace una determinación por el método de azul de molibdeno.

II.—Reactivos:

- a) Solución estandar de arsénico (1 ml = 0.1 mg. de As.). Disolver 0.1320 gr. de As_2O_3 en 10 ml. de agua destilada y unas 3 ó 4 lentejas de NaOH calentando suavemente a no más de 40°C en un vaso de 250 ml. Pasar a un matraz volumétrico de 1000 ml. lavando bien el vaso. Agregar 100 ml. de HCl, enfriar, aforar y mezclar bien.
- b) Solución de arsénico (1ml. = 0.01 mg. de As.). Pipetear 10 ml. de la solución anterior (a), a un matraz volumétrico de 100 ml. agregar 4 ml. de HCl, enfriar, aforar con agua destilada y mezclar.
- c) Solución de Anaranjado de Metilo al 0.1% en agua.
- d) Solución de Bromato de Potasio al 0.03% en agua.
- e) Solución de Molibdato de Amonio al 0.5% en agua, esta solución debe usarse recientemente preparada. Se guarda en frasco de plástico.
- f) Solución de Sulfato de Hidrazina al 0.1% en agua. Debe usarse recientemente preparada.
- g) Solución de HCl al 10% en volumen.

III.—Calibración de Curva:

1. Pipetear de la solución estandar (b) (1 ml. = 0.01 mg. de As) 0.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 ml. a matraces volumétricos de 50 ml., equivalentes a 0.0 (blanco), 0.02, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20 mg. de As respectivamente. Completar a un volumen de 20 ml. con HCl al 5% en volumen.
2. Agregar una gota de anaranjado de metilo a cada uno. Neutralizar con NH_4OH gota a gota hasta que vire con una de ellas. Regresar el vire con ácido clorhídrico al 10% y añadir 10 ml. en exceso. Agregar 1 ml. de KBrO_3 (d) para destruir el color y oxidar el arsénico. Si el color no desaparece de inmediato caliéntese a baño maría a unos 50°C . Enseguida agregar, mezclando en cada adición: 5 ml. de Molibdato de Amonio (e), 2 ml. de Sulfato de Hidrazina (f), diluir un poco abajo de la marca de aforación con agua. Colocar los matraces en baño de agua hirviente por 10 min. Sacar, enfriar, aforar y mezclar.
3. Mídase la transmitancia de cada uno empezando con el blanco ajustando a 100% de transmitancia a 660 nm. y con este ajuste leer el resto.
4. Trazar la curva con los resultados obtenidos en el papel semi-logarítmico.

IV.—Procedimiento:

- A. Pesar de 0.2 a 10 gr. de muestra dependiendo de su contenido de arsénico, al matraz del aparato de destilación de As (se puede usar un erlenmeyer de 500 ml. para el ataque de la muestra y después pasarlo al matraz de destilación). Agregar 15 ml. de HNO_3 , cuando cese la reacción fuerte se agregan 35 ml. de H_2SO_4 y llevar a humo de SO_3 para eliminar el ácido nítrico que hubiera quedado. Enfriar. Añadir 30 ml. de agua y dejar enfriar.

Con el objeto de asegurar la completa eliminación de HNO_3 y evitar la doble fumada, se ataca agregando primero el HNO_3 a continuación 10 ml. de HClO_4 , enseguida el H_2SO_4 y llevar a humos fuertes de una sola vez. Estar seguros de eliminar por

completo el HClO_4 , porque se confunden los humos con los de SO_2 .

Las muestras líquidas de acuerdo con su contenido se toma un volumen de 5 a 200 ml., se le agrega el HNO_3 , HClO_4 y H_2SO_4 como a las muestras sólidas y se lleva a humos fuertes de SO_2 .

Es conveniente cuando se toma un volumen muy pequeño de muestra agregar unos 15 ml. de agua destilada antes de agregar los ácidos.

NOTA IMPORTANTE.— El HClO_4 es explosivo especialmente cuando hay sustancias reductoras, por lo tanto es importante agregar siempre el HNO_3 antes que el HClO_4 .

- B. Antes de añadir los reactivos para destilar, prepare lo siguiente: al matraz volumétrico de 50 ml. en el que se recibe el destilado se agregan 15 ml. de agua destilada. Es conveniente introducir el matraz en un vaso de 400 ml. con agua fría y mejor aún con agua helada o trozos de hielo. Tener la lista la cabeza de destilación y el termómetro. (ver dibujo).

Añadir 25 ml. de HCl , 5 ml. de HBr y 1 a 2 gr. de Sulfato de Hidrazina, lavar la boca del matraz con la menor cantidad de agua posible y armar de inmediato las diferentes partes del equipo para destilar cuidando que tanto el tubo de desprendimiento como el tubo de seguridad queden sumergidos en el líquido para evitar escapes.

Calentar poco a poco hasta que la temperatura llegue a 100°C y mantener esta temperatura varios minutos y que el destilado alcance unos 40 ml. Retirar el matraz, enfriar, aforar y mezclar.

- C. Pipetear alicuotas no mayores de 20 ml. a matraz volumétrico de 50 ml. y continuar desde el paso dos en la estandarización de curva.

Si se toman alicuotas menores de 20 ml, complétese a este volumen utilizando HCl al 5%.

- D. Leer en el fotocolorímetro usando un blanco primero que se corre igual que la muestra.

- E. Las cifras obtenidas conviértase en mg. por medio de la curva y calcúlese el %, tomando en cuenta la alicuota del destilado y la cantidad de muestra tomada.

N O T A S :

1. Si el contenido de arsénico es muy bajo se puede tomar todo el destilado, recibiendo éste en erlenmeyer de 125 ml. Una vez destilado, agregar 5 ml. de HNO_3 y 5 ml. de HClO_4 y evaporar suavemente hasta humos de HClO_4 . Seguir evaporando a calor fuerte hasta un volumen de 0.5 a 1.0 ml. Enfriar, levantar con 10 ml. de HCl al 10% y continuar el proceso desde el paso dos de la estandarización de curva, en el mismo erlenmeyer hasta la adición del Sulfato de Hidrazina para pasarlo luego a un matraz volumétrico de 50 ml. lavando el erlenmeyer con la menor cantidad de agua posible para desarrollar el color.

2. En caso de muestras de muy bajo contenido de As se tomará más muestras por lo cual deja muchas sales difíciles de manejar, se puede aplicar la propiedad que tiene el Fe de coprecipitar el As cuantitativamente.

Para que sea efectivo la relación mínima, debe ser 3 moles de Fe por 1 mol de As. Disolver con HNO_3 , añadir unos 100 ml. de agua, hervir y si la muestra no contiene la cantidad de Fe, agregar solución de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, alcalinizar con NH_4OH (fuertemente alcalina). Hervir, filtrar en caliente en filtro 597, lavar una o dos veces. Tomar filtro y precipitado y ponerlo en un matraz de ataque. Agregar 15 ml. de HNO_3 , 15 ml. de HClO_4 y 35 ml. de H_2SO_4 .

Atacar suavemente al principio y llevar luego a humos fuertes de SO_3 y continuar el proceso.

3. Debe tenerse precaución especial para la precipitación de fosfatos en el destilado que algunas veces puede estar presente en reactivos, equipo de vidrio y hasta en el agua ya que da el mismo color azul que el arsénico en las condiciones del método.

C A L C U L O S :

Lectura obtenida = gr. de arsénico

mg/lit = gr. de As por 1000/volumen de muestra.

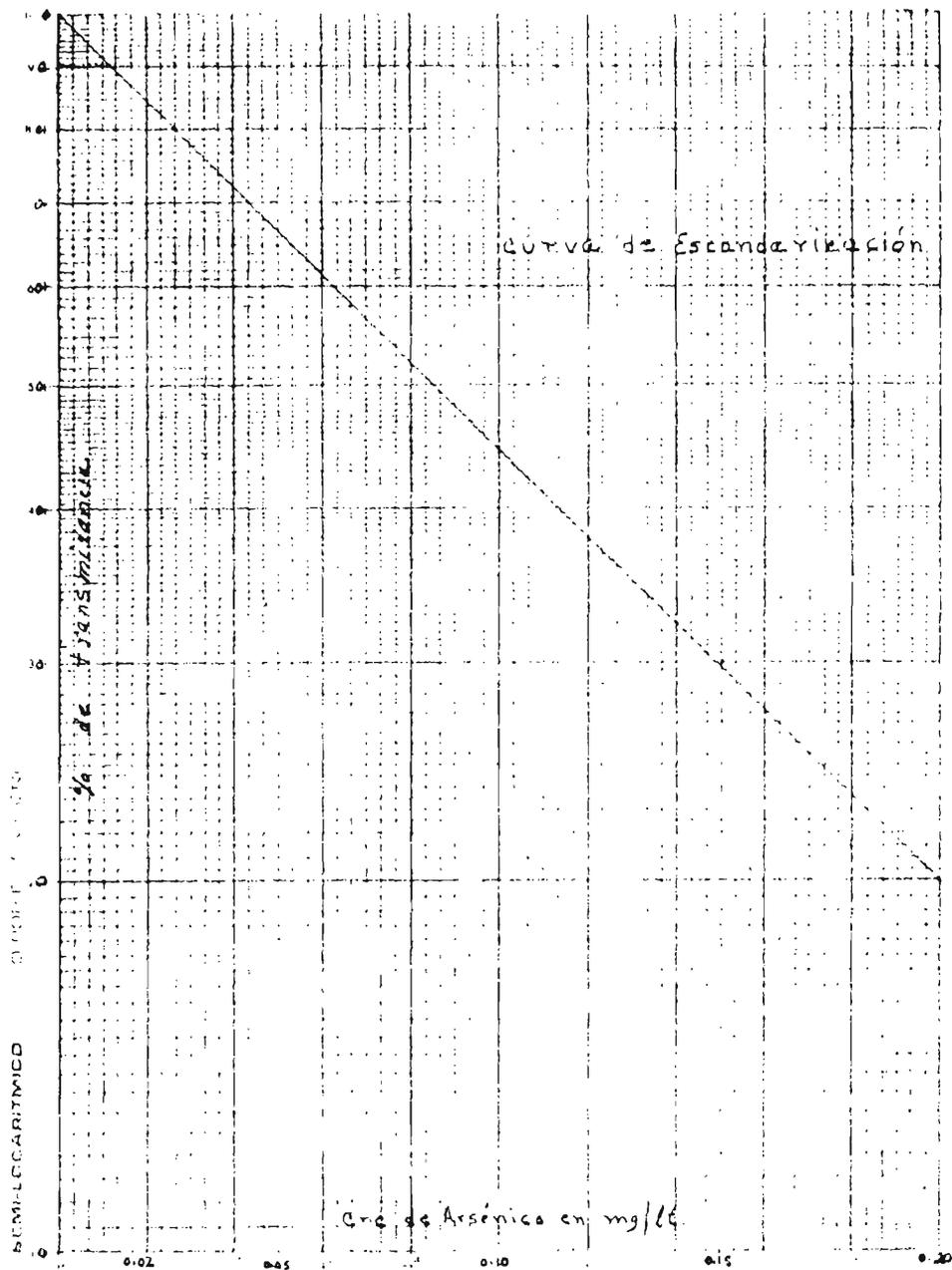
TABLA No. 1

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE ARSENICO

	Lectura en % de Transmitancia	Concentración en mg/lit
POZOS DE MANTO FREATICO		
Canal de La Presa	94	0.040
Agua Filtrada (filtros)	95	0.035
Agua Clorada (filtros)	95	0.035
Jardín de San Francisco	95	0.035
Jardín Colón	93	0.045
Jardín de San Miguelito	92	0.060
Jardín Juan H. Sánchez	97	0.020
Alameda (Norte)	96	0.025
Alameda (Sur)	93	0.045
Rubén Darío No. 285 Col. del Valle (casa particular)	95	0.035
POZOS DE MANTO PROFUNDO		
Av. Granjas y Retornòs	95	0.035
Alameda	97	0.020
Nicoténcatl	95	0.035
Pozo No. 7	96	0.025
Pozo No. 3	95	0.035
Av. México	96	0.025
Vallejo Esq. Espinosa y Cuevas	95	0.035
Mercado República	96	0.025
Pedro Moreno	95	0.035
Av. Damián Carmona	95	0.035
Atlas	94	0.040
Muñoz	93	0.045
Jacarandas	94	0.045
FOVISSSTE	96	0.025
Saucito	94	0.040
Col. Guanos	94	0.040
Jardín de Santiago	93	0.045
Av. Salk (Col. Popular)	95	0.035

CONTINUACION DE LA TABLA No. 1

	Lectura en % de Transmitancia	Concentración en mg/l
Fundadores	95	0.035
San Leonel	93	0.045
Col. Industrial Aviación (Jardín)	90	0.065
INFONAVIT	90	0.065
Col. Reyes	90	0.065
Av. Vasco de Quiroga e Isabel la Católica	90	0.065
Tláloc y Kukulcan	90	0.065
Industrial Minera México (Planta)	96	0.025



D I S C U S I O N

Todas las muestras fueron tomadas por un procedimiento simple igual al que se aplica para los análisis fisicoquímicos del agua. (ver IIIA).

Algunas de las muestras se analizaron en fechas diferentes, como por ejemplo: Agua de la Alameda, Agua Filtrada de la Presa y Agua de los diferentes pozos situados en las colonias y fraccionamientos aledaños a la Col. Industrial Aviación.

Los análisis se realizaron por dos métodos (ver IIIB). Las determinaciones que se hicieron por el método para concentraciones altas dieron resultados negativos, por lo que después se utilizó el método para concentraciones bajas, de donde se obtuvieron los resultados anotados en la tabla No. 1.

Las concentraciones obtenidas varían, entre 0.020 a 0.065 mg/lit, y el límite admitido por la SSA, es de 0.05 mg/lit. Sin embargo, los límites de tolerancia son muy variables en diferentes países, ya que la OMS prescribe como límite máximo 0.20 mg/lit y todas las aguas muestreadas y analizadas, quedan dentro del margen anterior. Haciendo la aclaración que las aguas freáticas, no son destinadas para el consumo humano, porque no se consideran potables. (5).

Las interferencias en la determinación del arsénico por el método realizado, son los fosfatos y la sílice, por lo cual se debe tener cuidado, de no contaminar reactivos y lavar perfectamente bien el material, con ácido nítrico diluido y posteriormente con agua destilada, para eliminar cualquier interferencia y evitar resultados falsos.

C O N C L U S I O N E S

Utilizamos el método rutinario en la toma de muestras, porque no se encontró en los textos consultados, ninguna observación en particular en la toma de muestras.

Los análisis realizados en lapsos de tiempo diferente, no influye en la concentración de arsénico presente, pues los resultados no variaron.

De los métodos utilizados se observó, que el método de determinación para concentraciones bajas de arsénico, es el conveniente en las aguas subterráneas (freáticas y profundas).

De los resultados obtenidos tenemos que; las muestras con mayor contenido de arsénico, proceden de pozos profundos, que se encuentran en áreas perfectamente bien localizadas, corresponden a la zona N.W. del municipio. Además, nos dan una idea de que el agua de suministro con respecto a este elemento son confiables, ya que las cantidades dadas están dentro de los límites permitidos, y las muestras donde obtuvimos una concentración mayor (0.065 mg/lf), consideramos que, probablemente pueda ser de una fuente natural disuelta por la misma agua.

Dado que en el municipio de la capital, se encuentra una de las plantas que ocupa uno de los primeros lugares internacionales en el proceso para la obtención de arsénico, recomendamos que se mantenga una inspección sanitaria frecuente, para detectar a tiempo las variaciones en el contenido de arsénico, para evitar cualquier posible contaminación, y que los pozos que tienen una cantidad alta se vean aumentados en su contenido, lo cual podría dar origen a enfermedades, como el hidroarsenicismo crónico regional endémico, presentado ya en algunas regiones del país.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—BABOR, IBARZ. *Química General Moderna*, Ed. Marín, S. A. España, 1960. p. 643, 644 y 647.
- 2.—BARGALLO, Modesto. *Tratado de Química Inorgánica*, Ed. Porrúa, S. A., México, 1962. p. 532-539.
- 3.—BUZZO, Soria. *Toxicología*, Ed. Libreros Editores, Quinta edición. México, 1960. p. 220-222 y 224-229.
- 4.—CALABRESE, Astolfi. *Toxicología*, Ed. Kapelus, Segunda edición. México, 1972. p. 113, 115 y 118-120.
- 5.—C. I. VILLALOBOS y DIAZ DE LEON E. Trabajo de Investigación, *La Presencia de Nitrógeno de Nitratos en las Aguas Freáticas de San Luis Potosí*, San Luis Potosí, 1965.
- 6.—DONAL F. OTHMER, RAYMOND E. KIRK. *Enciclopedia de Tecnología Química*. Tomo IX. Primera edición, Ed. Hispanoamericana. p. 338 a 360.
- 7.—E. J. Ariéns, P. A. Lehmann y A. M. Semanis. *Introducción a la Toxicología General*, Ed. Diana. México, 1980. p. 118.
- 8.—HARRISON. *Medicina Interna*, Prensa Médica Mexicana. Quinta edición. México, 1962. p. 117.
- 9.—J. RODIER, *L'Analyse Chimique et Physico-Chimique de L'Eau, Eaux Naturelles - Eaux Usées*, Ed. Dunod. París, 1960. p. 269.
- 10.—OROZCO, Fernando D., *Análisis Químico Cuantitativo*, Tercera edición, México 1949. p. 343 y 344.
- 11.—*Reglamento Federal de la Dirección de Ingeniería Sanitaria Sobre Obras de Prevención de Agua Potable*. México, 1960.
- 12.—APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 11 ed., New York, 1960. p. 52 y 62.

- 13.—*Apuntes de Toxicología*. Escuela de Ciencias Químicas. San Luis Potosí. 1981. p. 111-120.
- 14.—*Revista de la Salud Pública de México*. Época V. Vol. VI, Núm. 3. Mayo - Junio. 1964.
- 15.—Martínez Mendoza Ma. de los Angeles. Tesis, *Análisis de las Aguas Residuales en I.Q.M.S.A.* San Luis Potosí, 1981.
- 16.—Mancilla Olivo Patricia Minerva. Tesis, *Breve Estudio del Arsénico y Métodos de Determinación*. San Luis Potosí, 1979.