

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**Estudio Sobre el Agua del Municipio de San  
Miguel de Allende, Gto. - Potabilidad,  
Abastecimiento y Problemas Generales**

**TESIS PROFESIONAL**

**FRANCISCO CARBAJO LARREA**

**MEXICO, D. F.**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

---

**Estudio Sobre el Agua del Municipio de San  
Miguel de Allende, Gto. - Potabilidad,  
Abastecimiento y Problemas Generales**

T E S I S

Que para obtener el Título de  
**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

presenta

**FRANCISCO CARBAJO LARREA**

MEXICO, D. F.

1 9 6 2

*A mis padres y hermanos como  
testimonio de gratitud por su  
comprensión y apoyo.*

*A todos mis familiares.*

*Al Sr. Ing. Pedro J. Caballero, quien con su dirección, y con la colaboración de la señorita Q. F. B. Rosa María Salas y la señora Q. F. B. Rosa Larios de Ongay, hicieron posible la realización de muchos aspectos de este trabajo.*

*A mi Escuela de Química,  
indeleblemente grabada en mí.*

*A todos aquellos que, en una u  
otra forma han contribuido en  
mi educación y en mi trabajo.*

*A quien yo sé.*

## CAPITULOS

- I.—SINOPSIS.
- II.—TECNICAS ANALITICAS.
- III.—OBSERVACIONES EXPERIMENTALES.
- IV.—SISTEMA RECOMENDADO PARA POTABILIZAR  
EL AGUA.
- V.—CONCLUSIONES.
- VI.—BIBLIOGRAFIA.



## CAPITULO I

## SINOPSIS

Obsequiando los deseos del H. Gobierno del Estado que me hizo saber la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en oficio número 1638 de fecha 27 de abril de 1960, me permito someter a la consideración del H. Jurado el presente estudio, atendiendo asimismo el oficio número 8 del día 9 de enero de 1960 que tuve el honor de recibir de la H. Presidencia Municipal, en el que se sirvió indicarme que realizara un estudio del agua de mi ciudad natal para dejarla potable, así como para el abastecimiento y problemas generales y tomando en cuenta la opinión del C. Director del Centro de Higiene con Sanatorio, expresada en su atento oficio de fecha 6 de enero de 1960, en el que se sirve sugerirme el estudio del abastecimiento y tratamiento adecuado del agua para hacerla potable y en mi deseo de cooperar, aunque sea en mínima parte, al mejoramiento y engrandecimiento de San Miguel de Allende, convencido además de la necesidad que tenemos de la potabilización y abastecimiento adecuado del agua, me complace aplicar las valiosas enseñanzas, sabios consejos y atinada orientación de mis maestros y superiores de la Facultad de Química Berzelius, de la Universidad Iberoamericana de México, Distrito Federal, incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México, para desarrollar este trabajo que someto, como antes dije, al criterio y calificación de los respetables miembros que integren este H. Jurado, cuya tesis he denominado "ESTUDIO SOBRE EL AGUA DE SAN MIGUEL DE ALLENDE, GUANAJUATO, POTABILIDAD, ABASTECIMIENTO Y PROBLEMAS GENERALES".

Confiado en la benevolencia del H. Jurado y bajo la protección titular del gran sabio sueco, creador de la Química Orgánica y descubridor del torio, del selenio y del cerio, cuyo apellido es el nombre propio de la Facultad a la que debo mis conocimientos y afectos,

paso por medio de esta sinopsis a tratar en pocas palabras el contenido de cada uno de los capítulos que componen este trabajo.

## II.—TECNICAS ANALITICAS

Las técnicas empleadas para el análisis del agua tanto desde el punto de vista bacteriológico como físico-químico, fueron las que se emplean oficialmente por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en el Departamento del "Laboratorio de agua potable y alcantarillados".

## III.—OBSERVACIONES EXPERIMENTALES

El principal objeto de este capítulo es presentar sugerencias prácticas, resultantes de la experiencia que obtuve al realizar este trabajo, con el fin de alcanzar soluciones adecuadas a los diferentes problemas que existen para poder dejar el agua de San Miguel de Allende en condiciones de ser potable.

Así pues, en este capítulo, como en el V, o sea CONCLUSIONES, describiré una serie de obras y procedimientos que deben llevarse a cabo para satisfacer las necesidades y dejar resueltos los problemas de agua potable en este Municipio.

## IV.—SISTEMA RECOMENDADO PARA POTABILIZAR EL AGUA

Son varios los sistemas que pueden emplearse para potabilizar el agua, entre ellos el más recomendado en este estudio es el de cloración, existiendo asimismo los procesos catalítico, oligodinámico (plata coloidal) y ozonización. Los dos primeros métodos son los empleados más comunmente en toda la República.

El aparato recomendado para dejar el agua completamente potable en nuestro municipio es: un aparato clorador de la marca Fischer y Porter Modelo 70 C1919.

## V.—CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis del agua de San Miguel de Allende, Gto., son particularmente interesantes pues demuestran que,

aunque en su aspecto físico-químico las aguas son de buena calidad, todo el abastecimiento se encuentra muy seriamente contaminado, por consiguiente en este capítulo citaré las obras de primera necesidad que hay que llevar a cabo, así como cálculos y presupuestos de dichas obras, para que una vez realizadas éstas, se pueda instalar el aparato para potabilizar el agua y así dejar resuelto el problema de enfermedades hídricas que en un alto grado están perjudicando la salud pública de mi ciudad natal.

## CAPITULO II

## TECNICAS ANALITICAS

Es sabido que en nuestra República hay ciudades, poblados y rancherías que sufren constantemente epidemias que tienen como principal vehículo el agua, enfermedades que son tan graves como la tifoidea, paratifoidea, disentería tipo Shiga, disenterías amibianas, colibacilosis, etc., catalogadas entre las enfermedades de origen hídrico, pueden evitarse controlando el agua y potabilizándola.

La Dirección de Ingeniería Sanitaria, en su Reglamento Federal Sobre Obras de Promoción de Agua Potable, dice: "Se considera agua potable toda aquella cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud".

Por estas razones la Secretaría de Salubridad y Asistencia ha fijado las cantidades máximas aceptables de las sustancias que puede contener el agua para ser considerada potable.

En la mayoría de los casos, el agua tal y como se encuentra en la naturaleza, no es propia para ser usada en las necesidades de la vida humana, debido a muchos factores de contaminación principalmente, que sufre en el transcurso de su trayectoria, ya sea a través de la superficie de la tierra o en el interior de ésta, o bien por la contaminación de los tubos de cañerías por donde se encauza para su distribución. (1)

Por tal razón hay que someterla a procesos de purificación.

La contaminación que sufre el agua puede ser de origen variado y solamente es investigado por medio de los análisis químico y bacteriológico, tratados desde el punto de vista de la seguridad higiénica y de la potabilidad. (2)

Los análisis sanitarios se dividen en:

- a).—Físicos.
- b).—Químicos.
- c).—Bacteriológicos.

## a) ANALISIS FISICOS

### **Turbiedad:**

Para la determinación de la turbiedad en el agua se pueden aplicar los métodos: de Bujía de Jackson, o el manual de la Escala de Sílice.

### **Color:**

El color de las aguas se determina por comparación visual de la muestra en concentraciones conocidas, de una solución colorida; también puede determinarse por comparación, con discos de cristal de color especial, si se han calibrado propiamente.

### **Sabor:**

El sabor del agua se determina ingiriendo una porción de la muestra y según la sensación de sabor que cause en el paladar del analista se informará como: salada, dulce, agria o amarga.

### **Olor:**

Esta determinación se obtiene llenando un recipiente con la muestra y agitando fuertemente para ver si existe en la muestra un olor especial, que precisamente por la agitación debe ponerse de manifiesto.

Puede considerarse que el agua de buena calidad no tiene olor, en cuyo caso se reportará como inodora.

### **Temperatura:**

Para determinar la temperatura de la muestra, se introduce el bulbo del termómetro en el seno del líquido, ahí se mantiene de 3 a 5 minutos, tiempo necesario para estabilizar la temperatura de la muestra y así se obtiene un dato correcto.

**Conductancia:**

La conductancia específica se usa comunmente para indicar la concentración total de los constituyentes ionizados de un agua natural; está relacionada íntimamente con la suma de aniones y cationes determinados analíticamente y por lo general guarda una porción bastante exacta con los sólidos disueltos.

El aparato empleado para medir la conductancia es el puente de Wheatstone, capaz de leer con una precisión mayor del 1%.

**pH:**

El pH es el logaritmo de la recíproca de la concentración del ión hidrógeno, o, con mayor precisión, de la actividad del ión hidrógeno, expresado en moles por litro.

Para esta determinación se emplea cualquier potenciómetro, calibrado previamente con solución reguladora. La escala práctica del pH comprende, del cero (muy ácido), al 14 (muy alcalino), con el valor medio de pH 7 que corresponde a la neutralidad exacta a 25°C. (3)

**b) ANALISIS QUIMICO**

El análisis químico del agua comprende las siguientes determinaciones:

Alcalinidad	Nitratos
Dureza Total	Nitritos
Dureza de Calcio	Fierro
Dureza de Magnesio	Manganeso
Sulfatos	Sólidos totales
Cloruros	Materia orgánica
Amoníaco	Fluoruros
Dióxido de Carbono	Sílice (4)



### Alcalinidad:

Se toman 50 ml de la muestra, se le agregan 3 gotas de anaranjado de metilo (indicador), dando un color amarillo. Se titula en seguida con solución de ácido sulfúrico 0.02 N hasta que tome una coloración rojo canela.

### Cálculos:

$$\text{Alc. T. en mg/l de CaCO}_3 = \frac{\text{ml de ácido 0.02N} \times 1,000}{\text{ml de muestra}}$$

### Dióxido de Carbono:

El contenido total de dióxido de carbono de un agua es la suma del dióxido de carbono libre y el dióxido de carbono, combinado bajo las formas de iones de dicarbonato y de carbonato, determinados nomográficamente, o bien del dióxido de carbono libre y de la alcalinidad de dicarbonato y carbonato, determinados estequiométricamente por titulación.

El contenido total del dióxido de carbono puede calcularse de las concentraciones de dióxido de carbono libre y de la alcalinidad de dicarbonato y carbonato por la aplicación de la siguiente fórmula, en que las alcalinidades están expresadas en Ca CO<sub>3</sub>:

$$\text{mg/l de CO}_2 \text{ total} = \text{mg/l de CO}_2 \text{ libre} + 0.88 (A + B).$$

Siendo: A = mg/l de alcalinidad de dicarbonato.

B = mg/l de alcalinidad de carbonato.

### Cloruros:

Para esta determinación se toman 50 ml de la muestra, se le agregan 3 gotas del indicador cromato de potasio, y se titula gota a gota con nitrato de plata 0.1 N, hasta que aparece una coloración salmón de cromato de plata, que se forma después de que ha reaccionado toda la plata del nitrato con los cloruros para formar dicho cloruro de plata.

**Calculos:**

$$\text{Cloruros} = \frac{\text{ml de Ag NO}_3 \times 1,000}{\text{ml de muestra}}$$

**Dureza Total:**

Se toman 25 ml del agua problema y se les agrega 1 ml de solución de cloruro de amonio, más 1 ml de solución de cianuro de sodio, se agita y se le agrega el indicador negro cromo T, titulándose en seguida con solución valorada de versenato siendo el vire de un color morado, que pasa al azul franco.

Cabe notar que 1 ml de versenato es igual a 1 mg de Ca CO<sub>3</sub>.

**Cálculos:**

$$\text{Duerza en mg/l de Ca CO}_3 = \frac{\text{ml de versenato} \times 1,000}{\text{ml de muestra}}$$

**Fierro:**

Para esta determinación se toma una porción de la muestra en un matraz, se le agregan 4 ml de solución de tripiridil, más 2 ml de solución de sulfito de sodio, asimismo, unos 2 ml de ácido clorhídrico 5 N, se agita y se deja reposar durante 20 minutos. Al cabo de este tiempo se verá si hubo formación de un color rosa, indicando en este caso, un resultado positivo, la falta de coloración nos indica la ausencia de fierro en el agua analizada.

En el caso positivo se pasa el líquido rosado a un tubo de Nessler, con el objeto de hacer una comparación o medición fotoeléctrica, que nos indicará la trasmisión o transmitancia, esta lectura se hace en un foto-colorímetro, se lleva este dato o lectura a las curvas de calibración para que nos indique la cantidad de fierro que contiene el agua en estudio.

**Fluoruros:**

El método empleado más comúnmente para la determinación de fluoruros en el agua es el de Scott-Sanchis, que consiste en po-

ner 100 ml del agua problema en un matraz, se le agregan 5 ml de reactivo zirconio-alizarina, se agita y se deja reposar de 12 a 24 horas, al cabo de este tiempo se verá si se formó alguna coloración, si dicha coloración es de tono rosa nos indica que el agua analizada no contiene fluor, pero si la coloración es amarillo verdosa, entonces sí existen en el agua fluoruros, en este caso, se pasa el problema a un tubo de Nessler, con el objeto de hacer la lectura en el fotocolorímetro, el resultado de dicha lectura se lleva a la curva de calibración para fluoruros, dándonos en dicha curva la cantidad en partes, por millón, de fluoruros en el agua problema.

### Dureza de Calcio:

Para determinar el calcio en el agua debe tenerse cuidado, ya que esta dureza con la dureza de magnesio nos indican si un agua es "blanda o dura".

Para hacer la determinación, se toman 25 ml del agua en estudio y se alcaliniza con 1 ml de sosa 2 N, se le agrega el indicador sólido de murexida, tomando de inmediato un color rosa, se titula con solución valorada de versenato, teniendo en cuenta que 1 ml de versenato es igual a 1 mg de  $\text{CaCO}_3$ , el vire es del rosa al violeta.

### Cálculo:

$$\frac{\text{ml de versenato} \times 1,000}{\text{Parte Alícuota}} = \text{Dureza de calcio.}$$

### Magnesio:

A 50 ml de la muestra se le agrega 1 ml de una solución de 2.78 g de  $\text{CaCl}_2$  equivalente a 3.085 de la  $\text{CaCO}_3$  por litro para acelerar la precipitación del calcio, un mililitro de solución reguladora y 5 ml de solución saturada de oxalato de sodio, dejándose reaccionar, durante 5 minutos y agitándose ocasionalmente. La titulación se efectúa en la misma forma que para la dureza total.

**Cálculos:**

Dureza total menos dureza de calcio es igual a la dureza de magnesio.

**Manganeso:**

Para determinar este elemento en el agua se toman 100 ml de ésta, en un matraz, agregando en seguida 5 ml de reactivo especial para manganeso, compuesto de sulfato mercúrico más ácido nítrico y ácido fosfórico, así como nitrato de plata. En seguida se calienta hasta ebullición durante 5 minutos, después se deja enfriar un poco para agregar en seguida 1 g de persulfato de amonio, se vuelve a calentar durante 2 minutos, si existe manganeso en el agua problema, aparecerá de inmediato el color rojo oscuro del permanganato y en caso de no existir dicho elemento en el agua, permanecerá incolora.

En el primer caso se hace una comparación fotométricamente, con patrones que contengan de 0 a 15 mg de manganeso, el resultado se dará según la cifra dada en la lectura.

**Nitrógeno Amoniacal:**

Método de nesslerización directa.—Con muestras que tienen un alto grado de amoníaco, éstas se nesslerizan directamente, se usa un pretratamiento con sulfato de zinc y álcali, para precipitar calcio, magnesio, fierro y sulfuro, que pueden producir turbiedad con el reactivo; el precipitado elimina los sólidos suspendidos y algunas veces las substancias colorantes.

Procedimiento.—Se toman 50 ml de la muestra, o una porción alícuota diluida a 50 ml con agua libre de amoníaco, se agregan 1 ó 2 gotas de solución de sal de la Rochelle y 1 ml del reactivo de Nessler, se compara el color desarrollado, fotométricamente, en caso positivo dará un color amarillo y en caso negativo será incoloro.

En el primer caso la lectura en el disco del fotocolorímetro nos dará directamente la cantidad de nitrógeno amoniacal.

**Sólidos totales:**

Se toman 50 ml de la muestra de agua, se colocan en una cápsula de porcelana tarada y se lleva a evaporar a sequedad en una estufa, a una temperatura de 100 a 110°C, después se enfría en un desecador, y se pesa.

**Cálculos:**

Sólidos totales en partes por millón:

Peso de los sólidos en 50 ml expresados en miligramos multiplicados por 20.

**Nitratos:**

Para la determinación de los nitratos, se puede utilizar el residuo que quedó en la cápsula en que se determinaron los sólidos totales.

A tal residuo se le agregan 2 ml de solución ácido fenol di-sulfónico, poniéndose un papel tornasol a la cápsula con el objeto de neutralizar el problema, con solución de sosa, después se agrega agua destilada, dejándola escurrir por las paredes de la cápsula, con el objeto de lavar y resbalar todo el residuo. Al adicionar el reactivo se formó un color amarillo, así que esta porción de líquido se lleva o pasa a un tubo de Nessler, se afora con agua destilada y se hace la comparación en el fotocolorímetro poniendo a éste el disco especial de calibrado de nitrógeno a nitrato, dando la lectura directamente la cantidad de nitratos, del agua problema.

**Nitritos:**

La determinación se hace tomando 50 ml del líquido problema, adicionándole 1 ml de solución de ácido sulfanílico y asimismo 1 ml de acetato de sodio, se deja reposar de 3 a 10 minutos, transcurrido este tiempo se le agrega 1 ml de solución de  $\alpha$ -naftil-amina, dejándose nuevamente reposar durante 30 minutos, transcurso en el cual se va formando un color rosado violeta, según la mayor o menor

cantidad de nitritos existentes. Se pasa en seguida a un tubo de Nessler con el objeto de hacer la lectura en el fotocolorímetro, colocando en éste el disco especial que tiene la anotación de nitrógeno a nitritos, se lee la cifra y se informa directamente. (4)

### **Materia orgánica:**

La materia orgánica tiene carácter reductor y su límite máximo de tolerancia en el agua potable es de 3 miligramos por litro expresado en oxígeno; para su determinación ya sea en medio ácido o alcalino, se utiliza una solución de permanganato de potasio.

La materia orgánica o materia reductora recibe este nombre por la propiedad que tiene de reducir al  $\text{KMnO}_4$ . Algunos autores utilizan la solución titulante de  $\text{KMnO}_4$  centésimo normal o cuarentavo normal, pero es más conveniente para facilitar los cálculos utilizar ochentavo normal; se requiere además una solución ochentavo normal de ácido oxálico y ácido sulfúrico 1:3. La solución ochentavo N de  $\text{KMnO}_4$  fácilmente se prepara diluyendo 25 ml de solución  $\text{KMnO}_4$  0.1 N que es la que comúnmente hay en el laboratorio, diluyendo con 25 ml de agua destilada previamente hervida y enfriada; después se procede a titularla para conocer exactamente su valor; esta solución debe prepararse con anticipación para que se estabilice reduciéndose la posible materia orgánica que tuviera el agua con que se hizo la dilución.

Para hacer la titulación de materia orgánica o reductora en la muestra de agua es necesario lavar previamente el matraz en que se va a realizar la operación; poner en el matraz unos 50 ml de agua destilada; 5 ml de sulfúrico diluido al tercio y una solución de  $\text{KMnO}_4$  1/80 N, llevar todo esto a ebullición durante 10 minutos contados a partir del momento en que se inicia la ebullición; si después de este tiempo aún está colorida la mezcla, añadir gota a gota solución de ácido oxálico hasta decoloración y luego agregar nuevamente  $\text{KMnO}_4$  hasta aparición de un tinte ligeramente rosa, en este momento se considera que se ha alcanzado el punto neutro en el cual no hay presencia de materia orgánica en el recipiente y entonces se pueden hacer 2 cosas: titular la solución de  $\text{KMnO}_4$  1/80 N con el ácido oxálico 1/80 N previamente titulado o bien

proceder a la titulación de la materia orgánica del agua en estudio.

En el primer caso, una vez que al lavar el matraz se ha llegado al punto neutro se agregan 10 ml del ácido oxálico con bureta y añadir poco a poco también con bureta la solución de  $\text{KMnO}_4$  hasta obtener el tinte rosado conocido, el número de ml empleados en esta solución serán equivalentes a los 10 de oxalato, de ahí se puede deducir el factor de la solución.

Si se desea titular la materia orgánica del agua en estudio, cuando al lavar el matraz de que se ha hablado se llega al punto neutro se tira el líquido, se sacude el matraz, colocando la bureta sobre 100 ml del agua en estudio, a continuación se adicionan 5 ml de ácido sulfúrico diluído a 1/3 y se calienta contando 10 minutos exactamente desde el principio de la solución y al final de este tiempo se añaden, medidos con bureta, 10 ml de ácido oxálico 1/80 N, a continuación se retitula con el  $\text{KMnO}_4$ , 1/80 N y el número de ml de  $\text{KMnO}_4$  utilizados en esta última vez dará directamente el número de miligramos de  $\text{O}_2$  que cedía el  $\text{KMnO}_4$ , para neutralizar la materia reductora existente en un litro del agua en estudio.

El  $\text{KMnO}_4$ , 1/80 N equivale a tener una solución de 1 x 1,000 de  $\text{O}_2$ , ya que una solución de  $\text{O}_2$  contendría 8 g por litro y en consecuencia la 1/80 N tendrá 8/80, o lo que es lo mismo, 0.1 g de  $\text{O}_2$  por litro, es decir, en 1 ml habría 0.1 miligramos de  $\text{O}_2$  como la titulación se ha realizado sobre 100 ml de muestra y para expresar el resultado deberá darse en miligramos por ciento, por lo que habrá que multiplicar por 10 este equivalente a tomar en cuenta directamente en número de ml de  $\text{KMnO}_4$ , 1/80 N como miligramos de  $\text{O}_2$  por litro.

La cantidad máxima de materia reductora tolerable en un agua potable es de 3 miligramos por litro, la determinación anterior se hizo en medio ácido para hacerla en medio alcalino, como en el caso anterior se toman 100 ml de agua problema, se le agregan 10 ml de  $\text{KMnO}_4$ , 1/80 N y en lugar de poner ácido sulfúrico se agregan unas gotas de solución de KOH diluída a 1:3, hervir durante 10 minutos contados desde el principio de la ebullición, retirar del calor y una vez fría la mezcla agregar 5 ml de solución de ácido sulfúrico

diluido 1:3, calentar hasta 80°C, agregar 10 ml del oxálico 1/80 N y retitular con el  $\text{KMnO}_4$ , 1/80 N. (5)

#### Sílice:

Para determinar el sílice en el agua se toman 100 ml de ésta y se les agrega 1 ml de solución de hidróxido de amonio 5 N, más 2 ml de solución de cloruro de calcio 2 N, se deja en reposo de 1 a 2 horas, terminado este tiempo se verá la formación de un precipitado, en seguida se filtra y se le agrega al filtrado 2 ml de solución molibdato de amonio más 1 ml de ácido clorhídrico 6 N.

Se forma de inmediato un color amarillo, al reaccionar estos reactivos formando el silicomolibdato, que es de color amarillo.

Se pasa a tubo de Nessler y se hace la comparación fotoeléctrica, con el disco calibrado especial para el sílice, dicho disco nos da directamente la cantidad de sílice en la muestra analizada.

#### Sulfatos:

Se ponen 25 ml de la muestra, se les agregan 25 ml de alcohol etílico y 0.5 g de indicador sólido de (T.H.Q.) tetrahidroquinona formándose un color amarillo. Se titula con solución valorada de cloruro de bario 0.025 N hasta el cambio de color amarillo naranja.

#### Cálculos: (4)

$$\text{ml/l SO}_4 = \frac{\text{ml de Ba Cl}_2 \times 1,200}{\text{ml de muestra}}$$

### C) EXAMEN BACTERIOLOGICO

#### NORMAS PARA QUE EL AGUA SEA POTABLE

Las normas de agua potable de la S. S. A. han sido aceptadas en forma general como normas para los abastecimientos públicos de agua. Para el muestreo, o sea el examen bacteriológico del agua, se



hace en muestras recogidas en puntos representativos a través del sistema de distribución. Las muestras y la localización de los puntos del muestreo en el sistema de distribución deben concluir o determinar aproximadamente la calidad bacteriológica del abastecimiento de agua.

El número total de muestras en el agua de San Miguel de Allende fue de 4, obteniéndose en todas estas veces más o menos los mismos resultados. La distribución de los puntos de muestreo fue como se indica en el mapa adjunto, en el centro y orillas de la población, hasta donde existe actualmente la red de distribución, dichas muestras se tomaron directamente de los grifos conectados a la red.

El número mínimo mensual de muestras que se toma en todo el sistema deberá ser en relación con el número de habitantes, así tenemos que:

Número de Habitantes	Número Mínimo Mensual de Muestras
2,500 o menos .....	1
10,000 .....	7
25,000 .....	25
1.000,000 .....	300
2.000,000 .....	390
5.000,000 .....	500 - D. F. (1)

## PREPARACION DE LOS MEDIOS DE CULTIVO

### AJUSTE DE LA REACCION

La reacción de los medios de cultivo debe indicarse en términos de la concentración del ión hidrógeno expresada en valores del pH.

El aumento de la concentración del ión hidrógeno (abatimiento del pH), durante la esterilización, varía ligeramente con el esterilizador individual en uso, debiendo determinarse la reacción inicial necesaria para obtener correctamente la reacción final. El abatimiento en la lectura del pH oscila por lo general, entre 0.2 y 0.4.

**Método Electrométrico:** De preferencia, las pruebas para el control del ajuste a la concentración al ión hidrógeno especificada, debe verificarse con un potenciómetro.

**Método Colorimétrico:** Este método se basa en la aplicación de un indicador, cuyo color en solución es característico del valor del pH de la solución.

La esterilización de todos los medios, excepto los caldos con azúcares, debe efectuarse en autoclave a 121°C por un periodo de 15 minutos después de haber alcanzado la temperatura de 121°C. Después de la esterilización, al anularse la presión, los medios deben retirarse inmediatamente del autoclave y enfriarse lo más pronto posible con el fin de evitar la descomposición de los azúcares.

Los medios necesarios que hay que preparar son los siguientes: 1o.—Caldos nutritivos, 2o.—Caldos lactosados, 3o.—Agar-extracto de carne glucosa-triptona, 4o.—Medio de Endo, 5o.—Agar-eosina-azul de Metileno, 6o.—Caldos lactosados con bilis y verde brillante, 7o.—Caldos de tripsona-Lauril. Todos los medios de cultivo pueden almacenarse en cualquier recipiente limpio y seco, en que pueda evitarse la evaporación excesiva y el peligro de contaminación. (6)

## FORMULAS Y PREPARACION DE MEDIOS DE CULTIVO USADOS EN BACTERIOLOGIA

### A. Caldo Lactosado.

#### a) Composición Básica:

Extracto de carne .....	3 g
Peptona .....	5 g
Lactosa .....	5 g

b) **Preparación y concentración:** La concentración del caldo lactosado depende de la cantidad de muestra de agua que se inocule en cada tubo y del volumen que se disponga del medio. Se recomienda que se apliquen los datos de la tabla siguiente: (7)

Inóculo, ml	Volumen del medio en el tubo de fermentación	Peso del medio deshidratado "Bacto-Lactose-Broth" por l l de medio.
1	10	13 g
10	10	26 g
10	20	19.5 g
100	50	39 g
100	35	50.1 g
100	20	78 g

c) **Cantidad:** Se seguirá la práctica de emplear aproximadamente 20 ml del medio concentrado (19.5 g por litro) para inóculos de 10 ml de agua y 10 ml del medio normal (13 g por litro) para inóculos de 1 ml de agua.

d) **Uso:** Prueba presuntiva de coliformes.

#### B. Caldo lactosado con bilis y verde brillante (BVB).

a) **Composición por litro:**

Peptona .....	10 g
Lactosa .....	10 g
Bilis de buey .....	20 g
Verde brillante .....	0.0133 g

b) **Preparación:** Se disuelven 40 g del producto deshidratado (Bacto-Brilliant Green Bile 2%) en 1 litro de agua destilada.

c) **Cantidad:** Para cada tubo de fermentación se usan, aproximadamente de 10 a 15 ml del medio líquido.

d) **Uso:** Prueba confirmada.

#### C. Agar Nutritivo.

a) **Composición, por litro:**

Extracto de carne .....	3 g
Peptona .....	5 g
Agar .....	15 g

b) **Preparación:** Se disuelven 23 g del producto deshidratado (Bacto-Nutrient Agar) en 1 litro de agua destilada.

c) **Cantidad:** Para cada caja de Petri se usan, aproximadamente, 10 ml del medio.

d) **Uso:** Cómputo normal de colonias.

**NOTA:** Este medio ha quedado abolido en los nuevos métodos de la A. P. H. A., debiendo usarse el siguiente. Sin embargo, puede seguirse empleando lo que se tenga en existencia.

#### D. Agar-extracto de carne-glucosa-triptona.

##### a) Composición, por litro:

Extracto de carne .....	3 g
Triptona .....	5 g
Glucosa .....	1 g
Agar .....	15 g

b) **Preparación:** Se disuelven 24 g del producto deshidratado (Bacto Triptone Glucose Extract Agar) en 1 litro de agua destilada.

c) **Cantidad:** Para cada caja de Petri se usan, aproximadamente, 10 ml del medio.

d) **Uso:** Cómputo normal de colonias.

#### E. Agua de Dilución.

a) **Solución amortiguadora:** Se disuelven 34.0 g de fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) en 500 ml de agua destilada, se ajusta a un pH de 7.2 con solución de 1 M de NaOH y se diluye a 1 litro con agua destilada.

b) **Preparación del agua de dilución:** Por cada litro de agua destilada se agregan 1.25 ml de solución amortiguadora y se procede a su esterilización en envase colectivo.

#### Medio de Endo:

Preparación del agar básico: A cada litro de agua destilada se agregan 5 g de extracto de carne, 10 g de peptona y 30 g de agar.

Se hierve hasta que se disuelva el agar y se recupera la pérdida en volumen, con agua destilada.

Se ajusta la reacción para que después de la esterilización la lectura del pH sea de 7.4.

Se clarifica si se desea y se agregan 10 g de lactosa por litro.

Se vierte en frascos o matraces, en porciones de 100 ml y se esteriliza en autoclave.

#### **Agar-eosina-azul de metileno:**

A cada litro de agua destilada se agregan 10 g de Bacto-peptona, 2 g de fosfato dipotásico  $K_2HPO_4$  y 20 g de agar.

Se calienta a ebullición, hasta disolución de los ingredientes, no es necesario el ajuste de la reacción.

Se pone en matraces o frascos y se esteriliza en autoclave. (7)

#### **Muestras bacteriológicas:**

Recolección.—Las muestras para análisis bacteriológicos deben recolectarse en frascos que se hayan limpiado con extremo cuidado, enjuagando con agua limpia y esterilizada.

Los frascos que se destinen a la recolección de muestra de agua que contengan cloro residual (aguas tratadas), a no ser que contengan caldo para la siembra directa, deben contener un agente decolorador.

El agente decolorador, tiosulfato de sodio, debe agregarse a los frascos limpios y secos antes de la esterilización, en una cantidad suficiente para dar una concentración aproximada de 100 mg/litro, esto puede lograrse agregando 0.1 ml de solución de tiosulfato de sodio al 10% a cada frasco, se tapan éstos y se esterilizan por calor húmedo.

Cuando se tome la muestra en los frascos debe de tenerse cuidado para evitar contaminaciones del medio ambiente.

Las muestras deben examinarse tan pronto como sea posible después de su recolección, durante el almacenamiento la temperatura deberá mantenerse entre 0 y 10 C debiendo manifestarse en el infor e de análisis cualquier desviación a esos límites de temperatura.

### Pruebas para la presencia de miembros del grupo coliforme:

**Definición:** El grupo coliforme incluye a todos los bacilos aerobios o anaerobios facultativos, gram-negativos, no esporógenos, que fermenten la lactosa con formación de gas dentro de las 48 horas a 35 C.

El grupo coliforme, definido de esta manera equivale al "grupo B Coli"

**Pruebas Normales** —Las pruebas normales para el grupo coliforme pueden ser la prueba presuntiva, la prueba confirmada o la prueba completa, según la definición que se presenta para cada una de ellas, siendo aplicable para pruebas según las circunstancias.

**PRUEBA PRESUNTIVA.**—Para el examen de las aguas pueden usarse caldo lactosado o el caldo de triptosa-lauril.

**PROCEDIMIENTO.**—Se inoculan una serie de tubos de fermentación (tubos primarios de fermentación) con cantidades apropiadas graduadas del agua en observación. La concentración de los ingredientes nutritivos en la mezcla del medio y de la muestra de agua debe satisfacer las necesidades para cada caso.

Las porciones de agua que se usan para inocular los tubos, varían forzosamente en volumen y en número, con el carácter del agua bajo examen, pero, en general, deben ser múltiplos o sub-múltiplos decimales de 1 ml, ensayándose en número múltiple de porciones de cada volumen. Puede usarse el mismo número de porciones de cada volumen o cualquier combinación que, por experiencia, se conoce que conduce a resultados satisfactorios en el examen de agua potable, se ha encontrado que el uso de 5 porciones de 10 ml, 1 de 1 ml y 1 de 0.1 ml dan un índice satisfactorio de la densidad de las bacterias coliformes en las aguas, con el mínimo de trabajo y de consumo de medio.

Los tubos de fermentación se incuban a 35 C examinándose cada tubo al cabo de 24 horas y si en este tiempo no se ha formado gas se volverán a ver a las 48 horas. En cada examen se registra la presencia o la ausencia de gas, sin tomar en cuenta su cantidad.

Para la prueba normal, que se describe, no son necesarios registros más detallados de las cantidades de gas que se forman, aunque pueden ser de utilidad para propósitos de estudio.

**Interpretación:** La formación de gas en el tubo de fermentación dentro de las 48 horas, en cualquier cantidad constituye una prueba presuntiva positiva.

No debe confundirse la aparición de una burbuja de aire con la verdadera producción de gas; si se forma gas como resultado de la fermentación, simultáneamente se enturbia el caldo y puede demostrarse una fermentación activa por la aparición continua de pequeñas burbujas de gas en el medio fuera del tubo de fermentación, cuando se agita suavemente durante la observación.

La ausencia de formación de gas, al cabo de 48 horas de incubación constituye una prueba negativa. Con este límite arbitrario de 48 horas de observación se excluyen, indudablemente, algunos miembros del grupo coliforme que producen gas muy lentamente, pero, para el propósito de la prueba normal, se considera generalmente satisfactoria la exclusión de estos tipos de organismos.

#### PRUEBA CONFIRMADA

Se permite el uso de los medios confirmatorios de caldo lactosado con bilis y verde brillante, en tubos de fermentación o de las placas de Endo o de agar-cosina-azul de metileno.

**Aplicación.**—Deben someterse a la prueba confirmada todos los tubos primarios de fermentación que hayan presentado gas al cabo de 24 ó 48 horas de incubación.

**Aplicación Alternativa.**—En exámenes rutinarios de muestras de fuentes de agua que se ensayen con frecuencia cuando sólo se desea una estimación aproximada de la densidad del grupo coliforme, puede seguirse el siguiente procedimiento alternativo.

Cuando se siembran o inoculan 3 o más porciones múltiples de una serie de 3 o más diluciones decimales de una misma muestra se someten a la prueba confirmada, todos los tubos de las dos diluciones mayores (menos cantidad) de la muestra original que hayan presentado gas al cabo de 24 horas de incubación.

Por ejemplo, si se han sembrado 5 tubos de cada uno de 3 diluciones decimales y se formó gas en todos los tubos, después de 24 horas de incubación deben confirmarse los 5 tubos de mayor dilución (volumen más pequeño) y los 5 tubos de la dilución inter-

media (o volumen intermedio); este caso tuvo que hacerlo en las 13 muestras del agua de San Miguel de Allende, ya que en cada una de las muestras me dio pruebas presuntivas confirmadas.

Otro ejemplo: Si se ha presentado la producción de gas, después de 24 horas de incubación, en uno o más, pero no en los 5 tubos de la mayor dilución (menor volumen), deben someterse a la prueba confirmada todos esos tubos que hayan producido gas, lo mismo que los de la dilución siguiente (volumen intermedio) que también lo hayan producido.

Todos los tubos que producen gas a las 24 horas, aunque no se hayan sometido a la prueba confirmada deben registrarse como conteniendo organismos del grupo coliforme.

Deben someterse a la prueba confirmada todos los tubos de todas las diluciones de la muestra original en los que el gas se produjo solamente después de 48 horas de incubación.

Si se siembran menos de 3 porciones de cualquier dilución o si las series se forman de menos de 3 diluciones decimales, deben someterse a la prueba confirmada todos los tubos que hayan producido gas después de 24 o 48 horas.

#### PROCEDIMIENTO CON EL CALDO LACTOSADO CON BILIS Y VERDE BRILLANTE (B.V.B.)

De un tubo primario de fermentación que contenga gas, se inocula un tubo de fermentación de caldo lactosado con bilis y verde brillante.

Antes de verificar la inoculación, el tubo primario de fermentación debe mezclarse por una agitación cuidadosa, o por rotación, verificando después la inoculación con una asa de no menos de 3 mm de diámetro.

Si se presenta una fermentación activa en el tubo primario antes de las 24 horas, no es necesario esperar ese término, siendo preferible inocular inmediatamente el cultivo del tubo con bilis.

El tubo inoculado de caldo lactosado con bilis y verde brillante se incuba 48 horas a 35 C.



La formación y presencia de gas en cualquier cantidad en el tubo de fermentación B. V. B. en cualquier tiempo dentro de las 48 horas, constituye una prueba confirmada.

### PROCEDIMIENTO CON LAS PLACAS DE AGAR DE ENDO O DE TOSINA-AZUL DE METILENO (E.A.M.)

De cada tubo primario de fermentación positiva se inoculan una o más placas del medio que se hayan seleccionado; es esencial que las placas se siembren en una forma que permita el desarrollo de colonias aisladas, separadas una de otra por unos 5 mm cuando menos. Al inocular las placas debe prestarse atención a los siguientes detalles, para lograr un mejor éxito en las observaciones: a) Emplear una asa ligeramente curva en su extremo. Si solamente la porción curva del asa se pone en contacto con la superficie del agar, no se debe rallar o rasgar la placa.

b) Decantar e inclinar el tubo primario de fermentación para evitar que la aguja tome la nata o membrana.

c) Insertar el extremo del asa en el líquido del tubo, hasta una profundidad aproximada de 5.0 mm.

d) Incubar la placa.—Se incuba la placa (invertida si se tiene cubierta de cristal) a 35 C por 24 horas.

Resultados: En las placas de agar de endo o de E. A. M. se desarrollan 3 tipos de colonias: 1) Las típicas nucleadas, con o sin lustre metálico; 2) Atípicas opacas, anucleadas después de 24 horas de incubación, de color rosa, y 3) Todas las restantes negativas.

Si en la placa se han desarrollado colonias coliformes típicas, dentro del período de incubación de 24 horas, los resultados de la prueba confirmada se consideran como positivos.

Si dentro del período de 24 horas sólo se han formado colonias atípicas, no puede considerarse que los resultados sean definitivamente negativos, pues varios organismos coliformes son incapaces de formar colonias típicas en el Endo o en el E.A.M. o se desarrollan muy lentamente. En tales ocasiones siempre es necesario efectuar la prueba completa.

Si dentro de las 24 horas de incubación sólo se desarrollan colonias negativas, los resultados de la prueba confirmada deben considerarse como negativas.

### PRUEBA COMPLETA

La prueba completa es el paso siguiente a la prueba confirmada, aplicándose, bien sea a los tubos de fermentación positivos de B. V. B. o a las colonias típicas o atípicas de las placas sólidas de Endo o de E. A. M. usadas como medios diferenciales en la prueba confirmada.

Procedimiento: Tubos de fermentación B. V. B. Si se usaran tubos B. V. B. para la prueba confirmada, se inoculan una o más placas de Endo o de E. A. M. de cada tubo positivo de B. V. B. Tan pronto como sea posible después de la aparición de gas se incuban las placas a 35°C durante 24 horas.

Identificación.—De cada una de las placas que se usan en la prueba confirmada o de aquellas que se obtengan de los tubos de fermentación de B. V. B. se toman una o más colonias coliformes típicas, si no se presentan tales colonias típicas se toman dos o más de aquellas colonias que con mayor probabilidad provenga de organismos del grupo coliforme, inoculándose con unas u otras en tubo de fermentación de caldo lactosado y en tubo de agar inclinado.

Se recomienda el uso de contador de colonias, para lograr el mejor aumento posible, que auxilie a la selección de las colonias en los medios selectivos.

Al tomar las colonias debe tenerse cuidado de escoger, si es posible, aquellas que se encuentren bien aisladas, tocándolas apenas con el asa, para reducir en esta forma el riesgo de inocular colonias mixtas.

Los tubos secundarios de fermentación con caldo lactosado, así inoculados, deben incubarse a 35 C hasta que se observe la formación de gas, no excediendo de 48 horas. Los tubos deben inspeccionarse al cabo de 24 horas para determinar la producción de gas en ese período de incubación.

Los tubos de agar inclinados, deben, asimismo, incubarse a 35°C dentro de 24 a 48 horas preparando Tinciones-Gram, para examen microscópico de cada uno de los que corresponden a los tubos secundarios de caldo lactosado que haya producido gas.

Resultados.—La formación de gas en caldo lactosado y la demostración de bacilos no esporógenos, Gram-negativos, en el cultivo en agar deben considerarse como una prueba completa satisfactoria, demostrando la presencia de un miembro del grupo coliforme en el volumen de agua examinada.

La ausencia de gas en el caldo lactosado o el fracaso en la demostración de bacilos no esporógenos, Gram-negativos, a partir de un cultivo que haya producido gas, constituye una prueba negativa.

Cuando se identifican organismos esporógenos, debe continuarse el estudio del cultivo para decidir sobre la posible presencia de bacterias del grupo coliforme, asociadas con organismos esporógenos. Este estudio puede verificarse inoculando con el cultivo, tubos de fermentación con caldo formiato-ricinoleato e incubado a 35°C por 48 horas.

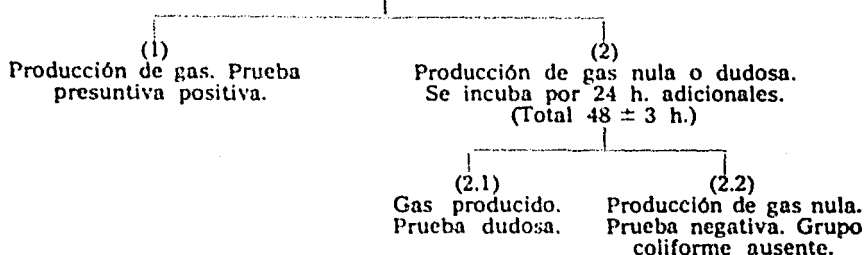
Si no se produce gas, puede considerarse que solamente se encuentran presentes organismos esporógenos fermentadores de la lactosa. Si se produce gas en el caldo de formiato-ricinoleato, debe comprobarse la posible presencia de organismos del grupo coliforme, por resiembra a placa de agar y a continuación, a tubos de fermentación de caldo lactosado y a tubos de agar inclinados. Si al cabo de 48 horas se ha producido gas en los primeros y no se demuestran esporas en los segundos, puede considerarse que se ha completado la prueba y se ha demostrado la presencia de organismos coliformes.

Los cuadros siguientes A, B y C son los pasos condensados que hay que hacer o llevar a cabo, para determinar cualquiera de las 3 pruebas, en todo análisis bacteriológico de agua. (S)

## SECUELAS ESQUEMATICAS DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVA, CONFIRMADA Y COMPLETA

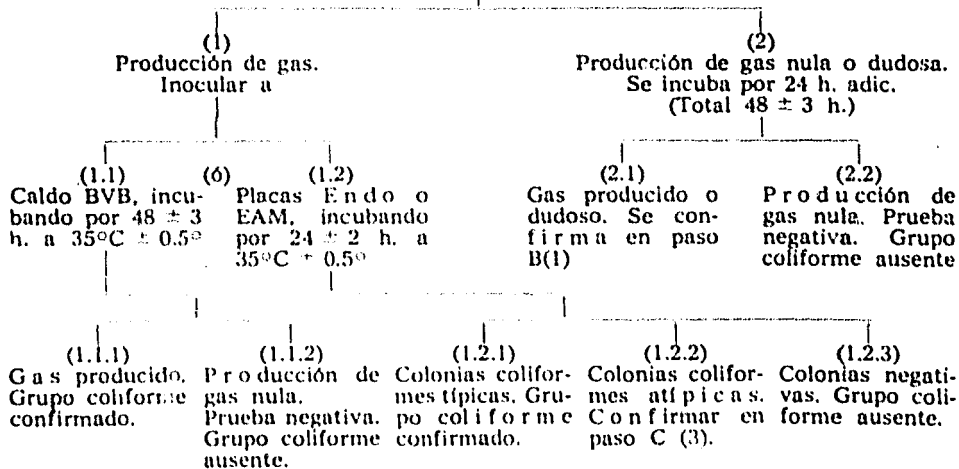
### A.—Prueba presuntiva

Se inoculan tubos de fermentación de caldo lactosado o de lauril-triptosa y se incuban a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  por  $24 \pm 2$  h.



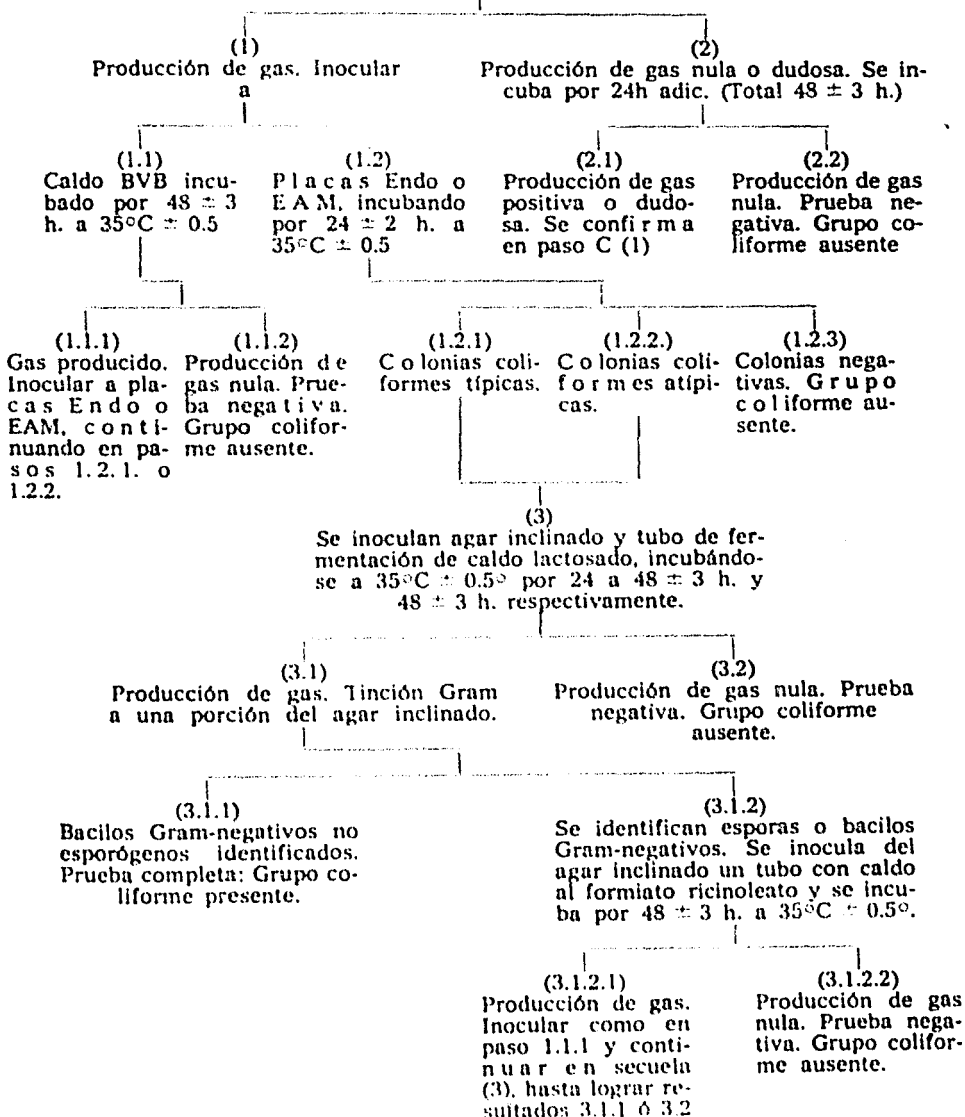
### B.—Prueba confirmada

Se inoculan tubos de fermentación de caldo lactosado o de lauril-triptosa y se incuban a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  por  $24 \pm 2$  h.



### C.—Prueba completa

Se inoculan tubos de fermentación de caldo lactosado o de lauril-triptosa y se incuban a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$  por  $24 \pm 2$  h.



## ESTIMACION DE LA DENSIDAD DEL GRUPO COLIFORME

**CONSIDERACIONES GENEFALES.**—La prueba para definir la presencia y densidad de los organismos del grupo coliforme, se basa en la inoculación primaria, bien sea en caldo lactosado o en caldo triptosa-lauril, en porciones múltiples de una serie de diluciones decimales de la muestra.

El número de porciones que se siembren y el ámbito de las diluciones, dependen del carácter que se presume que tiene el agua en examen, atendiendo asimismo a los resultados de muestras anteriores o la carencia de tales datos.

Cada tubo de fermentación debe contener una cantidad adecuada de medio, a una concentración inicial apropiada de los ingredientes para que, después de la adición de la muestra, la concentración de tales ingredientes en la mezcla sea la especificada en la forma establecida para la preparación de medios.

### AGUAS QUE SE SUPONEN DE CALIDAD POTABLE

Para la inoculación deben seleccionarse volúmenes suficientes de la muestra de agua, con el propósito de que todas, o casi todas las porciones mayores que se siembren lleguen a producir gas y que inversamente no haya producción de gas en todas, o en la mayoría de las porciones menores que se inoculen. Como el valor numérico del contenido bacteriano depende en gran parte de los resultados analíticos de la dilución o de las diluciones intermedias de la muestra, o sea los que se encuentran entre los dos extremos mencionados, deben sembrarse suficiente número de tubos de estas porciones intermedias o críticas.

El número de estas porciones críticas que se inoculen queda regulado por la exactitud que se busque en los resultados (aunque por lo general, tal número no debe ser menor de 5), mientras que el número de las porciones mayores y menores que se inoculan depende de la exactitud deseada de tal estimación.

Como se obtienen mejores inoculaciones de densidades bacterianas elevadas, con la siembra de porciones múltiples de la dilu-

ción más elevada pueden inocularse más de 1 y menos de 5 porciones de esa naturaleza.

Por consideraciones prácticas, se limita el volumen a las porciones mayores de 100 ml y aún con porciones de tal volumen, es posible que no se produzca gas en la mayoría de los tubos de fermentación. (8)

#### AGUAS QUE DEBEN SATISFACER LAS NORMAS DE LA S. S. A.

En los exámenes de aguas, con el propósito de demostrar que se ajustan a las Normas de Calidad de la S. S. A. y la Secretaría de R. H., asimismo como del U. S. P. H. S. (de los E. U.), sólo deben usarse los medios que se especifican en las mismas normas, inoculándose un mínimo de 4 tubos de fermentación con el medio seleccionado para la prueba presuntiva, bien sea en porciones de 10 ml o de 100 ml de la muestra, debiendo aplicarse para los exámenes la prueba confirmada o la prueba completa.

Los resultados se registran en términos del número de porciones positivas de cada muestra examinada, pero, para mejores antecedentes, también deben registrarse en términos del número más probable de organismos coliformes presentes. (9)

#### COMPUTOS Y REGISTROS DEL NUMERO MAS PROBABLE

El número de casos positivos de organismos coliformes (sean tales casos presuntivos, confirmados o completos), provenientes de siembras múltiples de diluciones decimales, que se verifiquen según lo establecido anteriormente, debe computarse y registrarse en términos del "número más probable" (NMP). En la tabla adjunta (D) se presentan los resultados del NMP para una cierta variedad de series y de resultados positivos.

Las cantidades que se presentan en los encabezados de cada columna se aplican, específicamente, a aguas depuradas, pero pueden usarse las mismas cifras para calcular el NMP en porciones mayores o menores, procediendo en la forma siguiente: Si en lugar de

una porción de 10, 0.1, .01 ml se usan una combinación de porciones de 100, 10 y 1 ml. El NMP se calcula y registra multiplicando la cifra de la tabla por 0.1.

Si en el otro extremo, se siembran en combinación de porciones de 1.0, 0.1 y 0.01 ml, el NMP se calcula y se registra multiplicando por 10 la cifra correspondiente de la tabla o, si se usan en combinación de porciones de 0.1, 0.01 y 0.001 ml las cifras de la tabla se multiplican por 100.

Cuando se cembran más de 3 diluciones, en series de diluciones decimales, sólo 3 de ellas se toman en cuenta. Para seleccionar las 3 diluciones que deben usarse para determinar el índice del NMP puede tomarse como ejemplo el caso en que se siembren 5 tubos de cada dilución; se busca la mayor dilución en que las 5 porciones hayan dado resultados positivos, sin que haya una dilución menor que haya dado resultados negativos, y se escogen tal dilución y las dos diluciones más altas que le siguen; los resultados correspondientes a esos 3 distintos volúmenes se usan para calcular el NMP.

En los ejemplos siguientes las diluciones de significación están dadas según las concentraciones, abajo de éstas los quebrados que representan; el numerador indica los tubos positivos y el denominador el número total de tubos de siembra.

	1 ml	0.1 ml	0.01 ml	0.001 ml
(a)	5/5	5/5	2/5	0/5
(b)	5/5	4/5	2/5	0/5
(c)	0/5	1/5	0/5	0/5

En el ejemplo (c) anterior deben tomarse las 3 primeras diluciones para recargar los resultados positivos en los correspondientes a la dilución media.

Cuando ocurre un caso como el siguiente, el ejemplo (d) en el cual se presenta un resultado positivo en una dilución mayor de la que debiera seleccionarse, según la regla anterior, debe incluirse este resultado en la dilución anterior para que los resultados puedan leerse como en el ejemplo (c).



	1 ml	0.1 ml	0.01 ml	0.001 ml
(d)	5/5	3/5	1/5	1/5
(c)	5/5	3/5	2/5	0/5

El procedimiento más recomendable para obtener un resultado numérico siempre del NMP de una serie de muestras es expresar los resultados del examen de cada muestra en términos de su NMP y obtener un promedio aritmético de sus valores. (9)

TABLA D.—Tabla del número más probable (NMP) por 100 ml de muestra inoculando 3 tubos

Con cada uno de los volúmenes de muestra de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml

Número de tubos positivos en diluciones			NMP por 100 ml	Número de tubos positivos en diluciones			NMP por 100 ml
10 ml	1 ml	0.1 ml		10 ml	1 ml	0.1 ml	
0	0	0		2	0	0	9.1
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6.1	2	1	1	20
0	1	2	9.2	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6.2	2	2	0	21
0	2	1	9.3	2	2	1	28
0	2	2	12	2	2	2	35
0	2	3	16	2	2	3	42
0	3	0	9.4	2	3	0	29
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53
1	0	0	3.6	3	0	0	23
1	0	1	7.2	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7.3	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29				

	1 ml	0.1 ml	0.01 ml	0.001 ml
(d)	5/5	3/5	1/5	1/5
(c)	5/5	3/5	2/5	0/5

El procedimiento más recomendable para obtener un resultado numérico siempre del NMP de una serie de muestras es expresar los resultados del examen de cada muestra en términos de su NMP y obtener un promedio aritmético de sus valores. (9)

TABLA D.—Tabla del número más probable (NMP) por 100 ml de muestra inoculando 3 tubos

Con cada uno de los volúmenes de muestra de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml

Número de tubos positivos en diluciones			NMP por 100 ml	Número de tubos positivos en diluciones			NMP por 100 ml
10 ml	1 ml	0.1 ml		10 ml	1 ml	0.1 ml	
0	0	0		2	0	0	9.1
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6.1	2	1	1	20
0	1	2	9.2	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6.2	2	2	0	21
0	2	1	3	2	2	1	28
0	2	2		2	2	2	35
0	2	3	6	2	2	3	42
0	3	0	9.4	2	3	0	29
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53
1	0	0	3.6	3	0	0	23
1	0	1	7.2	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7.3	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29				

### **CAPITULO III**

## OBSERVACIONES EXPERIMENTALES

Es necesario principiar este capítulo dando los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos practicados en el agua del Municipio de San Miguel de Allende, Gto., asimismo, mencionar las normas de calidad que debe satisfacer el agua potable, para el consumo humano y en esta forma, podremos comparar los resultados de los análisis que se llevarán a cabo, con tales normas y así, de esta manera, podremos darnos cuenta que aunque el agua desde el punto de vista físico-químico es de muy buena calidad, la red que conduce todo el abastecimiento se encuentra muy seriamente contaminada.

Debo hacer notar que este municipio se abastece de agua de dos fuentes, denominadas "El Chorro" y "Landeta".

La primera es un manantial que nos da 11 l/seg. y la segunda, es un pozo profundo que nos alcanza a dar 50 l/seg.

Se realizaron los análisis a estas dos fuentes y los resultados fueron los siguientes:

## ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

FUENTE: Red de Distribución de Agua Potable del Lado Norte  
 LOCALIDAD: SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.  
 FECHA DE MUESTREO: ENERO 22 DE 1962  
 FECHA DE ANALISIS: ENERO 23 DE 1962

Turbiedad: 0      Color: 0      Temperatura: 26°C  
 Olor: Inodora      pH: 7.4

Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones como CaCO <sub>3</sub>	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas
Sólidos totales	384	500-1000	Alcalinidad F	0	...	Amoníaco, en N	0	0.50
			Alcalinidad total	249	400	Nitritos, en N	0.021	0.05
Silice	25	...	Dureza total	180	300	Nitratos, en N	0.70	5.00
CO <sub>2</sub> libre	19	...	Dureza carbonato	180	...	O consumido, en O	...	3.00
Calcio (Ca)	45	...	COMBINACIONES HIPOTETICAS EN mg POR LITRO					
Magnesio (Mg)	17	125	Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					182
Fierro (Fe)	0.02	0.3	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					100
Manganeso (Mn)	0	...	Na HCO <sub>3</sub>					116
Sodio (Na) calc.	48	...	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					26
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	0	...	Na Cl					23
Bicarbonato - (HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	304	...	ESTABILIDAD DEL AGUA (INDICE DE LANGELIER):					
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	18	250	A 25°C	p Ha 7.8	p Hs 7.7	1 S 0.1		
Cloruro (Cl <sup>-1</sup> )	12	...						
Materia Orgánica	13	3						

RESULTADOS EXPRESADOS EN P. P. M. o mg/l

## ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

**FUENTE:** Red de Distribución de Agua Potable del Lado Sur  
**LOCALIDAD:** SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.  
**FECHA D EMUESTREO:** MARZO 2 DE 1962  
**FECHA DE ANALISIS:** MARZO 3 DE 1962

**Turbiedad:** 0      **Color:** 0      **Temperatura:** 26°C  
**Olor:** Inodora      **pH:** 6.9

Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas
Sólidos totales	380	500-1000	como CaCO <sub>3</sub>					
Sólidos disueltos	...	...	Alcalinidad F	0	...	Amoníaco, en N	0	0.50
Silice	22	...	Alcalinidad total	220	400	Nitritos, en N	0.023	0.05
CO <sub>2</sub> libre	24	...						
Calcio (Ca)	24	...	Dureza total	72	300	Nitratos, en N	0.20	5.00
Magnesio (Mg)	3	125	Dureza carbonato	72	...	O consumido, en O	....	3.00
Hierro (Fe)	0.01	0.3						
Manganeso (Mn)	0	...	COMBINACIONES HIPOTETICAS EN mg POR LITRO					
Sodio (Na) calc.	85	...	Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					97
Materia Orgánica	11.5	3	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					17
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0	...	Na HCO <sub>3</sub>					249
Bicarbonato - (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	268	...	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					30
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	20	...	Na Cl					20
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	12	...	ESTABILIDAD DEL AGUA (INDICE DE LANGELIER):					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	0	...	A 25°C	p Ha 6.9	pHs 7.9	I S 1.0		

RESULTADOS EXPRESADOS EN P. P. M. o mg/l

## ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

FUENTE: MANANTIAL EL CHORRO  
 LOCALIDAD: SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.  
 FECHA DE MUESTREO: 5 DE JUNIO DE 1962  
 FECHA DE ANALISIS: 6 DE JUNIO DE 1962

Turbiedad: 0      Color: 0      Temperatura: 26°C  
 Olor: Inodora      pH: 7.8

Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones como CaCO <sub>3</sub>	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas
Sólidos totales	330	500-1000	Alcalinidad F	0	...	Amoníaco, en N	0	0.50
Sólidos disueltos	...	...	Alcalinidad total	222	400	Nitritos, en N	0.023	0.05
Silice	25	...	Dureza total	160	300	Nitratos, en N	0.70	5.00
Calcio (Ca)	37	...	Dureza carbonato	160	...			
Magnesio (Mg)	16	125						
Hierro (Fe)	0	0.3						
Manganeso (Mn)	0	...						
Sodio (Na) calc.	4½	...						
Materia Orgánica	3	3						
			COMBINACIONES HIPOTETICAS EN mg POR LITRO					
			Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					149
			Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					99
			Na HCO <sub>3</sub>					104
Carbonato (CO <sub>3</sub> )	0	...	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					20
Bicarbonato - (HCO <sub>3</sub> )	271	...	Na Cl					23
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	14	250						
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	14	250						
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	0	...						
			ESTABILIDAD DEL AGUA (INDICE DE LANGELIER):					
			A 25°C	p Ha	7.8	p Hs	7.7	I S 0.1

RESULTADOS EXPRESADOS EN P. P. M. o mg/l

## ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

FUENTE: POZO DE LANDETA  
 LOCALIDAD: SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.  
 FECHA DE MUESTREO: 5 DE JUNIO DE 1962  
 FECHA DE ANALISIS: 6 DE JUNIO DE 1962

Turbiedad: 0      Color: 0      Temperatura: 23°C  
 Olor: Inodora      pH: 7.9

Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas
Sólidos totales	364	500-1000	Alcalinidad F como CaCO <sub>3</sub>	0	...	Amoníaco, en N	0	0.50
			Alcalinidad total	238	400	Nitritos, en N	0.007	0.05
Sílice	25	...	Dureza total	180	300	Nitratos, en N	0.70	5.00
CO <sub>2</sub> libre	...	...	Dureza carbonato	180	...			
Calcio (Ca)	28	...	COMBINACIONES HIPOTETICAS EN mg POR LITRO					
Magnesio (Mg)	26	125	Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					117
Hierro (Fe)	0	0.3	Mg (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					159
Manganeso (Mn)	0	...	Na HCO <sub>3</sub>					97
Sodio (Na) Calc.	48	...	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					41
Materia Orgánica	3.5	3	Na Cl					20
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	0	...	ESTABILIDAD DEL AGUA (INDICE DE LANGELIER):					
Bicarbonato - (HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	290	...	A 25°C	p Ha 7.9	p Hs 7.8	I S 0.1		
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	28	250						
Cloruro (Cl <sup>-1</sup> )	12	...						
Fluoruro (F <sup>-1</sup> )	0	...						

RESULTADOS EXPRESADOS EN P. P. M. o mg/l



RESULTADO DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS  
TOMADAS EN SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.

Fecha de muestreo: 4 de junio de 1962

Fecha de análisis: 5 de junio de 1962

	C O L I M E T R I A				
	Tubos 10 ml	1 ml	POSITIVOS		NMP por 100 ml
			0.1 ml	0.01 ml	
Muestra 1.—Grifo. Agua del pozo de Landeta .....	3/3	0/3	0/3	0/3	23
Muestra 2.—Hidrante Calle San Francisco No. 3 .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 3.—Llave casa Calle San Francisco 50 .....	3/3	2/3	1/3	0/3	150
Muestra 4.—Hidrante Calles Tecolote y Núñez .....	3/3	2/3	0/3	1/3	93
Muestra 5.—Hidrante en Mercado I. Ramírez .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 6.—Hidrante en el Jardín "Zaragoza" .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 7.—Hidrante calles Reloj y Palmar .....	3/3	0/3	0/3	1/3	39
Muestra 8.—Hidrante calles Hidalgo y Portón .....	3/3	1/3	0/3	0/3	43
Muestra 9.—Hidrante calles Hernández Macías e Insurgentes ..	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 10.—Llave casa Portal Allende No. 6 .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 11.—Llave casa calle Macías No. 114 .....	3/3	2/3	1/3	0/3	150
Muestra 12.—Llave casa calle Ancha San Antonio .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 13.—Manantial El Chorro .....	3/3	0/3	0/3	0/3	23

RESULTADO DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS  
TOMADAS EN SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.

Fecha de muestreo: octubre 16 de 1961  
Fecha de análisis: octubre 17 de 1961

	C O L I M E T R I A				
	Tubos 10 ml	1 ml	0.1 ml	0.01 ml	NMP por 100 ml
Muestra de Tanques de almacenamiento de agua del Manantial El Chorro					
Tanque No. 1	3/3	1/3	2/3	0/3	120
Tanque No. 2	3/3	2/3	0/3	0/3	93
Tanque No. 3	3/3	1/3	3/3	0/3	160
Tanque No. 4	3/3	2/3	1/3	2/3	210
Tanque No. 5	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Tanque No. 6	3/3	2/3	1/3	0/3	150
Tanque No. 7	3/3	3/3	0/3	1/3	460

RESULTADO DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS  
TOMADAS EN SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.

Fecha de muestreo: febrero 12 de 1962

Fecha de análisis: febrero 13 de 1962

	C O L I M E T R I A				
	Tubos 10 ml	1 ml	0.1 ml	0.01 ml	NMP por 100 ml
Muestra 1.—Manantial El Chorro	3/3	0/3	0/3	0/3	23
Muestra 2.—Grifo agua del pozo de Landeta .....	3/3	0/3	0/3	0/3	23
Muestra 3.—Hidrante Mercado I. Ramírez .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 4.—Hidrante Calle San Francisco 50 .....	3/3	2/3	1/3	0/3	150
Muestra 5.—Llave casa Portal Allende No. 6 .....	3/3	2/3	0/3	1/3	150
Muestra 6.—Hidrante del Jardín "Zuragoza" .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 7.—Hidrante calle Hidal- go y Portón .....	3/3	0/3	3/3	0/3	95
Muestra 8.—Hidrante calle Her- nández Macías e Insurgentes	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 9.—Hidrante casa San Francisco No. 3 .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 10.—Hidrante calle Te- colote y Núñez .....	3/3	2/3	0/3	1/3	150
Muestra 11.—Llave casa calle Macías No. 114 .....	3/3	1/3	3/3	0/3	160
Muestra 12.—Llave casa calle Ancha S. Antonio .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 13.—Hidrante calle Re- loj y Palmar .....	2/3	3/3	2/3	0/3	44

RESULTADO DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS  
TOMADAS EN SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.

Fecha de muestreo: 2 de mayo de 1962

Fecha de análisis: 3 de mayo de 1962

	C O L I M E T R I A				
	Tubos 10 ml	1 ml	0.1 ml	0.01 ml	NMP por 100 ml
Muestra 1.—Manantial El Chorro	3/3	0/3	0/3	0/3	23
Muestra 2.—Grifo agua del pozo de Landeta .....	3/3	0/3	0/3	0/3	23
Muestra 3.—Hidrante casa San Francisco No. 3 .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 4.—Hidrante calle Reloj y Palmar .....	3/3	0/3	0/3	1/3	39
Muestra 5.—Hidrante calle Tecolote y Núñez .....	3/3	2/3	0/3	1/3	93
Muestra 6.—Llave casa calle Ancha San Antonio .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 7.—Hidrante Mercado I. Ramírez .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 8.—Llave casa calle Macías No. 114 .....	3/3	2/3	1/3	0/3	150
Muestra 9.—Llave casa Portal Allende No. 6 .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 10.—Hidrante calles Her- nández e Insurgentes .....	3/3	3/3	0/3	0/3	240
Muestra 11.—Hidrante del Jar- dín "Zaragoza" .....	3/3	3/3	1/3	0/3	460
Muestra 12.—Hidrante San Fran- cisco No. 50 .....	3/3	2/3	1/3	0/3	150
Muestra 13.—Hidrante calle Hi- dalgo y Portón .....	3/3	1/3	0/3	0/3	43

Los límites de tolerancia que son permitidos oficialmente, para que el agua sea potable son los siguientes: (9)

### ANALISIS FISICO:

Turbiedad máxima: 10 (Escala de Sílice).

Olor: Inodoro.

Sabor: Agradable.

Color máximo: 20 (Escala Platino Cobalto).

pH: de 0.0 a 8.0.

### ANALISIS QUIMICO:

Sólidos totales, de preferencia hasta 500, pero se puede tolerar hasta 1,000.

Alcalinidad total, expresada en  $\text{CaCO}_3$ , hasta 400.

Dureza total, expresada en  $\text{CaCO}_3$ , hasta 300.

Dureza permanente o de no carbonatos: expresada en  $\text{CaCO}_3$  en aguas naturales hasta 150.

Cloruros expresados en Cl hasta: 250.

Sulfatos, expresados en  $\text{SO}_4$ , hasta: 250.

Magnesio, expresado en Mg hasta: 125.

Fluoruros, expresados en F1 hasta: 150.

Nitrógeno (N) amoniacal, hasta: 0.50.

Nitrógeno (N) proteico, hasta: 0.10.

Nitrógeno (N) de nitratos, hasta: 5.00.

Oxígeno (O) consumido en medio ácido, hasta: 3.00.

NOTA: Estas unidades están dadas en miligramos por litro.

Las normas de análisis bacteriológico para que un agua se pueda considerar potable son: el agua potable estará libre de gérmenes patógenos (procedentes de contaminación fecal humana).

Se considerará que una agua está libre de esos gérmenes patógenos cuando la investigación bacteriológica dé como resultado final:

a) Menos de 20 organismos de los grupos coli y coliformes por litro de muestra, definiéndose como organismos de los grupos

coli y coliformes todos los bacilos acrobios o anacrobios facultativos, no esporógenos, Gram negativos, que fermentan el caldo lactosado con formación de gas en 48 horas.

b) Menos de 200 colonias bacterianas por ml de muestra, en la placa de agar incubada a 37°C por 24 horas.

c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógenas o fétidas, en la siembra de un ml de muestra en gelatina incubada a 20°C por 48 horas.

Comparando el resultado de los análisis practicados (repito) en las aguas del Municipio de San Miguel de Allende, con las normas de calidad para que un agua pueda considerarse como buena para el consumo humano; nos damos cuenta que desde el punto de vista físico-químico dichas aguas están dentro del límite de tolerancia.

No sucede lo mismo desde el punto de vista bacteriológico, pues como se puede ver, el agua que llega a las casas o consumidores de toda la ciudad está contaminada de organismos del grupo coli y coliforme, o sea de gérmenes considerados de origen fecal.

Esta contaminación que sufre el agua se debe a las cañerías o tuberías de distribución que ya están muy deterioradas y viejas, además, conociendo la topografía de la ciudad y sabiendo que sus calles son muy angostas, tanto el tubo de agua potable como la tubería del drenaje van paralelos y muy juntos. Entonces es fácil imaginar que tanto los tubos del agua como los tubos del drenaje han sufrido roturas o filtraciones y por consiguiente una grave contaminación.

Así pues, es de inmediata urgencia, a mi modo de ver, tratar el agua por el método que describo en el capítulo IV y revisar, de ser posible, la tubería en las calles donde hay mayor contaminación. En el capítulo V cito los trabajos que deben llevarse a cabo para dejar resuelto tan grave problema que está ocasionando el mal estado del agua que ahora se está tomando como potable, ocasionando, por consiguiente, enfermedades de procedencia hídrica, que en muchos casos (el 20%) ha sido de funestas consecuencias, según datos proporcionados por el Hospital Regional y los Servicios Coordinados en el Estado, así como por las estadísticas de la S. S. A.

Todas estas observaciones se hicieron gracias a la experimentación, así pues, cabe también en este capítulo citar el estudio que se llevó a cabo para satisfacer las necesidades de dar a todo el Municipio el servicio de agua potable.

Por el crecimiento de la ciudad fue insuficiente el agua que abastecía el manantial de "El Chorro", por ello fue necesario perforar un pozo en la parte alta de la ciudad, dicho pozo se llama de Landeta, ya que fue localizado y perforado en el ejido de ese nombre.

Así, con el objeto de aumentar el caudal de agua disponible en la ciudad de San Miguel de Allende, Gto., se llevará el agua del Pozo de Landeta a esta población y se repartirá en las tres zonas en que está dividida la ciudad (alta, media y baja), que para su mejor funcionamiento se han determinado, atendiendo al desnivel topográfico de la ciudad.

El gasto máximo que da este pozo es igual a 50 l por segundo ( $Q = 50$  l/s, siendo  $Q =$  gasto máximo).

Los caudales de que se dispondrá serán: manantial "El Chorro" y "Pozo de Landeta". Con un consumo diario de los dos, igual a 6l l por segundo.

En el capítulo V (Conclusiones), cito las obras que deben de llevarse a cabo, en el municipio, con el fin de dejar resuelto el problema de abastecimiento, la potabilidad y todos los problemas generales, del agua, para poder dejarla en condiciones de ser potable.

## CAPITULO IV



## **SISTEMA RECOMENDADO PARA POTABILIZAR EL AGUA**

Existen varios métodos para dejar el agua en condiciones de ser potable.

Según estudios hechos por la S. R. H. es de recomendarse ampliamente y sobre todo para los municipios, el sistema de cloración, ya que el cloro es uno de los principales germicidas capaces de dejar el agua tratada libre de gérmenes y bacterias, o sea en condiciones de ingerirse sin ocasionar trastornos o enfermedades.

El cloro debe saber emplearse, pues en cantidades mayores a lo normal, puede ser tóxico, más adelante cito las cantidades de este elemento que son indispensables para potabilizar un metro cúbico de agua.

En unas cuantas líneas explico lo que se entiende por cloración.

### **ABASTECIMIENTO DE AGUA DESINFECCION CLORACION**

#### **CLORACION:**

Es el nombre que se da al procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados como los hipocloritos de calcio o de sodio.

Indudablemente es el método de desinfección más generalizado por múltiples ventajas que ofrece: efectivo, económico y de fácil manejo.

En los abastecimientos de agua potable de las grandes ciudades y poblaciones importantes, se emplea el gas cloro, mientras que para abastecimientos medianos o pequeños se utilizan los hipoclo-

## **SISTEMA RECOMENDADO PARA POTABILIZAR EL AGUA**

Existen varios métodos para dejar el agua en condiciones de ser potable.

Según estudios hechos por la S. R. H. es de recomendarse ampliamente y sobre todo para los municipios, el sistema de cloración, ya que el cloro es uno de los principales germicidas capaces de dejar el agua tratada libre de gérmenes y bacterias, o sea en condiciones de ingerirse sin ocasionar trastornos o enfermedades.

El cloro debe saber emplearse, pues en cantidades mayores a lo normal, puede ser tóxico, más adelante cito las cantidades de este elemento que son indispensables para potabilizar un metro cúbico de agua.

En unas cuantas líneas explico lo que se entiende por cloración.

### **ABASTECIMIENTO DE AGUA DESINFECCION CLORACION**

#### **CLORACION:**

Es el nombre que se da al procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados como los hipocloritos de calcio o de sodio.

Indudablemente es el método de desinfección más generalizado por múltiples ventajas que ofrece: efectivo, económico y de fácil manejo.

En los abastecimientos de agua potable de las grandes ciudades y poblaciones importantes, se emplea el gas cloro, mientras que para abastecimientos medianos o pequeños se utilizan los hipoclo-

ritos. El manejo del gas cloro debe estar encomendado exclusivamente a personas entrenadas para ello.

Los hipocloritos se fabrican comercialmente con diferentes concentraciones. Los más convenientes son los que contienen mayor por ciento, en peso, de cloro equivalente. Son poco estables y siempre deben guardarse en envases cerrados y en lugares secos.

Se pueden preparar soluciones diluidas de cloro de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$g = \frac{C \times L}{\% \text{ cloro} \times 10}$$

Donde:

g = gramos de hipoclorito.

C = mg por litro o p.p.m. deseadas.

L = Litros de agua.

Ejemplo: Se desean preparar 100 litros de una solución que tenga 10 p.p.m.

El hipoclorito tiene 35% de cloro. Entonces:

$$g = \frac{10 \times 100}{35 \times 10} = 2.85 \text{ g}$$

Es decir: si ponemos 2.85 g de hipoclorito de 35% de cloro disponible en 100 l de agua, tendremos una solución con 10 p.p.m.

Las soluciones de hipoclorito de calcio o de sodio deben prepararse en tanques separados, donde se han de diluir, sedimentándolas convenientemente.

El líquido claro se vacía en el tanque de almacenamiento o al depósito de alimentación del hipoclorador. El sedimento formado se desecha. Las soluciones deberán prepararse cuando menos cada 4 ó 5 días, porque se alteran. (10)

### Control de cloración:

El cloro generalmente se aplica después de filtrada el agua, para obtener una desinfección adecuada, el cloro debe estar en con-

tacto con ésta, cuando menos 20 minutos. Transcurrido este tiempo el agua se considera potable.

La dosificación correcta se comprobará mediante pruebas bacteriológicas y determinación de cloro residual.

Como regla general, las dosis seguras de cloro residual son de 0.2 a 1.0 p.p.m.

El empleo de cantidades mayores resulta antieconómico y puede ser perjudicial a la salud. (1)

### **Determinación de demanda de cloro y cloro residual:**

La determinación aproximada de la cantidad de cloro que debe agregarse a un volumen determinado de agua (demanda de cloro), necesaria para su desinfección adecuada, puede hacerse por el siguiente método en el medio municipal.

Procedimiento: Prepárese un poco de solución que contenga 1 g l (1 mg por ml) de cloro. Colóquense en hilera 10 botellas iguales, de capacidad conocida y transparentes. Las de refresco chicas con tienen aproximadamente 200 ml. Llénense con el agua por investigar, filtrándola antes si está turbia. Déjese un pequeño espacio para la solución clorada que se añadirá a cada una, en la forma siguiente:

10 gotas a la 1a., 20 a la 2a., 30 a la 3a. y así sucesivamente. Los goteros dan 1 ml por cada 20 gotas. Agítense las botellas suavemente y déjense reposar media hora.

Pasado este tiempo a cada botella se agregan 2 ó 3 cristales de yoduro de potasio y se agita hasta disolverlos. Póngase 4 gotas de ácido acético y un poco de solución de almidón. Agítense nuevamente. Se notará que el agua toma un color azul, cuya intensidad está en relación directa con el cloro que contiene. La botella con coloración azul más tenue, nos indica la demanda de cloro. Esta se calcula de la manera siguiente:

Supongamos que se emplearon botellas de 200 ml y la segunda fue la que presentó la coloración más tenue. En esta se pusieron 20 gotas o sea 1 mililitro de la solución clorada. Como ésta se prepara de manera que cada mililitro contenga 1 miligramo de cloro,

entonces para saber la cantidad que debe agregarse a cada litro de agua, se hace la siguiente proporción: (10)

1 mg de cloro: 200 ml de agua = x; 1000 ml de agua

$$x = \frac{1 \times 1000}{200} = 5 \text{ mg/l}$$

### Control del cloro residual:

Existen en el mercado varias clases de aparatos para determinar la presencia de cloro residual en el agua. Se llaman "comparadores de cloro".

A falta de estos comparadores puede usarse el siguiente método práctico, para determinar si existe o no cloro residual en el agua.

- 1.—En un matraz póngase el agua en la que se trata de determinar el cloro residual.
- 2.—Agréguese 3 cristales de yoduro de potasio, agitando la solución hasta que se disuelvan.
- 3.—Añádanse 5 gotas de ácido acético y agítese.
- 4.—Pónganse unas gotas de solución de almidón.
- 5.—Si aparece un color azul-morado hay cloro residual.

Si no aparece, el agua no tiene cloro residual.

La intensidad del color es proporcional a la cantidad de cloro presente; mientras más intenso es el color azul-morado más cloro tiene el agua.

A continuación describo el aparato clorador necesario e indispensable que, según estudio realizado, viene a resolver la potabilidad del agua en este municipio:

- 1 Aparato clorador marca Fischer y Porter modelo 70C1919, con capacidad máxima de 18 kilogramos de cloro en 24 horas y mínima de 1 kilogramo, para inyectar gas cloro (no solu-

ción) directamente al tanque superficial de almacenamiento de agua. Incluye manómetro indicador de la presión del gas en el cilindro, medidor del flujo tipo rotámetro, interruptor de vacío, válvulas reductora de presión, reguladora de gasto, de alivio y de contrapresión. Viene montado en pedestal de 5 cm de diámetro, está construido de materiales inertes a la acción corrosiva del cloro húmedo o seco e incluye juego completo de juntas y empaques de repuesto, así como 15 m de manguera de hule reforzada de 3 capas y 2 cm de diámetro con válvula aisladora de cilindro, para conectar la descarga de cloro y el cilindro, respectivamente. Necesita para su funcionamiento que la presión en el punto de aplicación no sea mayor a  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ . Está calculado para tratar un gasto de agua de 65 l. l/s.

- 1 Comparador colorimétrico marca Taylor, modelo MIDGET, para determinar cloro residual, con una gama de 0 a 1 ppm.
  - 2 Cilindros vacíos para servicio de cloro líquido, completos con válvula y con una capacidad de 65 kilogramos cada uno.
- 130 Kilogramos de cloro líquido envasados en los cilindros anteriores.
- 1 Difusor de plástico, tipo recto, con conexión para manguera de 2 cm, para inyectar cloro a tanques abiertos.
  - 1 Báscula marca Hércules, con capacidad máxima de 500 kilogramos, plataforma de  $0.45 \times 0.67 \text{ m}$  y carretillas.

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES

Por los resultados de los análisis físico-químicos, que se practicaron a las dos fuentes que abastecen al municipio de San Miguel de Allende, Gto., se observa, que en este aspecto, las aguas son de inmejorable calidad, pues comparando los resultados de sus componentes, se ve que estos existen en cantidades normales, o sea que no rebasan o pasan el límite de tolerancia. En tal virtud saco por conclusión que las aguas, desde el punto de vista físico-químico **son de muy buena calidad.**

Ahora, desde el punto de vista bacteriológico, recurriendo al resultado de los análisis y comparando éstos con las normas de calidad, para que un agua sea potable, podemos decir, que el agua que actualmente abastece a la ciudad está **altamente contaminada**, pues rebasa en un grado muy elevado las normas o límites que son permitidos por la S. S. A. y por la S. R. H.

En conclusión, debe llevarse a cabo una serie de obras en el municipio que son benéficas para los pobladores; para que se eviten tantas enfermedades que actualmente están ocasionando estragos y reducir en esa forma, las defunciones ocasionadas por enfermedades, repito, de origen hídrico.

Todos los datos y estudios hechos para este humilde trabajo fueron realizados por el autor de esta tesis, y con la colaboración muy amplia del H. Ayuntamiento, así como de los maestros de las escuelas que me ayudaron a levantar el censo en toda la ciudad, para darnos cuenta de cuántas casas tenían el servicio de agua, así como la medición de las calles que no tienen red de distribución.

Vayan por estas líneas mi agradecimiento a todas las personas que cooperaron o ayudaron a la realización de este trabajo.

Los trabajos a realizar de urgencia son los siguientes:



1o.—Tratar los tanques de almacenamiento de agua del manantial "El Chorro" con un agente bactericida, asimismo recubrir su interior con material "Duro-Rok" para evitar las filtraciones y más que nada clausurar o cerrar las puertas que dan acceso a dichos tanques. Estos son en número de 7, existe contaminación en ellos, desde que se utilizaron con este fin, pues en este lugar existían unos baños públicos, cuyas albercas son actualmente dichos tanques de almacenamiento.

2o.—Revisar en cuanto sea posible los tramos o secciones de la red general, en donde se encuentra mayor contaminación, pues considero que ha habido una filtración entre los tubos del drenaje y los del agua potable, ya que van paralelos y a poca distancia uno de otro. Por consiguiente, sería indispensable cambiar esas secciones por material nuevo.

3o.—Aumentar o terminar de instalar la tubería en las calles y colonias que carecen del servicio de agua, pues como se ve en el mapa son 47 calles que faltan de dicha red y por consiguiente carecen 1,375 casas del beneficio del agua. En metros lineales, dicha tubería es de 10,324.5 m.

4o.—Es asimismo de primera necesidad, instalar de inmediato el aparato clorador que describo en el Capítulo IV, ya que sin él nunca podremos gozar de los beneficios que reporta el tener agua potable en la ciudad.

5o.—Deberá llevarse a cabo el proyecto siguiente, para abastecer de suficiente agua la ciudad, contando con el nuevo Pozo de Landeta.

Se utilizará el tanque que ya existe en la parte alta de la ciudad, en el lugar llamado "El Atascadero", dicho tanque tiene una capacidad de 1,250 mt<sup>3</sup> o sean 1.250.000 litros, que son suficientes para abastecer la ciudad.

Se ha considerado que a las calles que carecen del servicio se les instale tubería de 7.5 cm y 7 atmósferas de presión, por lo que los cálculos del costo del tubo de esta capacidad serán hechos según la exigencia.

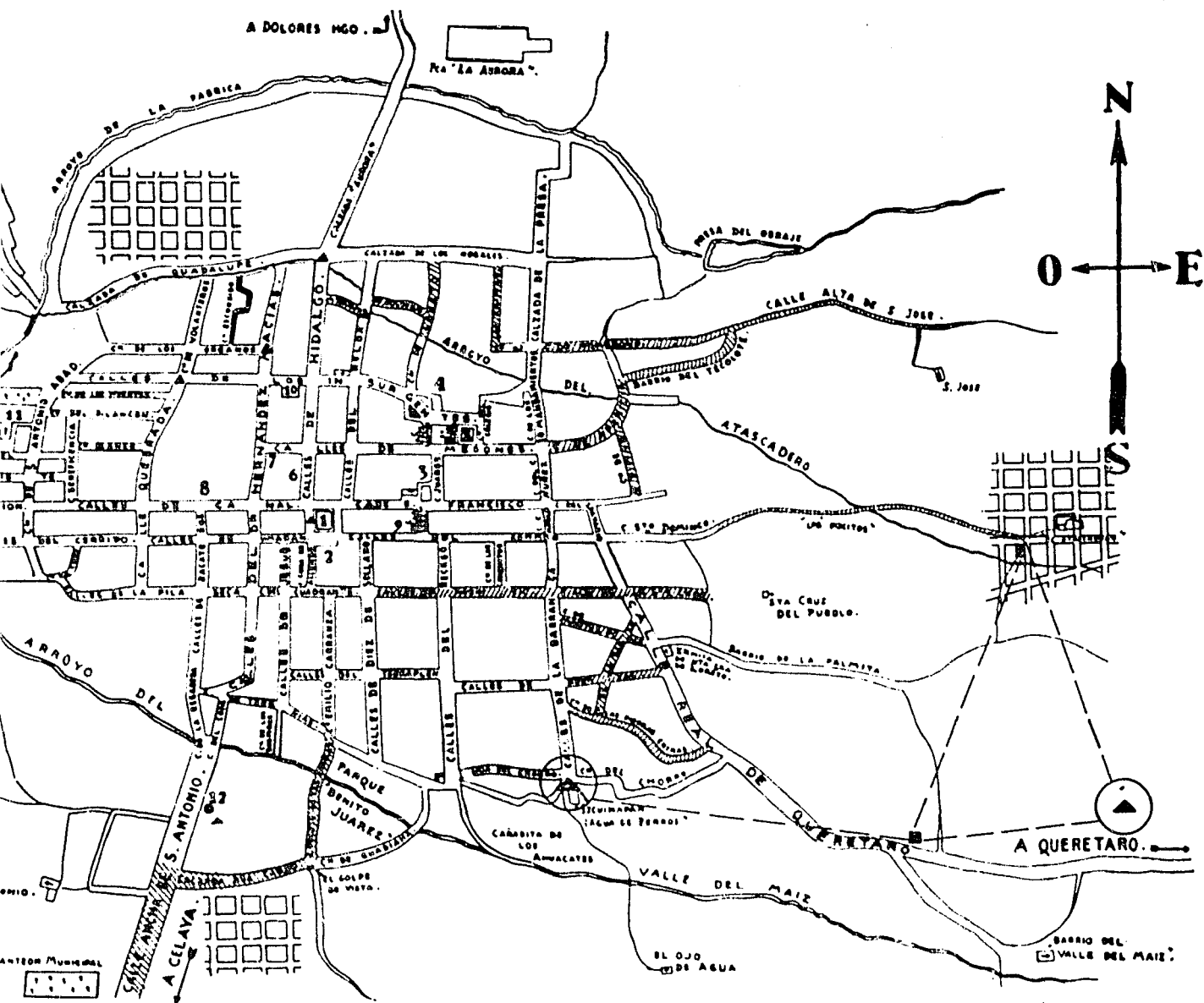
Para conocer la red faltante de agua potable en el Municipio, fue necesario medir las calles que carecen del servicio y arrojó la cifra de 10,324.5 m.

El costo del tubo es de \$25.30 el metro, por lo tanto el valor de la tubería sería de \$261,209.85.

El costo de toda la obra que deberá hacerse en la ciudad para dejar resuelto el problema del agua potable, arroja la cantidad de \$921,873.00.

En el mapa adjunto detallo las calles en que falta de instalar el servicio, así como los lugares en donde se tomaron las muestras para los análisis y también la localización de las dos fuentes de abastecimiento.





## CAPITULO VI

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—Cartilla de Saneamiento del Agua de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Dirección de Ingeniería Sanitaria, 1961.
- 2.—Manual de Prácticas Recomendable para el Saneamiento de Agua. Publicado por el Centro Regional de Ayuda Técnica. Instituto de Asuntos Interamericanos Administración de Cooperación Internacional. México, 1958.
- 3.—Water Supply y Treatment, por Charles P. Hoover. Published by National Lime Association. Washington, D. C., 1959.
- 4.—Standard Methods Water and Wastewater Eleventh Edition, 1960.
- 5.—Apuntes de Análisis Químico Bromatológico de la señorita Aurelia Rivas, 1961.
- 6.—Tratado de Microbiología, por Ernesto Cervera Berrón. Tercera edición. Editorial Porrúa, S. A., 1954.
- 7.—Manual de Prácticas Recomendable para el Saneamiento de Agua, recomendado por el Servicio de Salubridad Pública de los Estados Unidos de Norteamérica. Traducción al español por el ingeniero Q. P. J. Caballero. Publicado por el Centro Regional de Ayuda Técnica del Instituto de Asuntos Interamericanos. México, 1958.
- 8.—Métodos Normales para los Exámenes de Aguas, Aguas Negras y Desechos Industriales. Preparados, aprobados y editados por American Public Health Association y American Water Works Association. Traducido por el ingeniero Q. P. J. Caballero. Editado por División de Salubridad, Bienestar y Habitación del Instituto de Asuntos Interamericanos. México, 1955.
- 9.—Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable. Publicado en el Diario Oficial del 2 de julio de 1953. Editado por la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Dirección de Ingeniería Sanitaria. México, 1953.
- 10.—Norcom, G. D. y K. W. Brown. Water Purification for Plant Operators, McCraw-Hill Book Company, New York y London, 1942.

*Impresos Sil Bca*

Moctezuma 114-D

Tel. 26-73-17

México J. D. F.