

**UNAM**



**6**

**TESIS-BCCT**

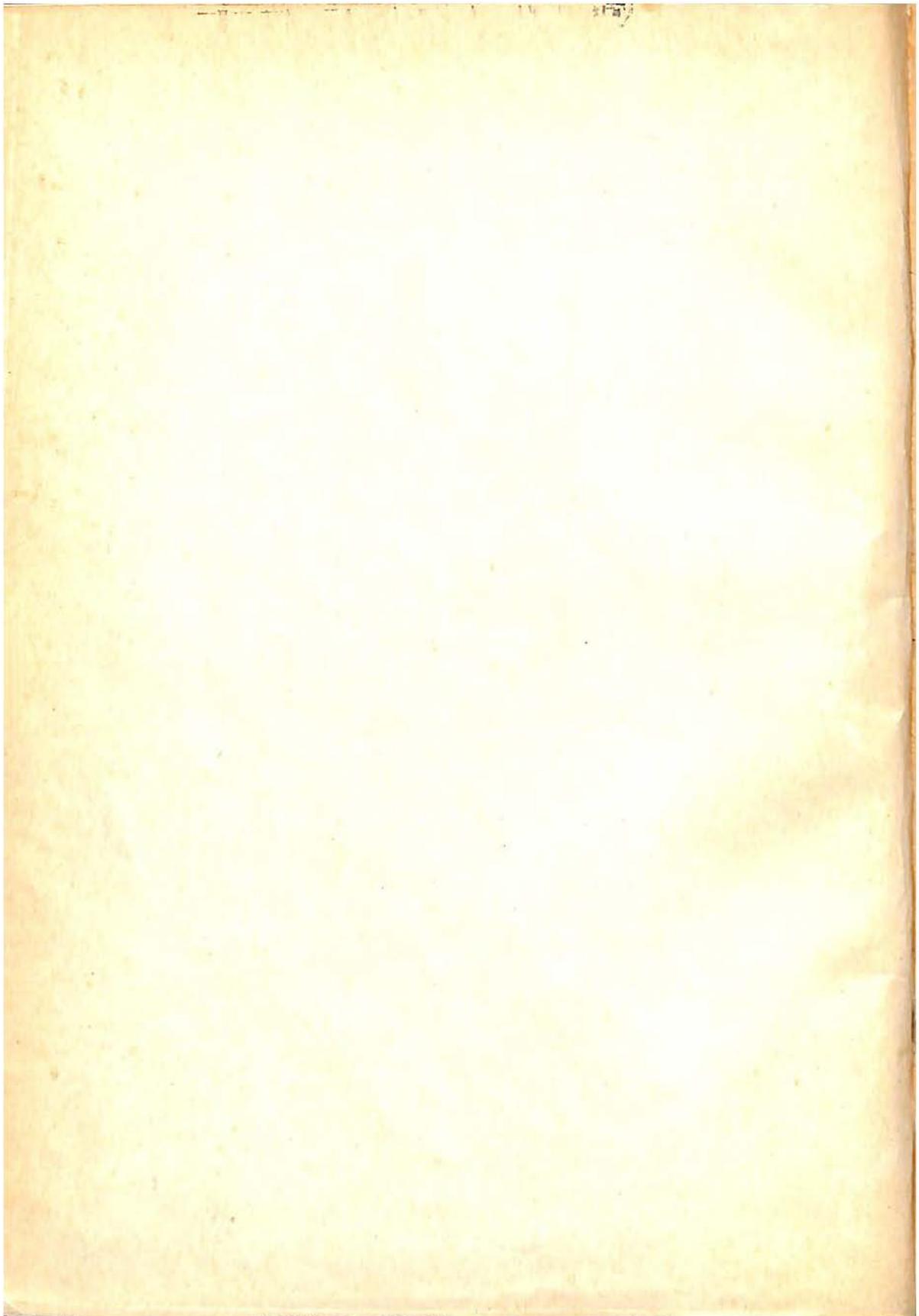
Dña





INSTITUTO DE GEOLOGIA  
BIBLIOTECA

I-22  
⑥



Geología

MARIA DE LOS DOLORES DIAZ ARIZMENDI

ANALISIS DE LAS AGUAS  
MINERALES DE IXTAPAN DE LA SAL

475(350)  
D11a



MEXICO  
1932

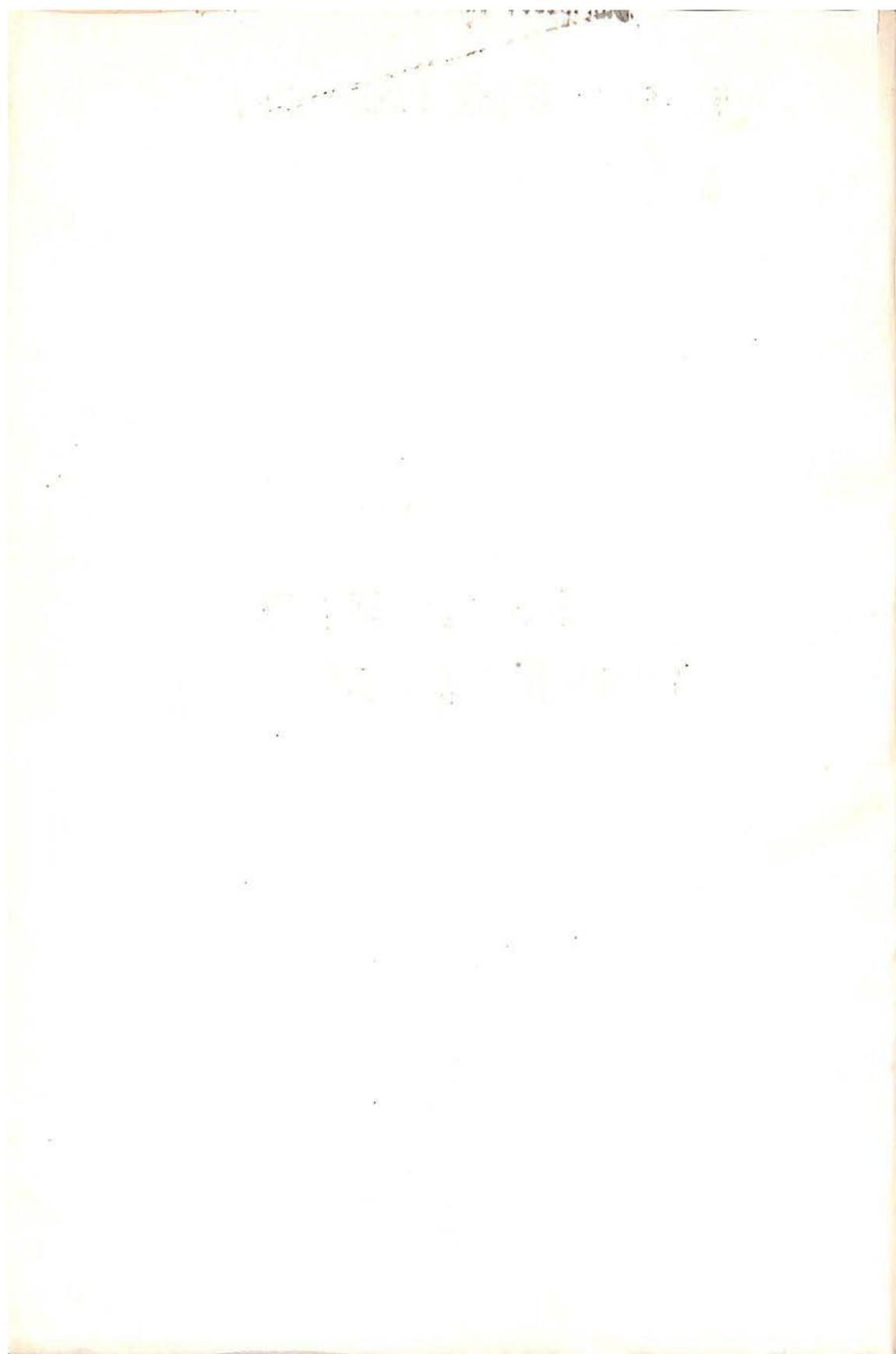
(6)

PROCED  
FECHA  
ADQ  
CLASIF  
CLASIF. DAM 1932 4-1  
ADQUIS. I-22  
FECHA  
PROCED

**MARIA DE LOS DOLORES DIAZ ARIZMENDI**

**ANALISIS DE LAS AGUAS  
MINERALES DE IXTAPAN DE LA SAL**

**MEXICO  
1932**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INDUSTRIAS QUIMICAS**

**TESIS**

**Que Presenta la alumna**

**María de los Dolores Díaz Arizmendi**

**para su examen profesional de**

**Químico-Farmacéutico**



**MEXICO**  
**1932**

495 (350)

Dita

*A mi amado padre*  
*El Sr. Dn. Jesús M. Díaz,*  
*Con inmenso cariño y gratitud.*

*A mi adorada madre*  
*La Señora Beatriz Arizmendi de Díaz,*  
*Con profunda veneración.*

*A mi tía la Srita.*  
*María de Jesús Díaz,*  
*con grande afecto.*

217



*Afectuosamente a la familia  
López Martínez, en quien  
encontré inagotable bondad.*

*A mis hermanos  
Cariñosamente.*



*Al Sr. Químico D. Roberto Medellín O.  
quien allanó bondadosamente todas las  
dificultades que encontré en el desa-  
rrollo del presente trabajo.*

*A mis maestros.*

*A mis compañeros.*



---

Señores Jurados:

En el presente trabajo encontraréis sin duda, innumerables errores, propios de la inexperiencia de quien hace por primera vez un estudio como el de la presente tesis, pero confío de vuestra benevolencia que sabréis disimular mis faltas, tomando en cuenta únicamente la dedicación con que lo llevé a cabo.

Estando de paseo en la población de Ixtapan de la Sal, tuve oportunidad de ver curaciones notables de algunas enfermedades, principalmente reumatismales, logradas con los baños termales que existen en dicha población. Estos baños se han usado desde hace muchísimo tiempo para multitud de enfermedades y no estando estudiadas las aguas, me interesé por ellas, consulté con el maestro don Roberto Medellín, sobre este asunto y aprobó como tema de mi tesis, el estudio de dichos manantiales.

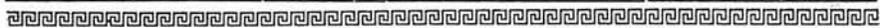
Ixtapan de la Sal es una población del Distrito de Tenancingo; está situada a los 19°5' de latitud Norte y a los 99°31'45" longitud W. de Greenwich.

Ixtapan quiere decir: sobre la sal o lugar donde se saca.

A kilómetro y medio al Norte está el cráter de un volcán extinguido, ocupado actualmente por una laguna de aguas también minerales.

A unos 200 metros al Sur de dicha laguna existe una grieta llamada agujero del aire, que desprende gran cantidad de gases, predominando el  $\text{CO}_2$ , causando la muerte de los animales que se acercan.

Hállanse también varios canales subterráneos de agua salada. Los del Oeste, se manifiestan a unos 800 metros del cráter, formando los baños termales del lugar. Los del Sur atraviesan bajo la población y brotan en ésta y fuera de ella, aprovechando el agua para la extracción de la sal.



## ORIGEN DE LAS AGUAS TERMALES

Generalmente se admite que tales aguas son de procedencia meteórica y que penetran en las montañas por las grietas o los poros de las rocas, brotando después al pie de aquellas o en el llano.

La naturaleza de los terrenos porque atraviesan es visible en su composición; las que provienen de terrenos primitivos, son termales en alto grado y a menudo sulfuradas; cuando provienen de terrenos de transición, son menos elevadas en termalidad y bicarbonatadas de composición. Entre los terrenos de sedimento se tiene: los inferiores, cuyas aguas acostumbran ser sulfatado-cálcicas; los medios que las ofrecen bicarbonatadas, sulfatadas o ferruginosas.

Algunas aguas aunque pocas provienen de terrenos traquíticos, basálticos y porfíricos y ofrecen como caracteres, escasa termalidad, y presencia de bicarbonatos como principios fijos.

Cuando las aguas proceden de un terreno volcánico, son muy elevadas en termalidad, cloruradas o sulfhídricas, con abundante proporción de ácido carbónico y muchas materias bituminosas.

La constancia y regularidad de las aguas termales, no existe siempre. Sus intermitencias son regulares o irregulares. Algunas de las primeras aparecen en períodos fijos y de igual duración.

El fenómeno de la intermitencia en los manantiales, se explica por el calor terrestre y la descomposición de los minerales carbonatados entre otros, que da lugar a la formación de ácido carbónico (anhidrido carbónico). La presión atmosférica desempeña un gran papel en esta circunstancia y así cuando el barómetro desciende, el chorro de agua sube o viceversa. Un ma-

nantial extinguido al parecer, brota de nuevo en pos de un violento huracán o de un descenso barométrico considerable.

Los trastornos geológicos influyen asimismo en el caudal y las intermitencias de las aguas minerales. En el terremoto de Lisboa de 1755, se observó que muchas aguas minerales y entre ellas las de Neris, perdieron considerablemente en su termalidad o sufrieron su caudal. Otras veces desaparecen como el de Baena o aparecen por primera vez en muchos casos durante los terremotos. Las conmociones geológicas pueden cambiar asimismo la mineralización y la cantidad de gases de las aguas.

### **HIPOTESIS SOBRE LA TEMPERATURA**

El origen de la termalidad del agua ha suscitado muchas discusiones, habiéndose atribuido sucesivamente, ya al calor terrestre, ya a procesos químicos o a fenómenos eléctricos o bien a la mezcla con aguas calientes subterráneas o por fin a las acciones volcánicas. En realidad, fuera del calor central, no hay ninguna hipótesis que hasta nuestros días explique satisfactoriamente la termalidad constante de las aguas. Por otra parte, uno de los argumentos que se aducen en pro de la teoría geotérmica, es el de la existencia de las fuentes termales, no habiendo recibido confirmación ninguna de las hipótesis que han tratado de explicar, de otra manera el fenómeno que nos ocupa.

Las aguas minerales son conocidas desde tiempos muy remotos. Muchos de los manantiales que se han creído descubrir, han resultado después conocidos ya desde lejanos tiempos. Generalmente las aguas minerales se usaban en el tratamiento de enfermedades crónicas.

---

---

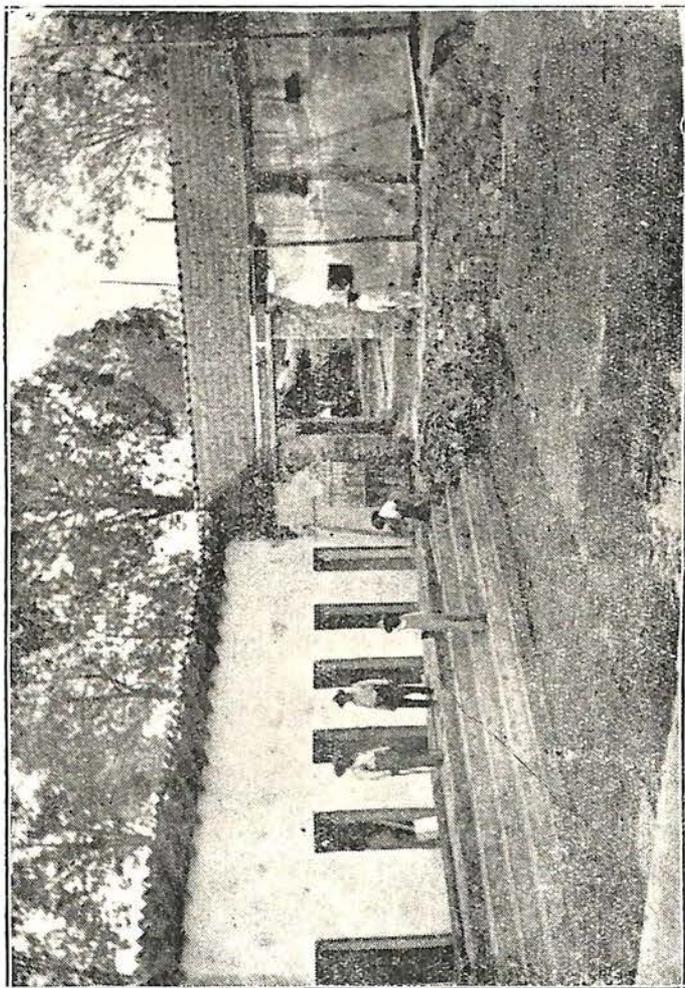
---

## CLASIFICACION DE LAS AGUAS MINERALES

Los ensayos de clasificación han partido de diferentes puntos de vista. Brogniart, adoptando como base las condiciones geológicas de los terrenos por donde atraviesan las aguas minerales, describió siete grupos: manantiales de formaciones primitivas, de transición, de sedimentos inferior, medio y superior, porfirítico, basáltico y de rocas volcánicas. Esta clasificación que he expuesto al tratar del origen de las aguas minerales carece hoy de valor. Atendiendo a su termalidad, se han dividido en: mesotermiales, que tienen 33 grados de calor, a una temperatura ambiente de 15; hipertermiales, las que ofrecen un grado mayor; hipotermiales, las que oscilan entre 33 y 25 grados; prototermiales, entre 25 y 15, y atermiales o sea inferiores a 15.

Terapéuticamente se han distribuido las aguas en: laxantes, purgantes, tónicas, excitantes y atemperantes. La primera clase se ha subdividido en cuatro grupos: laxantes, tónicas, excitantes, atemperantes y alcalinas. La tercera clase a su vez se ha repartido en dos: tónicas simples y acídulo-tónicas. Ninguna de estas clasificaciones se ha adoptado y generalizado entre los hidrólogos, que únicamente se han atenido a la clasificación química. Esta no deja de ser artificiosa por ser muchos y muy variados los elementos que integran una agua mineral. Así los autores han creado grupos en número muy diverso y mientras Fourcroy establecía nueve, y Ducharnoy, diez; Gurbour no admitía más que cinco

Soubeirán adoptó una clasificación que tuvo mucha aceptación en: salinas, gaseosas, ferruginosas, sulfurosas, o sulfatadas ácidas y yoduradas o bromuradas, haciendo después varios subgrupos.



Tanque principal de los baños termal:s (en reconstrucción).



Durand Fardel estableció una división en:

- 1.—Sulfurosas (sódicas o cálcicas).
- 2.—Cloruradas (sódicas, sulfuradas o bicarbonatadas.)
- 3.—Bicarbonatadas (simples, cloruradas o sulfatadas).
- 4.—Sulfatadas (sódicas, cálcicas o magnésicas).
- 5.—Indeterminadas.
- 6.—Ferruginosas.

El grupo llamado de aguas indeterminadas en la clasificación anterior, se refiere a las llamadas ametálicas e acratotermas. Estas aguas que apenas tienen mineralización han recibido aquel nombre en oposición a las mixtas o polimetálicas que contienen diferentes principios mineralizantes en proporciones casi iguales.

Según su abundancia en principios gaseosos las aguas se han llamado débiles, cuando contienen gases en cantidad inferior a 27 milímetros cúbicos por litro; medianas, cuando poseen de 27 a 108 milímetros cúbicos y fuertes cuando contienen una proporción mayor.

Denominaciones parecidas han recibido las aguas según la cantidad de principios minerales y así se han llamado débiles las que contienen un gramo por litro; medianas, las que contienen de uno a cuatro, y fuertes las que contienen más de cuatro gramos por litro. Todas estas clasificaciones son difíciles de aplicar por la complejidad de las aguas que pueden contener escasa proporción de unos elementos y abundancia de otros.

De lo escrito anteriormente y después de hacer el estudio correspondiente, puedo decir que el agua de los baños de Ixtapan de la Sal, tienen origen volcánico, atendiendo a su temperatura es hipertermal, periódica y está comprendida entre los grupos segundo-tercero de la clasificación de Durand Fardel, conteniendo además elementos del cuarto grupo.

Por la cantidad de principios minerales fijos, el agua es fuerte, puesto que contiene más de cuatro gramos por litro, y por la cantidad de gases es fuerte.



---

---

## PRACTICA DEL ANALISIS

El trabajo se divide en dos partes: el que se hace en el manantial y el que se verifica en el laboratorio.

### Trabajo en el Manantial

En el manantial tienen que hacerse varios trabajos como son: toma de la muestra, recolección de gases, apreciación de sus caracteres físicos y organolépticos: color, olor, sabor, temperatura, reacción y pruebas de radicaactividad.

1.—Se examina el aspecto del agua cuidadosamente. En muchas ocasiones a simple vista aparece clara, pero mirándola con cuidado en un frasco de vidrio blanco, se ven flotar numerosos copos incoloros o coloridos. En estos casos se deja en reposo el agua por varias horas, se decanta cuidadosamente por medio de un sifón y examina al microscopio la naturaleza del depósito. En mi caso no fue necesario esto, puesto que por largo reposo no se depositó sedimento alguno.

El aspecto de los manantiales es el de una agua hirviendo, con un brote principal y gran desprendimiento de burbujas.

2.—Se observa si se desprenden gases del manantial, si el agua va mezclada de burbujas o si sale gas cuando se agita en un frasco medio lleno.

3.—Se busca sabor y olor. Para apreciar pequeñas cantidades de materia olorosa, se llena medio vaso o botella, se tapa con la mano, agita con fuerza y al retirar la mano se percibe inmediatamente el olor. El manantial en estudio presenta en ocasiones marcado olor a sulfhídrico y tiene un sabor salado amargo y picante.

4.—Se debe ensayar la reacción por medio del papel reactivo, observando si el matiz tomado por el pa-

pel, cambia o no por simple desecación al aire. El agua tiene marcada reacción alcalina al papel de tornasol, neutra a la fonolftaleína y alcalina también al naranjado de metilo.

5.—Otra de las cosas indispensables es tomar la temperatura, para lo cual se introduce el termómetro en el manantial y pasados unos diez o quince minutos se lee la temperatura sin sacarlo del agua.

Como son tres los manantiales en estudio, tomé las temperaturas de cada uno de ellos, obteniendo como temperaturas medias, las siguientes:

Baño Núm. 1 . . . . .	37° C.
Baño Núm. 2 . . . . .	39° C.
Baño Núm. 3 . . . . .	40° C.

Estas temperaturas varían un poco con los cambios de estación disminuyendo en diciembre y enero según pude observar.

Una vez que se ha hecho todo lo anterior, se comienzan a tomar con todas las precauciones necesarias las muestras que van a servir para hacer el estudio en el laboratorio. Se recogen las muestras en frascos de vidrio con tapón esmerilado de 7 a 10 litros de capacidad. Por la facilidad de su transporte, es muy útil llevar bombonas o garrafones de vidrio con cubierta de mimbre, perfectamente lavadas y enjuagadas con agua destilada y provistas de tapones de goma. Antes de tomar la muestra es conveniente dar una o dos enjuagadas a los frascos con la misma agua del manantial.

En cada frasco se pega un marbete con la fecha en que se tomó la muestra y hay autores que recomiendan anotar el estado del tiempo.

Si el manantial es amplio pueden introducirse directamente los frascos que antes se han lavado con la misma agua, para llevar las muestras al laboratorio. En muchos casos no puede tomarse la muestra con tanta facilidad, ya sea por la forma misma del manantial, el lugar en que éste se encuentra, o bien que se quieran tomar muestras a diferentes profundidades, usándose en esos casos aparatos especiales.

En mi trabajo no tuve necesidad de usar ningún aparato, porque los manantiales son suficientemente amplios y accesibles.

Después se procede a tomar en tres o cuatro matraces de 300 c.c., conteniendo cada uno de ellos 3 gramos de hidrato de cal exento de anhídrido carbónico o cuya proporción se conozca y si el agua contiene carbonato sódico 1.5 gramos de cloruro cálcico desecado. Cada matraz con su contenido y tapón se pesa y anota ese peso en una etiqueta, que se le pegará. Si es posible se usan matraces de cuello igual, para que al llenarlos sirva un mismo tapón bihoradado que se prepara de antemano.

Estos matraces están preparados así para tomar muestras del agua y determinar en ellas el ácido carbónico total. Para llenarlos se procede de la manera siguiente: se tapa el matraz con un tapón atravesado por dos tubos, uno corto que llega al fondo del matraz y otro que atraviesa únicamente el tapón y continúa largo hacia arriba. El tubo corto se obstruye con un dedo y ya en el agua se retira para que ésta entre y el aire sea desalojado por el tubo largo que no debe entrar bajo el agua sino que comunica con el exterior. Teniendo así las muestras para el ácido carbónico total en el laboratorio se termina ese trabajo.

Si el manantial tiene  $H^2O$ , es necesario dosificarlo al estado libre, allí mismo, para lo cual se necesitan soluciones valoradas de yodo y tiosulfato de sodio y un engrudo de almidón, como indicador.

Los manantiales en estudio contienen sulfhídrico; pero no es constante su presencia. Más adelante describiré la forma en que dicho ácido quede determinado.

Desde luego se nota la presencia del sulfhídrico, por su olor fétido (a huevo podrido) y es muy fácil caracterizarlo por medio de unas gotas de solución de acetato de plomo sobre una tira de papel filtro, formando una mancha negra de sulfuro de plomo.



---

## Recolección de Gases

Como no es posible tener en el manantial cuanto se necesita para analizar los gases, es necesario transportarles al laboratorio en tubos cerrados a la lámpara.

Hay métodos para recoger los gases del agua muy variados, pero uno muy sencillo y que fue el que yo puse en práctica, consiste en lo siguiente: se comienza por estirar tubos de 50 ó 60 c.c., con ayuda de un buen mecánico o soplete, hasta obtener una parte completamente estrecha; estos tubos se unen a un tapón de goma perforado y éste a un embudo; cuando todo está unido, se llena con agua del mismo manantial, se introduce en él y ya dentro, se invierte para que no penetre aire al tubo, sino únicamente el gas. Cuando el agua ha sido desalojada del tubo, estirado y también en parte del embudo, se saca el sistema introducido en un recipiente con agua, evitando así la entrada del aire; se seca el tubo y finalmente se cierra a la lámpara. Cuando se quiere recoger grande cantidad de gas, se usan botellas de cuello estrangulado para poder cerrarse después o en botellas común y corrientes que se tapan perfectamente debajo del agua, una vez llenas de gas, con tapones de goma.

En caso que la disposición del manantial no permita operar así, nos valemos de un embudo lastrado por una circunferencia de plomo (Fig. 1) que se baja al lugar necesario por medio de una cuerda. Se une el pico estaño a-b, y éste con tubitos c,c,c. Se llena el embudo con agua hasta la llave b, se permite la llegada del gas por el embudo, hasta que se encuentre a una presión superior a la atmosférica. Se abre entonces la llave b, y se deja pasar el gas a través de los tubos c,c,c, hasta que nos aseguremos que ha sido desalojado todo el aire at-

---

mosférico. Estos tubos tienen sus dos extremos afilados y van unidos por tubos de hule, de manera que pueden llenarse varios a la vez. Cuando están llenos, se cierran, la primera y última gomas, ya sea comprimiéndolas entre los dedos o con una pinza y cuando la temperatura baja lo suficiente para que la presión exterior sobrepuje un poco la interior, se cierran éstos a la lámpara.

En las aguas acídulas predomina con frecuencia el ácido carbónico, siendo en esos casos necesaria llenar gran número de tubos para que después de la absorción por la potasa, quede una cantidad suficiente de los demás gases para el análisis.

Algunos autores aconsejan determinar primero en el mismo manantial la proporción entre los gases absorbidos por la potasa y los que no lo son y además reunir a estos últimos en tubos cerrados para analizarlos más tarde.

Pueden además recogerse los gases en botellas de una manera muy sencilla: se llenan de agua totalmente se introducen en el agua y ya dentro de ella se invierten, de esta manera van entrando las burbujas gaseosas y desalojando el agua contenida en su interior. Una vez que se han llenado de gas, se tapan perfectamente debajo del agua con un buen tapón de hule. Todas estas muestras se llevan cuidadosamente al laboratorio, donde se procederá a su análisis lo más pronto que sea posible.

Las pruebas de Radioactividad constituyen uno de los trabajos que se hacen en el manantial, pero me reservo para explicarlo a cuando sea muy someramente al terminar el estudio químico del agua.

### Trabajo en el Laboratorio.

Este estudio debe comprender dos partes:

I.—Examen Cualitativo.

II.—Examen Cuantitativo.

El examen cualitativo debe ir precedido de un estudio físico comenzando por sus caracteres organolépticos, esto ha sido ya consignado antes, pero expongo aquí un ligero resumen.

**Aspecto:** agua límpida, como hirviendo y con desprendimiento de burbujas gaseosas.

**Color:** incolora, transparente, sin materias en suspensión.

**Olor:** no es constante, algunas veces no tiene y otras en cambio, presentan un marcado olor a sulfhídrico.

**Sabor:** salado amargo y picante.

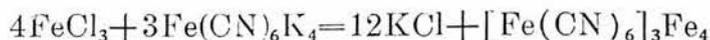
**Reacción:** alcalina al papel de tornasol, neutra a la fenolftaleína y alcalina al naranjado de metilo. Este modo de comportarse con los indicadores me dice que el agua contiene bicarbonatos; además prueba esto mismo la formación de un precipitado al hervir el agua.

### ANALISIS CUALITATIVO

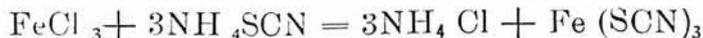
Para llevar a cabo este estudio, trabajé concentrando a pequeño volumen, 5 litros de agua. Seguí para el análisis la marcha sistemática, no encontrando ninguno de los elementos del primero y segundo grupos. Después de eliminar totalmente el ácido sulfhídrico por ebullición (hasta que los vapores no den mancha negra sobre una tira de papel impregnada de acetato de plomo,) se agregan unas gotas de ácido nítrico a la solución para que las sales ferrosas pasen a férricas. Se añade cloruro de amonio sólido y se precipita en caliente con amoníaco. Se filtra y el líquido filtrado se hierve en seguida para que en caso de haber Mn no precipite, quedando con los metales del tercer grupo en caso de que precipitara.

El residuo que contiene los hidróxidos de Fe, Al y Cr. se lava con agua, se trata con solución de KOH, se hierve y agrega agua de Br, después de hervir, hasta que desaparezca el color del Br, se filtra; queda como residuo el hidróxido de Fe, pasando en el filtrado el aluminato y el cromato de potasio.

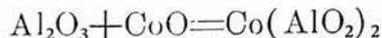
El precipitado que obtuve en este grupo, tenía un color pardo y gelatinoso, indicándome desde luego la presencia del Fe. Para caracterizarlo disolví el residuo en HCl concentrado, tomé una parte de esta solución y la traté con ferrocianuro de potasio, con lo cual apareció una coloración azul intenso.



La otra porción se trató por sulfocianuro de amonio y obtuve una coloración rojo sangre.



La solución que contiene Al y Cr, se hierve con cloruro de amonio sólido, con lo cual obtuve un precipitado ligero, blanco, en copos gelatinosos de hidróxido de Al. Filtré y el residuo lo llevé al carbón, le añadí carbonato de sodio, al calcinar se formó óxido blanco infusible al cual le agregué en frío unas gotas de solución diluída de nitrato cobaltoso y volví a calcinar obteniendo una coloración azul (azul de Thenard).



Esta reacción es muy sensible, pero con mis muestras fue muy débil, por lo que supongo que hay cantidades sumamente pequeñas de Al.

A la solución que contiene los cationes de los grupos cuarto, quinto y sexto, se le añade ácido acético y se pasa en caliente al sulfhídrico. No obtuve ningún precipitado por consiguiente no hay Mn, Ni, Co y Zn.

Se elimina el sulfhídrico por ebullición, se agrega cloruro de amonio y amoníaco, hasta reacción alcalina, se calienta nuevamente y precipita con carbonato de amonio. Se suspende el calentamiento para evitar que los carbonatos de calcio, bario y estroncio se descompongan y se filtra. El residuo se disuelve en la menor cantidad de ácido acético, se diluye ligeramente con agua, se toma una parte y trata con cromato de potasio para investigar Ba.

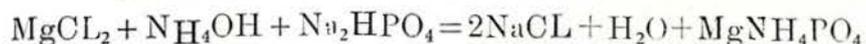
Como en mi caso fue negativa la reacción, el resto de la solución la traté con ácido sulfúrico diluído al ocho por mil, debiendo aparecer un precipitado blanco en caso de haber Sr. También fue negativa la reacción.

La solución se neutraliza con amoníaco y acidula en seguida con acético, se trata con oxalato de amonio, con lo cual obtuve un precipitado cristalino blanco, que disuelto en HCl y tomando con un alambre de Pt, imparte un color rojo ladrillo a la llama incolora cuando hay Ca como en mi caso.

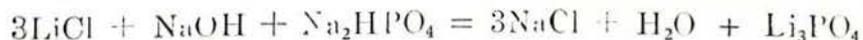


Sexto grupo: la solución que contiene los cationes de este grupo, se calienta primero suavemente y luego se evapora a sequedad, hasta eliminar todas las sales de amonio. El residuo se disuelve en la menor cantidad de HCl, concentrado, se diluye algo, se filtra y la solución se divide en dos porciones: una para investigar Na y K y la otra, para Mg y Li.

La primera porción la diluí un poco, añadí amoníaco, cloruro de amonio y fosfato de sodio, con lo que obtuve un precipitado blanco cristalino que visto al microscopio, tiene el aspecto característico del fosfato amónico-magnésiano.



Una vez precipitado el Mg filtré, y a la solución agregué unas gotas de NaOH hasta reacción alcalina, evaporé a sequedad, el residuo lo tomé con agua amoniacal, filtré y lavé el residuo que permaneció en el filtro (fosfato de Li) investigué el Li disolviéndolo en HCl y llevando una gotas de la solución con un alambre de Pt a la llama, dando una coloración roja carmesí. Esta reacción puede apreciarla en la llama de un Bunsen, y comprobarla más tarde en el espectroscopio.

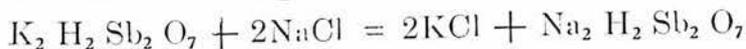


Para mayor seguridad en esta reacción hice una separación del Li, para observarlo al espectroscopio, eliminando totalmente los sulfatos, Ca, Fe, Mg, Na y K. Concentré un litro de agua agregando un poco de HCl, después añadí un ligero exceso de acetato de plomo, se filtra el sulfato de plomo formado, se lava varias veces reuniendo las aguas del lavado con el filtrado, se acidula con HCl, después se pasa al sulfhídrico para eliminar el exceso de plomo; se filtra para separar el sulfuro de plomo y el líquido filtrado se hierve para eliminar el ácido sulfhídrico. En el líquido se sigue la marcha del tercero al quinto grupos, como ya se dijo; el filtrado que contiene el sexto grupo se evapora a sequedad en presencia de HCl, el residuo lo traté con una mezcla de alcohol y éter a partes iguales en la cual son

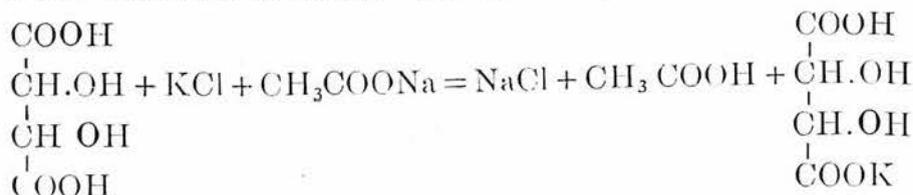
insolubles el Na, K y Mg, disolviéndose únicamente el Li; esta solución se evapora a sequedad, y el residuo lo observé al espectroscopio, donde me dió la llama roja carmesí del Li, que corresponde a la longitud de onda de 670.8 micras.

**Sodio y Potasio:**

La solución destinada a la investigación de Na y K se neutraliza con amoníaco y trata la mitad de la solución con piroantimoniato de K, dando un precipitado denso, cristalino, que disuelto en HCl, colora la llama en amarillo. Me dió positiva.



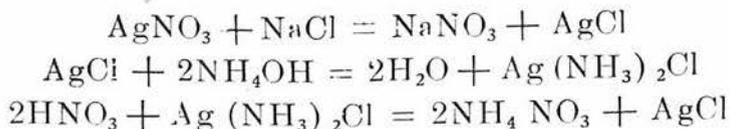
La otra parte de la solución se trata con ácido tártrico y acetato de sodio, con lo cual se obtiene un precipitado de bitartrato de K, que disuelto en HCl da color violeta a la llama. Me resultó positiva.

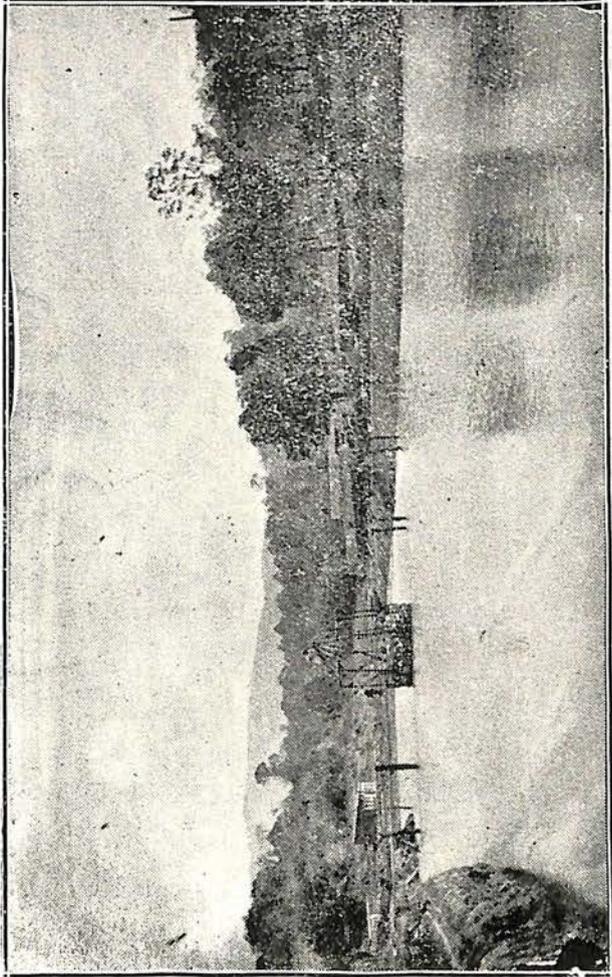


Con ácido pícrico obtuve un precipitado amarillo cristalino de pícrato de potasio, que disuelto en HCl imparte color violeta a la llama. Como para esta reacción ya no me quedaba solución del sexto grupo, lo que hice fue disolver una parte del precipitado de bitartrato de K en HCl y tratar la solución con pícrico y acetato de sodio.

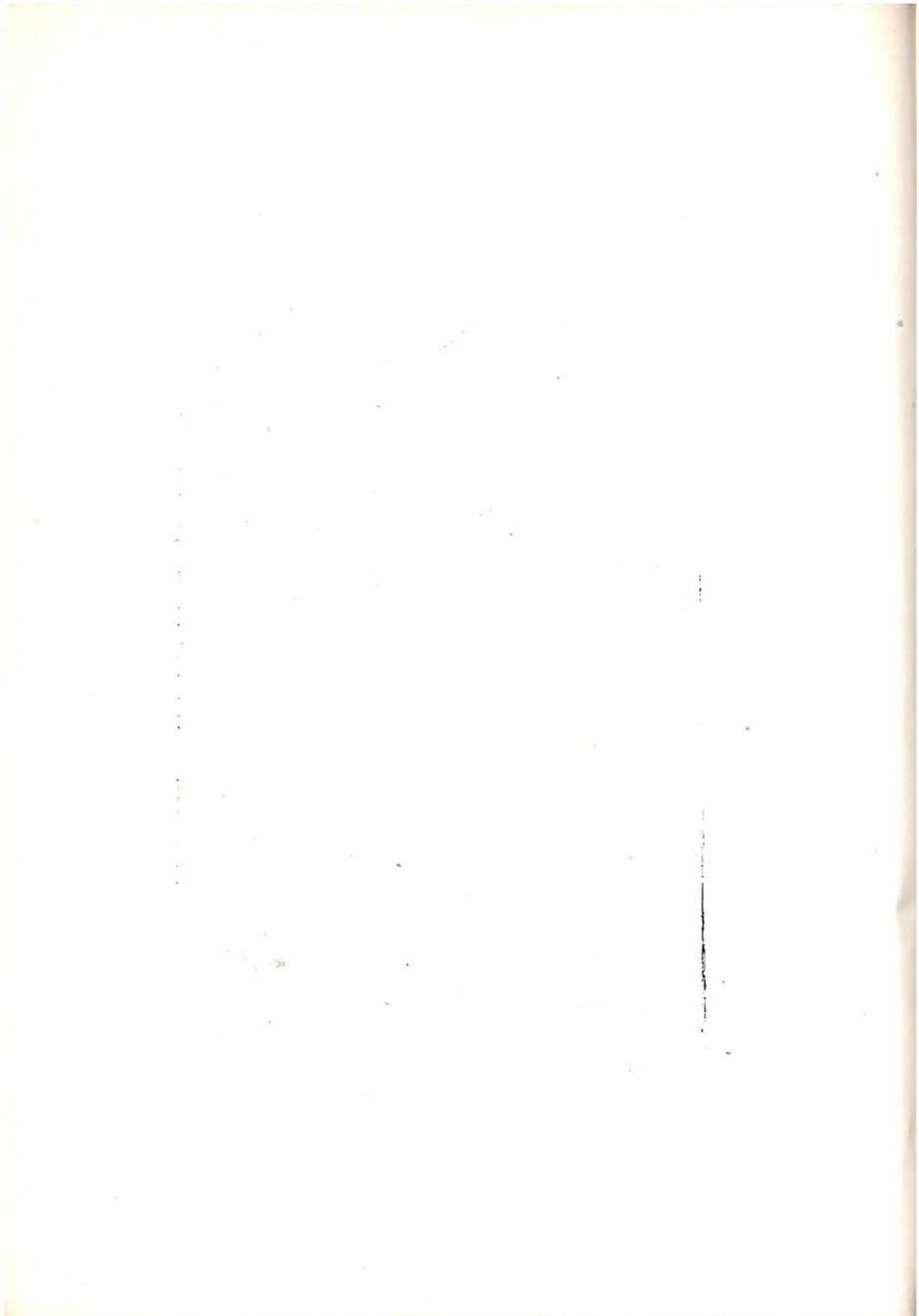
**INVESTIGACION DE LOS ANIONES**

Los cloruros se reconocen añadiendo ácido nítrico y nitrato de plata al agua, con lo que se provoca la formación de un precipitado blanco, caseoso, soluble en amoníaco y reprecipitable por el ácido nítrico si hay como en mi caso cloruros.



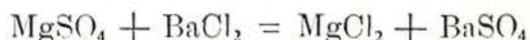


Alberca de los baños termales de Ixtapan de la Sal.

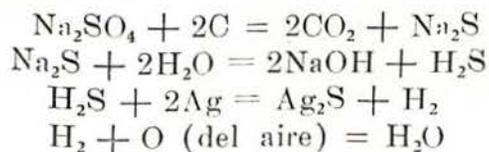


Como al añadir ácidos a mi agua se produce un vivo desprendimiento gaseoso, deduje que había carbonatos o bicarbonatos, pero por la reacción neutra a la fenolftaleína y alcalina al naranjado de metilo, supe que eran bicarbonatos que se reconocen además porque al hervir el agua se enturbia y porque los gases desprendidos al tratarla con un ácido enturbian el agua de barita

Los sulfatos se reconocen porque al añadir al agua HCl y solución de cloruro de bario, se forma un precipitado denso, blanco, insoluble en agua regia.



Además se reconocen los sulfatos por la reacción de Hépar que es válida para cualquier compuesto que contenga azufre y que consiste en mezclar la sustancia, problema, en mi caso, el residuo de la evaporación del agua, con una mezcla de carbonatos de Na y K, se funde este conjunto sobre el carbón y el residuo ya frío se lleva sobre una moneda de plata bien limpia, se humedece, se frota con una varilla de vidrio y una mancha negra de sulfuro de plata nos indica la presencia del azufre.



### ANÁLISIS CUANTITATIVO

Por el análisis cualitativo y cuantitativo, he podido ver que los tres manantiales tienen la misma composición, solo difieren entre sí en las temperaturas y muy poco en la proporción de algunos elementos. Empecé por determinar el peso específico por el método del picnómetro.

Pesé el picnómetro vacío y seco, lo llené de agua destilada hasta el punto de enrase y lo volví a pesar, la diferencia de pesos representa el volumen del picnómetro; lo vacié, lo enjuagué con el agua mineral, lo llené con ésta hasta el aforo y volví a pesar, de este peso

resté el peso del picnómetro vacío y la diferencia que es la masa del agua, la dividí entre su volumen, es decir, el volumen del picnómetro, con lo que obtuve la densidad o peso específico.

Peso del frasco con agua destilada . . . . .	47.3423
Peso del frasco vacío y seco . . . . .	22.2987
Volumen del picnómetro . . . . .	25.0436
Peso del frasco con agua mineral . . . . .	47.4676
Peso del frasco vacío. . . . .	22.2987
Peso del agua mineral . . . . .	25.1689

$$D = \frac{25.1689}{25.0436}$$

$$D = 1.005$$

### EXTRACTO TOTAL DEL AGUA

Medí 100 c.c. de agua en un matracito aforado cuyo cuello engrasé ligeramente con objeto de no perder ni una gota al vaciar el agua en la cápsula tarada, en donde hice la evaporación. Al principio ésta puede hacerse directamente con llama pequeña y terminarla más tarde al baño maría; pero es mejor, y así lo hice evaporar en baño desde el principio para evitar proyecciones del líquido. Terminada la evaporación llevé la cápsula a la estufa a 100 c.c., durante cuatro horas para obtener constancia en el peso, la dejé enfriar en el desecador y pesé.

Cápsula con extracto . . . . .	34.6242
Cápsula vacía . . . . .	34.0434
Extracto en 100 c.c. de agua . . . . .	0.5808

Extracto 5.808 gramos por litro.

### PERDIDA AL ROJO

La cápsula tarada se lleva a la mufla o se calienta al rojo naciente una hora se deja enfriar en el desecador y se pesa, La diferencia entre este peso y el del extracto da la pérdida al rojo.

En mi caso mantuve por 3 horas la cápsula; pero no hubo pérdida de peso.

## MATERIA ORGANICA

Para esta determinación se necesitan dos soluciones bien controladas de  $\text{KMnO}^4$  y de  $(\text{COOH})^2$  al título de N/40 o mejor N/80, que se obtienen a partir de soluciones décimonormales que se diluyen al cuarto o al octavo; la materia orgánica se expresa en miligramos de  $\text{O}^2$  absorbido.

Lavé todos mis útiles con  $\text{KMnO}^4$  y  $\text{H}^2\text{SO}^4$  y luego con agua destilada y hervida. Tomé 100 c.c. del agua, le añadí 10 c.c. de  $\text{KMnO}^4$  N/80 herví la solución a la que le agregué previamente 5 c.c. de  $\text{H}^2\text{SO}^4$  al 50%; terminada la ebullición añadí 10 c.c.  $(\text{COOH})^2$  N/80 y se calienta otro poco. Los reactivos los medí con bureta y tuve cuidado de que se correspondieran exactamente; a continuación de la bureta que contenía el permanganato dejé caer una gota y vi que el líquido se coloreaba en rosa ligero, lo cual me demostraba la ausencia de materia orgánica.

## ANALISIS HIDROTIMETRICO

Por medio del análisis hidrotimétrico se puede saber rápidamente la cantidad de sales disueltas en el agua. El principio de este método es el fenómeno que se presenta cuando se agrega al agua, una solución alcohólica de jabón; esta solución se descompone por las sales alcalinotérreas que contiene el agua, formando oleatos insolubles, y evitando la producción de espuma persistente mientras hay sales alcalinotérreas disueltas y no hay exceso de jabón.

Grado hidrotimétrico es el que precipita con un decigramo de jabón las sales contenidas en un litro de agua.

Para esta determinación se necesita una bureta especial llamada hidrotimétrica que en términos generales se puede decir que es un tubo cerrado por uno de sus extremos y por el otro termina en dos ramas cortas; la graduación del tubo va de arriba para abajo, estas rayitas constituyen los grandes hidrotimétricos. En la parte superior hay una división que se deja en blanco y

que indica la cantidad de licor jabonoso necesario para formar espuma persistente con 40 c.c. de agua destilada.

La bureta hidrotimétrica viene acompañada de 2 ó 3 frascos de vidrio con tapón esmerilado y con cuatro divisiones cada una de 10 c.c. de capacidad.

### LICOR HIDROTIMETRICO

Es como ya dije una solución alcohólica de jabón neutro.

Es mejor prepararlo, tomando 30 gramos de aceite de olivo puro, agregándole 25 c.c. de alcohol en el cual disolví 4 gramos de NaOH y saponifiqué al baño maría. Cuando está claro el preparado se agrega un poco de agua caliente y se lleva a 1,000 c.c. con alcohol a 60 grados.

Por separado se hace una solución de  $BaCl^2$  cristalizado al 0.55 por litro en agua destilada exenta de ácido carbónico para lo cual se hierve primero.

Se toman 40 c.c. de esta solución y llevan a uno de los frascos que acompañan a la bureta o a otro que sea amplio y tenga tapón esmerilado.

La bureta tiene adaptado un corchito por el cual se toma, se llena con el licor jabonoso por medio de una pipeta hasta el afore superior.

Para usarse se coloca el dedo índice sobre la rama ancha de la parte superior a modo de tapón para graduar la salida del licor en gotas. Al principio agregué el licor en chorritos y al final solo añadí gota a gota.

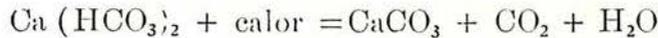
Dejé gotear el jabón sobre el frasco que contenía los 40 c.c. de solución de BaCl, agitando enérgicamente a cada adición hasta que se formó espuma como de medio centímetro de espesor y que duró diez minutos. Repetí esta operación dos veces más y como los tres resultados me coincidieron, juzgué ocioso hacerla más.

Las tres veces llegué hasta la división 22, lo cual me indicó que la concentración del jabón preparado era la justa.

Determiné los tres grados: el total, permanente y transitorio.

El grado hidrotimétrico total se determina tomando 40 c.c. de muestra; pero como mi determinación del extracto dió un número muy elevado, consideré conveniente tomar 4 c.c. del agua y llevarlos a 40 c.c. con agua destilada; procedí a la titulación de igual modo que al determinar el título del jabón, poniendo el agua en vez de la solución de  $\text{BaCl}^2$  el resultado debe multiplicarse por 10 para tener el grado hidrotimétrico total para un litro de agua.

Cuando se hierve una agua que contiene bicarbonatos, se observa un enturbiamiento debido a la eliminación del  $\text{CO}^2$  de los bicarbonatos con lo cual se convierten en carbonatos.



Los bicarbonatos se deben eliminar para determinar el grado hidrotimétrico permanente, para lo cual hice lo siguiente:

Puse a hervir a reflujo 10 c.c. de agua, aforé a 100 c.c. con agua destilada, filtré después de media hora de ebullición, tomé 40 c.c. y en ellos determiné el grado hidrotimétrico permanente, como dije.

La diferencia entre los grados hidrotimétricos total y permanente da el grado hidrotimétrico transitorio.

Como el  $\text{CaCO}^3$  pasa al agua aun filtrando se hace una corrección disminuyendo tres unidades al grado hidrotimétrico permanente.

Como el agua dió reacción de calcio hice esta corrección:

Grado hidrotimétrico total . . . . .	280
Grado hidrotimétrico permanente. . . . .	152
Grado hidrotimétrico transitorio . . . . .	128

### ALCALINIDAD DE LAS AGUAS

Algunos substituyen este dato con el del grado hidrotimétrico.

La alcalinidad proporciona la cantidad total de bases en el agua.

Se expresa como alcalinidad total, permanente y transitoria.

La determiné en 100 c.c. de muestra con HCl N°10 en presencia de naranjado de metilo. Al mismo tiempo hice igual determinación con 100 c.c. de agua destilada y este resultado lo deduje del número de centímetros cúbicos gastados con el agua mineral. El número de c.c. gastados se da en  $\text{CaCO}_3$  y corresponde a la alcalinidad total.

Por otro lado puse a hervir a reflujo 100 c.c. del agua para eliminar el  $\text{CO}_2$  de los bicarbonatos, filtré y repetí la titulación con el ácido y el naranjado de metilo como antes, el número resultante menos la cantidad de ácido gastado con los 100 c.c. de agua destilada, se transforma en  $\text{CaCO}_3$  y corresponde a la alcalinidad permanente. La diferencia entre estas alcalinidades da la alcalinidad transitoria.

Alcalinidad total en $\text{CaCO}_3$ . . .	1.3855 gr./lit.
Alcalinidad permanente en $\text{CaCO}_3$	0.0847 gr./lit.
Alcalinidad transitoria en $\text{CaCO}_3$	1.3008 gr./lit.

### DETERMINACION DEL pH

Para esta determinación tomé 6 c.c. de la muestra, le agregué tres gotas de solución de bromotimol y comparé con una escala preparada de antemano, a base de las mezclas de Soerensen.

pH del agua . . . . . 6.9.

### DETERMINACION DEL HIERRO

Para saber la cantidad de Fe existente en el agua, usé un método colorimétrico, ya que estos métodos son suficientemente exactos para cuantear especies químicas en pequeñas cantidades.

Los métodos colorimétricos están basados en la comparación de los colores obtenidos con reactivos conocidos sobre las sustancias; problemas con otras sustancias o las mismas disueltas, de concentración conocida o

cantidad equivalente sabida, puestas en iguales condiciones: de volumen o espesor, cantidad igual de reactivo, semejanza del tinte o mejor dicho igualdad del tinte.

La zona colorimétrica sensible debe estar en relación con la concentración del problema. Debe estar también en relación con la intensidad que da a una cantidad de líquido, por ejemplo un miligramo de una sustancia en un volumen determinado de agua, debe dar un tinte menos intenso sensiblemente que el obtenido con dos miligramos de la misma en igual volumen de agua.

Las determinaciones colorimétricas pueden hacerse en aparatos especiales llamados colorímetros o si no haciendo escalas con las cuales se comparan los colores obtenidos en las reacciones logradas en determinadas condiciones.

La sustancia mínima sensible generalmente se disuelve en un litro. Un reactivo puede acusarse a determinado límite, por lo que puede ser muy sensible, poco sensible, etc.; estos límites son muy amplios, hay sustancias sensibles al miligramo por litro, al décimo de miligramo por litro, etc.

Para hacer una escala colorimétrica es necesario fijar primero la sustancia, problema mínima sensible en un litro de agua; segundo, determinar lo que de ella contendría un volumen con el cual se pretende hacer las comparaciones.

Por ejemplo si se disuelve 0.1 gramo de sustancia en un litro de agua cada c.c. de esta solución (solución madre) contiene 0.0001 de la sustancia, si se toman unos 25 c.c. de solución madre y se llevan a 100 c.c. un c.c. de ésta contiene 0.000025 gramos o sea un miligramo por litro, trabajando con 25 c.c. de la solución problema.

Para llevar a cabo la colorimetría se usan tubos de Nessler, cuyo fondo es plano, pero se pueden utilizar otros, siempre que sean incoloros y del mismo diámetro.

Los tubos se colocan en gradillas con ventanas y ahí se observan.

En el primer tubo se pone un c.c. de la solución tipo, dos en el segundo, etc., hasta tener 6 ó 10 tubos y se completa en todos el mismo volumen por ejemplo a

25 c.c. Una vez así, se va agregando a cada tubo la misma cantidad del reactivo que va a producir la coloración.

En otro tubo igual se ponen 25 c.c. del agua problema, la misma cantidad de reactivo que se puso en los otros tubos y la coloración obtenida se compara con las de la escala hasta ver sensiblemente la misma coloración.

Para hacer la colorimetría del Fe en mi agua, preparé una escala usando la sal de Mohr  $[\text{Fe}(\text{NH}_4\text{SO}_4)_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Esta sal tiene un peso molecular igual 409.8 en la cual hay 55.8 gramos de Fe y como preparé mi escala de modo que la solución madre tuviera .025 gramos por litro. establecí la siguiente proporción:  
 $55.8:409.8::.025:X$

$$X = .1836 \text{ gr/}$$

Pesé la cantidad encontrada y la disolví en agua destilada habiéndola oxidado primero con  $\text{HNO}_3$  y evaporado la solución a sequedad, completé a 1,000 c.c. (solución madre).

Tomé 100 c.c. de esta solución y llevé nuevamente a 1,000 c.c. con agua destilada, un c.c. de ésta, corresponde a 0.0000025 gramos de Fe. De esta solución tomé un c.c. para el primer tubo, dos para el segundo, etcétera, hasta seis tubos; en seguida agregué un c.c. de solución de sulfocianuro de amonio a cada tubo con lo cual apareció un tinte rojo que va aumentando gradualmente en cada tubo, completé el volumen de cada tubo a 26 c.c. con agua destilada.

En un tubo de igual diámetro a los de la escala, puse 25 c.c. de agua problema, agregué una gota de  $\text{HNO}_3$  en caliente y un c.c. de reactivo sulfocianuro de amonio. El color obtenido lo comparé con los de la escala hasta encontrar igualdad.

El tubo coincidió con el primer tubo de la escala y como éste contiene 0.0000025 gramos de Fe por litro y se comparó con 25 c.c. del agua problema, tendré que multiplicar por 40 el contenido del primer tubo.

El agua contiene:

0.0001 gramos de Fe por litro.

La ventaja de hacer la escala en esta forma es que da directamente la cantidad de miligramos de Fe cuando se trabaja con 25 c.c. de agua; da por consiguiente un miligramo de Fe en el primer tubo; dos en el segundo; etc., puesto que el primer tubo contiene 0.0000025 gramos de Fe y al comparar con 25 c.c. de muestra que es la cuarentava parte de un litro, habrá que multiplicar el resultado de la comparación por 40 siempre, de modo que ya no es necesario hacer multiplicaciones cada vez sino que se sabe que 25 c.c. de cualquier problema que coincidan con el tubo número 1, contienen siempre un diezmiligramo, de Fe por litro.

### DETERMINACION DEL ALUMINIO

Lo determiné como óxido para lo cual lo precipité como  $\text{Al}(\text{OH})^3$ , lavé, sequé, calciné y pesé.

Pero como el agua contiene Fe al precipitar el Al también precipita el Fe y mis resultados estarían falseados; lo que hice fue eliminar primero el Fe y en seguida precipitar el Al operando del siguiente modo: concentré a pequeño volumen 5 litros del agua, agregué unas gotas de  $\text{HNO}^3$  para oxidar las sales ferrosas a férricas, agregué  $\text{NH}^4\text{Cl}$  sólido y precipité en caliente con  $\text{NH}^4\text{OH}$ , filtré lavé con agua amoniacal y traté el residuo con  $\text{KOH}$  y agua de  $\text{Br}^2$ , herví hasta obtener una solución límpida, dejé enfriar, filtré quedando como residuo el  $\text{Fe}(\text{OH})^3$  pasando en el filtrado el Al que herví con  $\text{NH}^4\text{Cl}$  sólido y ayudando la precipitación con adición de  $\text{NH}^4\text{OH}$ , obtuve un precipitado blanco, gelatinoso de  $\text{Al}(\text{OH})^3$ , filtré, lave con agua adicionada de  $\text{NH}^4\text{OH}$  y  $\text{NH}^4\text{Cl}$ , desequé, calciné fuertemente, dejé enfriar en el desecador y pesé.

Aluminio . . . . . 0.00015 gramos por litro.

### DETERMINACION DEL CALCIO

Se conocen varios métodos para la determinación cuantitativa del Ca. Hay métodos volumétricos y métodos gravimétricos; ambos tienen como fundamento la formación de un compuesto de calcio insoluble.

El método volumétrico proporciona datos bastante exactos y tiene la ventaja de ser rápido. Operé del modo siguiente:

A 100 c.c. de agua les añadí 50 c.c. de solución N/10 de ácido oxálico, alcalinicé con amoníaco, herví por algunos minutos, dejé enfriar y completé a 200 c.c. con agua destilada. Mezelé bien y filtré y en 100 c.c. del filtrado, determiné el exceso de ácido oxálico por medio de una solución N/10 de  $\text{KMnO}_4$ .

Un c.c. de esta solución de permanganato es igual a 0.0028 de  $\text{CaO}$  o a 0.002 de  $\text{Ca}$ .

Calcio . . . . . 0.530 gramos por litro.

Gravimétricamente se puede determinar el  $\text{Ca}$  bajo la forma de  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{COOH})^2$ .

Yo lo determiné como  $\text{CaO}$  haciendo hervir un litro de agua hasta pequeño volumen.

La solución neutra o ligeramente alcalinizada con amoníaco, se precipita en caliente con una solución hirviente de oxalato de amonio, una vez que ya no da más precipitado, dejé en reposo la solución hasta el día siguiente que filtré por un alundun, lavé con agua que contenía oxalato de amonio; sequé en la estufa, calciné fuertemente dejé enfriar en el desecador y pesé. Volví a calcinar y pesé obteniendo el mismo peso.

Calcio . . . . . 0.499 gramos por litro.

### DETERMINACION DEL MAGNESIO

Para determinar la cantidad de  $\text{Mg}$  en las aguas, pueden seguirse métodos volumétricos o gravimétricos.

El primer método consiste en neutralizar 100 c.c. del agua en caliente con  $\text{HCl}$  N/10 en presencia de fenolftaleína, hecho lo anterior, herví, enfrié y llevé a un matraz de 200 c.c.; añadí 50 c.c. de agua de cal muy límpida, herví, enfrié y completé a 200 c.c., agité y filtré. Determiné la alcalinidad en 100 c.c. del filtrado en presencia de fenolftaleína.

Un c.c. de  $\text{HCl}$  N/10 igual con 0.0012 gramos por litro de  $\text{Mg}$ .

Magnesio . . . . . 0.07055 gramos por litro.

Determiné además el Mg por un método gravimétrico al estado de pirofosfato de magnesio.

Concentré a pequeño volumen cinco litros de agua, seguí cuantitativamente la marcha analítica de cualitativo, hasta llegar al sexto grupo; el residuo de la evaporación lo disolví en HCl con. agregué agua, tomé la mitad de la solución para determinar Mg y Li y reservé la otra mitad para Na y K.

La porción destinada al Mg y al Li la neutralicé con amoníaco, añadí  $\text{NH}^4\text{Cl}$ , agité y precipité en caliente con fosfato de sodio, filtré, lavé el precipitado con solución de  $\text{NH}^3$  al 2.5% reuniendo las aguas de lavado con el filtrado, calciné fuertemente durante tres horas, hasta peso constante. El peso lo multipliqué por el factor del Mg y lo dividí por 2.5 puesto que tomé la mitad de la solución del sexto grupo y había trabajado con cinco litros de agua, para sacar así la cantidad de Mg por litro.

Magnesio . . . . . 0.07032 gramos por litro.

### DETERMINACION DEL LITIO

Para la determinación de este elemento pueden seguirse varios caminos:

El primero, consiste en tratar la solución que quedó al filtrar el Mg, y que contiene Na, K, y Li con una solución de NaOH evaporando después a sequedad. El Na K, y Li estaban como fosfatos. El  $\text{Li}^3 \text{PO}^4$  permanece disuelto por las sales amónicas.

El residuo de la evaporación se extrae con solución de  $\text{NH}^4\text{OH}$  al 2.5% en la cual son solubles los fosfatos de Na y K mientras el Li queda insoluble; filtré, lave con agua amoniacal, desequé el precipitado y pesé.

Determinación según Goech:

Tiene como fundamento la propiedad del LiCl anhidrido, de ser soluble en alcohol amílico anhidro, mientras que los cloruros de Na y K son difícilmente solubles en él.

Concentré la solución que tiene el Li en un erlenmeyer, añadí seis c.c. de alcohol amílico y calenté

cuidadosamente; la solución acuosa ocupa la parte inferior y como hierve antes que el alcohol amílico, el vapor de agua se escapa a través del alcohol. Cuando ha sido desalojada el agua se precipitan los cloruros de Na y K mientras que el de Li permanece disuelto.

Durante la eliminación del agua se forma un hidróxido LiOH insoluble en alcohol amílico; para disolverlo totalmente se agrega al alcohol unas 2 ó 3 gotas de HCl concentrado, se hierve unos dos minutos, se filtra aún caliente por un filtro de asbesto, se lava con alcohol amílico, caliente la costra de los cloruros de Na y K se evapora a sequedad el líquido filtrado, se disuelve el residuo en una poca de agua y agrega H<sup>2</sup>SO<sup>4</sup> diluido, se filtra en crisol tarado, se evapora a baño maría, se desaloja el exceso de H<sup>2</sup>SO<sup>4</sup> calentando el crisol inclinado con llama directa, se calcina débilmente y pesa.

El Li<sup>2</sup>SO<sup>4</sup> formado encierra pequeñas cantidades de sulfatos de Na y K, por ésto se resta de su peso, 0.00041 gramos por cada 10 c.c. del líquido filtrado, (no contando el alcohol que se usó para lavar) cuando solo hay KCl; cuando solo hay NaCl se resta 0.00051 gramos y cuando ambos están presentes 0.00092.

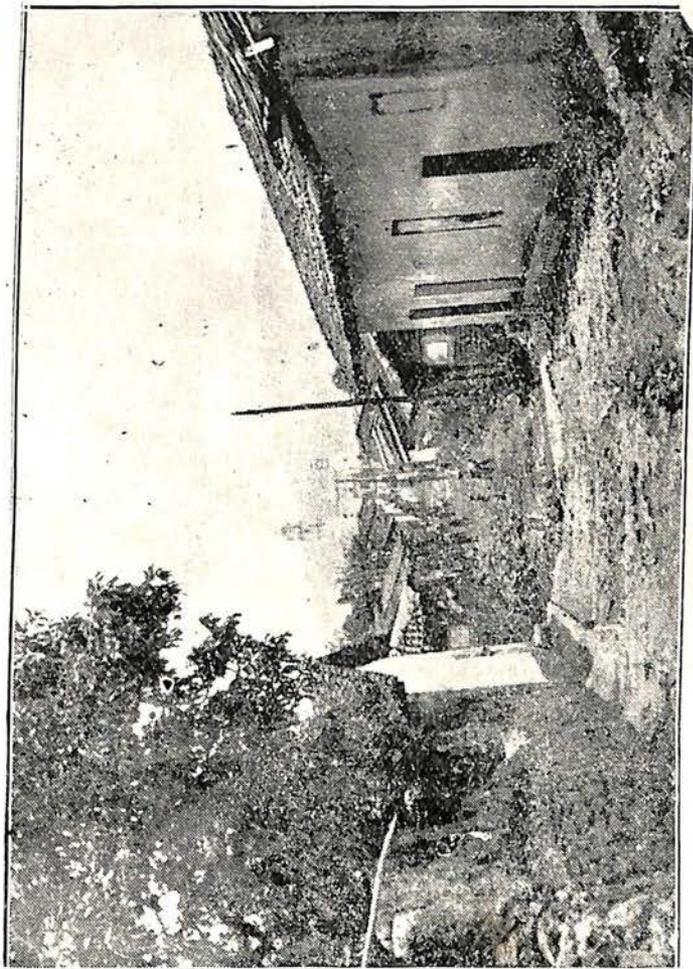
### DETERMINACION DEL LITIO COMO FOSFATO

Se evapora a sequedad la solución que contiene el Li con NaOH y Na<sup>2</sup>HPO<sup>4</sup>, se agrega agua y disuelve a calor suave, las sales solubles, se agrega un volumen igual de NH<sup>4</sup>OH, se digiere durante 12 horas, se recoge el precipitado en un filtro y se lava con agua anómial; se evapora el líquido filtrado puesto que el Li<sup>3</sup>PO<sup>4</sup> puede disolverse en pequeña cantidad en las aguas del lavado, se trata el residuo como se dijo antes, si se tiene todavía un poco de Li<sup>3</sup>PO<sup>4</sup> se agrega al precipitado. Se deseca a 110° sobre un filtro tarado o se calcina al rojo después de haber separado lo más que se sea posible el precipitado del filtro.

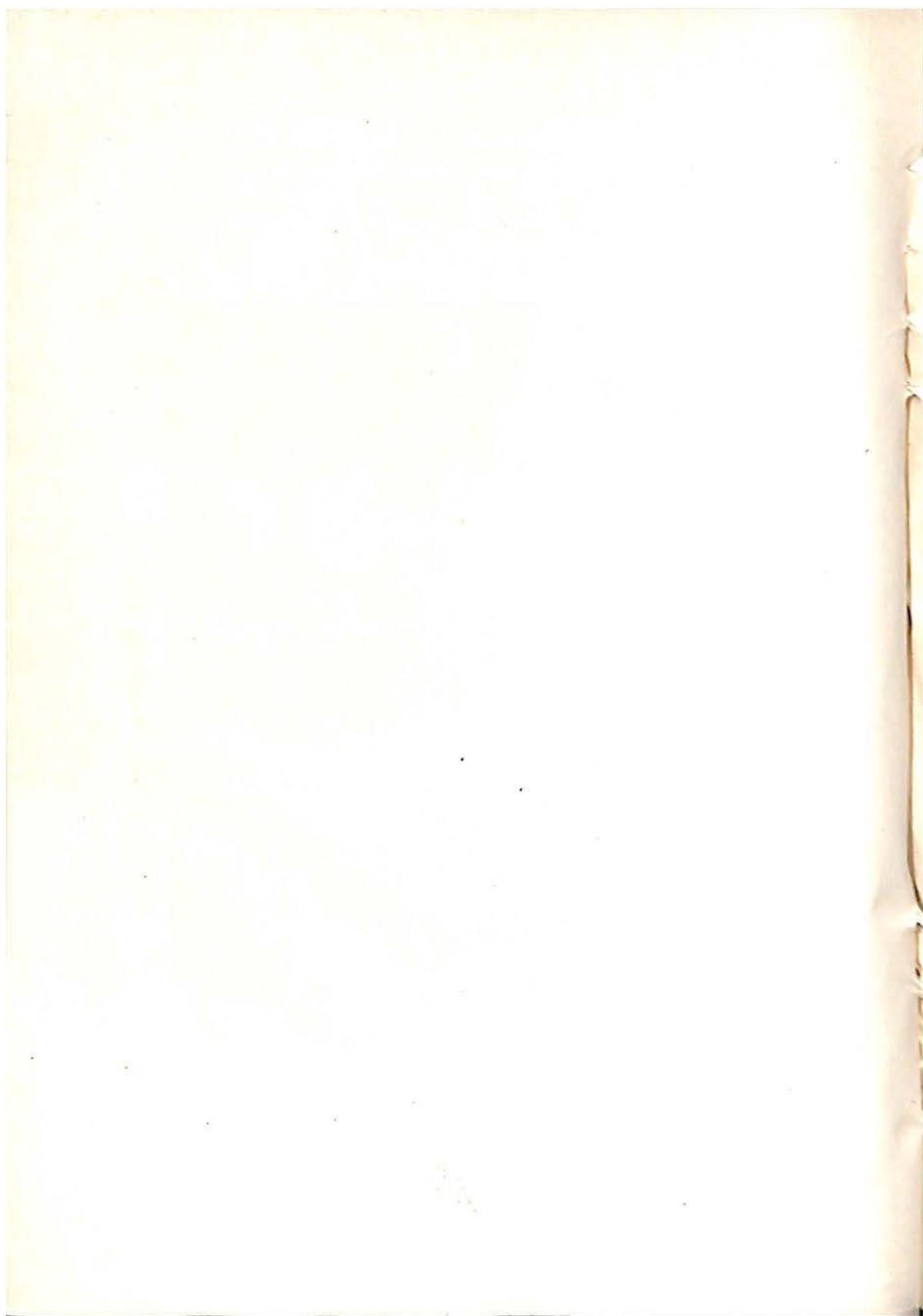
El primer método que expuse es éste, modificado según las necesidades de mi caso.

Determiné el Li por los dos métodos primeros y obtuve resultados muy concordantes.

Litio . . . . . 0.0142 gramos por litro.



Una calle de Ixtapan de la Sal.



El Na se acostumbra dar por métodos indirectos, pero a mí me pareció mejor determinarlo directamente de la solución del sexto grupo reservada para el caso por un método citado por Mr. Ernest Kahane en el Journal de Pharmacie et de Chimie del primero de mayo de 1930 y tiene como base la formación del acetato triple de Na, Mg y  $UO_2$  o sal de Streng, para lo cual se necesita el reactivo siguiente:

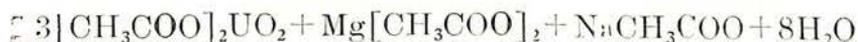
Acetato de Uranilo cristalizado . . .	32 gr.
Acetato de Magnesio . . . . .	100 „
Acido acético . . . . .	20 c.c.
Alcohol a 90° . . . . .	500 „
Agua c.b. . . . .	1,000 „

Se prepara calentando al baño maría los acetatos metálicos con alcohol, ácido acético y unos 300 c.c. de agua hasta disolución; después de frío se completa el volumen a 1,000 c.c., se deja reposar 12 horas y se filtra. El licor obtenido se guarda en sitio obscuro.

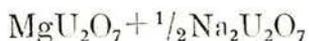
**Precipitación:**

La solución que contiene Na se trata con 2.5 volúmenes del reactivo anterior, se ayuda la precipitación agitando unos minutos. A la media hora ha quedado precipitado totalmente. Se filtra en un gooch o alundum. Se lava con el mismo reactivo precipitante, después con alcohol a 90°, se lleva a la estufa a 100° por 30 minutos, se pesa el alundum. La cantidad encontrada se multiplica por 0.015.

El precipitado tiene la composición siguiente:



Si se quiere se calcina 15 minutos sin pasar del rojo sombra. Entonces el factor es: 0.02474 de Na y la composición del residuo es:



Sodio . . . . . 1.1820 gramos por litro.

**DETERMINACION DE K**

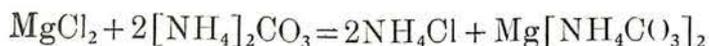
Como  $K^2PtCl_6$ .

Se funda este método en que el  $K^2PtCl^6$  es prácticamente insoluble en alcohol, mientras que la sal sódica es soluble en él. El NaCl es insoluble en alcohol, por lo tanto es necesario que ambos metales estén al estado de cloroplatinatos porque de lo contrario el  $K^2PtCl^6$  resultaría impurificado por el NaCl aumentando entonces la cantidad de K.

Modo de operar:

La solución de los cloruros se trata en una cápsula de porcelana por el  $H^2PtCl^6$  y se evapora casi a sequedad a baño maría evitando que hierva. Se debe poner un ligero exceso de  $H^2PtCl^6$  para tener la seguridad que todo el Na y el K han reaccionado; la cantidad de  $H^2PtCl^6$  se obtiene restando del peso del sexto grupo el  $MgCl^2$  y el  $LiCl$  y suponiendo que el resto es NaCl por tratar con dicho reactivo. Una vez fría la solución concentrada se le añaden unos c.c. de alcohol, se reduce a polvo fino mediante una varilla de vidrio, se decanta sobre un filtro humedecido con alcohol o en alundun y así se sigue tratando con alcohol la mezcla salina hasta que el alcohol filtre completamente claro y la sal que resta tome color claro amarillo y ya no presente puntos anaranjados, se lava el precipitado del filtro con alcohol y después se deseca en estufa a  $80^\circ$  ó  $90^\circ$ . Una vez seco se pesa. El peso encontrado se multiplica por el factor 0.3056 para obtener la cantidad de KCl. Para darlo en K lo multipliqué por su factor que es 0.5235.

Como la solución problema en que determiné K, contenía Mg, Li y Na, fue necesario eliminar los dos primeros, para lo cual precipité el Mg en la forma de  $Mg(NH^4CO^3)^2$ , con lo cual se elimina también parte del Li como  $Li^2CO^3$ , lo que resta de Li no estorba puesto que el cloroplatinato respectivo es soluble y al lavar con alcohol queda eliminado por entero. Este método de eliminar Mg es de Schaffgott y fue modificado por Croch y Eddy. Se funda en que las sales magnésicas son precipitadas por una solución concentrada y amoniacal de  $(NH^4)^2CO^3$  en presencia de alcohol, dando  $Mg(NH^4)^2CO^3$ .



Reactivo:

180 c.c. de amoníaco.

800 c.c. de agua.

900 c.c. de alcohol absoluto. Saturar el líquido anterior con  $\text{NH}_4\text{CO}_3$ .

Se concentra la solución en que se va a eliminar el Mg, eliminando sales de amonio, se toma un poco de agua, se añade su volumen de alcohol absoluto y un volumen igual al obtenido del reactivo anterior. Se deja reposar unas 5 horas, se filtra. El filtrado se evapora a sequedad, se eliminan sales amónicas y se precipita el K del modo antes descrito.

También puede eliminarse el Mg como hidróxido, agregando agua de barita o agua de cal, pero el método es más laborioso, más lento y a causa del mayor número de manipulaciones los errores son mayores.

Potasio . . . . . 0.039 gramos por litro.

### DETERMINACION DE ANIONES

Por el análisis cualitativo pude ver que el agua contiene sulfatos, cloruros, y bicarbonatos.

#### Bicarbonatos

Siempre que añadí un ácido al agua, observé desprendimiento de burbujas que pude identificar, eran de  $\text{CO}_2$ , por enturbiar el agua de barita y también la de cal. Deduje que no se trataba de un carbonato, sino de bicarbonatos, por las reacciones que obtuve con los indicadores: es neutra a la fenolftaleína, alcalina al papel de tornasol y al naranjado de metilo.

Al hervir el agua se produce un enturviamiento abundante lo que me indica la presencia de bicarbonatos, puesto que los carbonatos alcalinotérreos son insolubles en el agua, pero solubles merced al ácido carbónico que los transforma en bicarbonatos. Al hervir se elimina anhídrido carbónico, y viene entonces la precipitación de los carbonatos.



Además el agua contiene Ca y formaría carbonato de calcio que yo encontraría como parte insoluble en ella y nunca sucedió tal cosa.

Determiné volumétricamente los bicarbonatos. Tomé 10 c.c. de agua con una pipeta, los pasé a un erlenmeyer, agregué un poco de agua destilada y dos gotas de naranjado de metilo. Dejé caer de una bureta, solución N/10 de HCl gota a gota, hasta que viró la solución de amarillo al rosa.

El número de c.c. gastado lo multipliqué por el factor 0.0061 y llevé el resultado a un litro.

Bicarbonatos . 1.6170 gramos por litro en  $\text{HCO}_3^-$

### Determinación de Sulfatos

Para determinar los sulfatos se pueden seguir dos clases de métodos: volumétricos o gravimétricos. Usé el método volumétrico siguiente:

Herví 100 c.c. de la muestra, medidos con bureta, los acidulé con HCl, añadí exactamente 25 c.c., medidos con bureta de solución N/10 de  $\text{BaCl}_2$  en pequeñas porciones; continué hirviendo por algún tiempo la solución, agregué 6 gramos de  $\text{CH}_3\text{COONa}$  cristalizado, agité, añadí 25 c.c. de solución N/10 de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  que obtuve disolviendo la cuarta parte del peso molecular del  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , enfrié y aforé a 200 c.c., mezclé y filtré; tomé 100 c.c. del filtrado, le añadí 2 gramos de KI y 10 c.c. de HCl, diluí algo y titulé el yodo desalojado con solución N/10 de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

Cálculo:

B = número de c.c. de solución N/10 de  $\text{BaCl}_2$   
C = número de c.c. de solución N/10 de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$   
T = número de c.c. de solución N/10 de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{SO}_4 = (B - (C - T)) \cdot 0.666 \cdot 0.0048 \times 29.$$

Método gravimétrico:

Se basa en la formación de un sulfato insoluble. La solución problema se concentra hasta pequeño volumen, se agregan unas gotas de HCl y se precipita sin dejar de hervir con solución de  $\text{BaCl}_2$  hasta que ya no

dé más precipitado. El  $\text{BaCl}^2$  también debe estar caliente. Una vez obtenido el precipitado se hierve hasta que el precipitado se aglomere en el fondo y la solución quede transparente; se filtra la solución por un aludun, se lava con agua que contenga  $\text{BaCl}^2$  y luego con agua destilada, se seca a la estufa, se calcina y pesa. Se calcina un poco más y después de frío se hace una segunda pesada para ver si no varía el peso. Si esto sucede, se sigue calcinando hasta obtener peso constante.

Sulfatos . . . . . 0.6127 gramos por litro dado en ión  $\text{SO}^4$ .

### Determinación de Cloruros

Seguí el método de Volhard.

Se toma una cantidad de agua bien medida, se le agregan unas gotas de  $\text{HNO}^3$  y un ligero exceso de  $\text{AgNO}^3$  N/10, medido con bureta, en seguida se le añaden unos 2 c.c. del indicador alumbre de fierro en solución nítrica y retitula el exceso de  $\text{AgNO}^3$  N/10 con una solución de N/10 de  $\text{NH}^4\text{SCN}$ . Se conoce el exceso de una sola gota de  $\text{NH}^4\text{SCN}$  cuando en la solución aparece una coloración roja.

La cantidad de  $\text{NH}^4\text{SCN}$  gastada, se resta de la cantidad de  $\text{AgNO}^3$  puesta al principio y la diferencia representa la cantidad de  $\text{AgNO}^3$  consumida por los cloruros existentes en el agua, ese número se multiplica por el factor del  $\text{Cl}^2$  y lleva el resultado a 1,000.

Cloruros en  $\text{Cl}^2$  . . . . . 1.728 gramos por litro.



---

---

## ESTUDIO BACTERIOLOGICO

Para tomar la muestra usé un frasco de cristal de tapón esmerilado perfectamente limpio y estéril.

Antes de destapar el frasco, flamé su boca con una lámpara de alcohol, lo llené y lo tapé después de flameado, cuidando estuviera el tapón perfectamente ajustado y lo cubrí después con una capa de parafina.

Como los gérmenes se multiplican muy rápidamente en el agua a la temperatura ordinaria, es necesario conservar estas muestras hasta proceder a su análisis en condiciones de que no se efectúe esa multiplicación para lo cual conservé el agua a cero grados.

Para poder transportar estas muestras sin alteración se recomienda guardar el frasco con el agua dentro de un recipiente metálico con trozos de hielo y éste dentro de otro más amplio lleno también de hielo. Dentro de uno y otro se pone una gruesa capa de serrín. De este modo traje mis muestras.

Al llegar al laboratorio destapé con todas las precauciones el frasco, lo agité para homogenizar la muestra y con una pipeta estéril y flameada al momento tomé un c.c. de muestra y 9 c.c. de agua esterilizada y los pasé a una copa estéril; así tuve una solución al décimo. En otro matraz estéril también vertí dos gotas de solución al décimo, es decir una centésima parte del c.c. del agua por analizar.

Se toma un tubo de gelatina fundida y cuando su calor lo toleré en la mano, vertí su contenido en el matraz y agité para mezclar el agua; lo dejé en una superficie horizontal para que solidificara.

Estas siembras las hice en cajas de Petri estériles con gelosa, operando con diluciones del agua al dé-

cimo y al centésimo, las coloqué en la incubadora a 39° (temperatura media de mi agua) por varios días. Los resultados con ambos métodos fueron los mismos.

Pasando algún tiempo, se desarrollan colonias originadas cada una por un germen generalmente, de modo que contando éstas se tiene el número de gérmenes en el número de gotas puestas en la gelatina.

Todos los días se observan las cajas, anotando cuántas colonias se desarrollan y marcan con tinta por la parte posterior de la caja para no volver a contarlas. Al día siguiente se ven cuántas más se desarrollan.

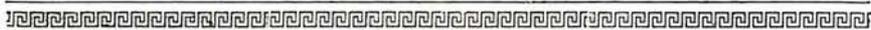
El número de colonias al fin de 15 ó 20 días se multiplica por 10 ó 100 según la dilución y se tiene así la cantidad de colonias por c.c.

Hice la siembra en tres cajas de Petri con gelsa y en tres matraces con gelatina con objeto de poder tomar como resultado el promedio, pero en ninguna hubo desarrollo.

Resultado . . . No hubo desarrollo de colonias.

Debo advertir que en el Instituto de Biología, encontraron **bacterias ferruginosas**; pero en los varios análisis que hice, obtuve resultados negativos.

---



## ESTUDIO DE LA RADIOACTIVIDAD

Se cree que la radioactividad tiene gran influencia en la acción terapéutica de las aguas minerales, de aquí la importancia de este estudio.

El descubrimiento de la radioactividad se debe al sabio francés Bécquerel en 1896 al hacer experimentos de fluorescencia o fosforescencia, colocó un compuesto de uranio en papel negro, sobre una placa fotográfica y vió con sorpresa que ésta resultó impresionada.

Después se supo que la radioactividad es una propiedad del uranio.

Más tarde, estudiando la radioactividad de las pechblendas de Joachimsthal en Austria, observó Madame Curie, que su actividad era superior a la que correspondía a su riqueza en uranio, lo cual hizo sospechar la existencia de cuerpos más intensamente radioactivos; los cuales llegó a descubrir dándoles el nombre de Polonio y Radio.

La radioactividad se manifiesta por cuatro fenómenos principales: impresión de placas fotográficas, producción de fluorescencia de ciertos cuerpos colocados en su presencia, pérdida de las propiedades aisladoras del aire y desarrollo continuo de calor.

Estas propiedades son debidas a las radiaciones que emiten.

Se ha comprobado que las rocas contienen cantidades más o menos pequeñas de radio y Elster y Geitel observaron que el aire extraído de algunos pozos profundos es considerablemente radioactivo y por experiencias que llevaron a cabo, dedujeron se trataba de radioactividad inducida.

Los cuerpos radioactivos, hacen al aire buen conductor de la electricidad, emiten constantemente una emanación invisible, producen en los cuerpos una emanación inducida que los hace radioactivos.

Este desprendimiento constante de energía lo explican suponiendo que un átomo radioactivo es un sistema complejo en equilibrio inestable, que al disgregarse sufre metamorfosis sucesivas hasta dar un átomo estable.

La radioactividad atribuída a las aguas minerales, es conocida hace tiempo. La identificación por vía química, es prácticamente imposible, pero las propiedades de las emanaciones que emiten, permiten métodos de investigación y cuanteo.

Uno de los métodos está basado en la acción de estas radiaciones sobre una placa fotográfica.

Otro método de investigación y cuanteo de estas emanaciones, está fundado en la propiedad que tienen de convertir al aire en buen conductor de la electricidad.

Se usan aparatos llamados electrómetros o electroscopios para hacer estas determinaciones.

Tuve la oportunidad de conocer dos modelos de estos aparatos, uno de los cuales me fue facilitado por el Instituto de Geología y por medio del cual pude hacer mis determinaciones.

Consiste el aparato esencialmente en un electroscopio colocado sobre un depósito amplio de latón niquelado, perfectamente ajustado. En el electroscopio pueden verse 2 hojitas de oro fijas a los lados de una barrita de metal colocada en el centro, y una escala cuyo cero coincide con la varilla central donde se encuentran las hojitas. Tiene además en la parte inferior un cilindro hueco del mismo metal y que va dentro del recipiente destinado para el agua, que es el cilindro de dispersión. Lleva un dispositivo que permite hacer la lectura sin error de paralaje de la desviación de las hojitas, compuesto de una escala con un espejo y una lente móvil. En la parte inferior del depósito hay una llave de vidrio unida a un tapón de caucho. Al usar este aparato emplee el método de agitación.

Se comienza por cargarlo, para lo cual se frota una varilla de lacre, sobre un lienzo de lana y acercándose a la varilla de metal que comunica o en el cilindro de dispersión y la parte superior donde se encuentran las laminillas, las cuales por esta carga se separan. La separación de estas láminas se lee en la escala y anota, así como también la hora exacta en que se hizo la lectura. Se deja así el aparato por una hora al cabo de la cual se hace una segunda lectura, se resta la segunda de la primera y se multiplica por dos, para tener la lectura de las dos hojitas. Así se tiene el número de divisiones por hora. Para transformarlas en volts, se consultan unas tablas que vienen con el aparato obteniendo de este modo la **Dispersión natural o Pérdida normal**.

Una vez que se tiene este dato, se puede determinar ya la radioactividad del agua, para lo cual se toman 1,000 c.c. de ella en el depósito de metal, se tapa con un tapón de goma y agita fuertemente durante uno ó dos minutos; en seguida se substituye el tapón de goma por el electroscopio unido al cilindro de dispersión y se carga nuevamente el aparato como dije antes.

Se anota hasta donde llegan las hojitas en la escala y la hora exacta en que se hace la lectura. Después de una hora o treinta minutos se vuelve a leer en la escala, hasta donde retrocedieron las hojitas y la hora exacta en que se hace esta lectura, segunda.

Se resta esta última de la primera, se multiplica por dos para tener la lectura de las dos hojas y todavía por dos si se tomaron las lecturas con treinta minutos de intervalo, para tener las desviaciones por hora

El número resultante se consulta en las tablas para saber a cuántos volts, corresponde, se le resta la cantidad en volts también, encontrada como pérdida normal y la diferencia nos da la radioactividad del agua en volts.

Datos del baño número 3.

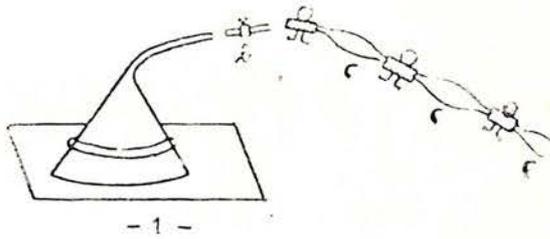
Para la pérdida normal:

Primera lectura . . . . . 13.5

Segunda lectura . . . . . 11.0

Después de 30 minutos . . . . . 2.5

Número de divisiones por hora 10



- 1 -



Fontactoscopio.



Consultando las tablas a 10 divisiones corresponden 93 volts.

Con el agua:

Agua . . . . .	1000 c.c.
Primera lectura . . . . .	14
Segunda lectura (30') . . . . .	9.5
	<hr/>
	4.5

Número de desviaciones por hora . . . 18.

En las tablas a 18 le corresponden 142.5 volts.

Radioactividad . . . . 49.5 volts por hora.

Como este aparato ya está estandarizado, se puede dar la riqueza radioactiva del agua en peso, sabiendo que 131 volts por hora equivalen a 0.0000000659 gramos de Radioactividad.

Radioactividad del baño Núm. 3 . . . . . 0.0000000264 gr. Ra

Radioactividad del baño Núm. 2 . . . . . 41.5 volts.

Radioactividad del baño Núm. 1 . . . . . 81.1 ,,

Radioactividad del baño Núm. 2 . . . . . 0.00000002087

Radioactividad del baño Núm. 1 . . . . . 0.00000004078



---

---

## ESTUDIO DE LOS GASES

El análisis de los gases tiene por objeto reconocer la naturaleza de un gas simple o la naturaleza y proporciones de los diferentes gases que constituyen una mezcla.

La investigación de la naturaleza de un gas simple, se hace utilizando algunas reacciones como son: combustión y absorción por diversas sustancias.

Al ponerse en contacto con diversos líquidos ciertos gases desaparecen formando combinaciones a veces bien definidas. La disminución del volumen primitivo de la porción de esos gases absorbidos.

La recolección de los gases libres ya quedó escrita al principio de estos apuntes.

Los gases disueltos en el agua se recogen por ebullición principalmente.

Para conservar por largo tiempo los gases es conveniente guardarlos en ampollitas de vidrio cerradas a la llama.

En los análisis de gases es necesario muchas veces trasvasarlos usando entonces probetas apropiadas y llenas de Hg, cuidando no queden burbujas de aire. Es muy útil usar en ocasiones embuditos colocados en la bureta en que se va a pasar el gas.

Cuando se va a introducir un reactivo sólido es necesario humedecerlo primero en un poco de agua, para que no lleve aire al ser introducido y para retirarlo basta transvasar el gas de una probeta a otra, ayudándose de un embudito, donde queda el reactivo.

Los reactivos líquidos se introducen por medio de tubitos de 5 a 6 c.c. de capacidad llenos de reactivo y debajo del Hg a la probeta que contiene el gas como si se tratara de trasvasar. Se pueden también introducir por medio de pipetas curvas.

Los reactivos gaseosos se introducen de igual modo que se trasvasan los gases, pero como se mezclan a los otros, no se puede retirar el exceso que permanece sin reaccionar, sino absorbiéndolos por un líquido que no actúe sobre los otros gases.

El volumen de los gases se mide en probetas especiales que tienen divisiones en décimos de c.c., es necesario también conocer la temperatura y precisión para determinar la cantidad del gas. Siendo  $V$  el volumen de un gas a la presión  $H$  y a la temperatura  $t$  se tiene según la leyes de Mariotte y Gay Lussac:

$$\frac{V \cdot H}{(1+at)} = K$$

Si el mismo volumen  $V$  se quiere tener a  $0^\circ$  y a la presión de 760 mm. se tiene:

$$V_0 \times 760 = \frac{Vt \cdot H}{(1+at)}$$

Algunos han dividido los gases en cuatro grupos según la manera como éstos se comportan frente al  $O^2$  y a una solución de KOH.

Primer grupo: Gases combustibles y solubles en la KOH

Segundo grupo: Gases combustibles e insolubles en KOH

Tercer grupo: Gases incombustibles y solubles en KOH

Cuarto grupo: Gases incombustibles e insolubles en KOH

Para conocer si un gas es soluble se introducen a la bureta unos cc. de KOH; si es soluble disminuye su volumen, si es insoluble queda sin alteración.

Para ver si un gas es combustible y si lo es las circunstancias que acompañan este fenómeno, se coloca un cerillo inflamado en el orificio de la probeta con el gas. Si esto sucede se observa si se verifica con un depósito o sin él.

Los gases más importantes del primer grupo son: el  $H^2S$  que arde dando depósito de  $S$  y desprende  $SO^2$  reconocible por su olor y el cianógeno  $C^2N^2$  que arde con llama púrpura sin dejar depósito.

Los gases del segundo grupo son muy numerosos: entre los que arden con depósito, están:  $PH^3$  que da humos blancos al arder,  $AsH^3$  con depósito moreno.

Entre los que arden sin dejar residuo están el CO y el  $C^2H^2$

Los gases del tercer grupo se reconocen por los caracteres siguientes:

El peróxido de N ( $NO^2$ ) gas rojo que da con el  $FeSO^4$  una coloración morena.

El  $Cl^2$  conocido por su olor y color amarillo verdoso es absorbido por el Hg dando  $HgCl^2$ .

Entre los gases incoloros se distinguen los que humean al aire y los que no lo hacen. Entre los primeros está el fluoruro de boro que carboniza al papel y el fluoruro de silicio que da depósito de sílice gelatinoso.

Entre los gases que no fuman al aire están el  $SO^2$  que decolora una mancha de tinta y que se reconoce por su olor.

El  $CO^2$  que enturbia el agua de cal y apaga cualquier llama o combustión. Hay otros gases que pertenecen a éste grupo, pero los principales son esos.

Entre los gases del cuarto grupo están principalmente el NO  $NO^2$  el  $O^2N^2$  y otros.

El NO se reconoce porque da vapores rutilantes al contacto del aire.

El  $NO^2$  mantiene la combustión, reaviva un cerillo que tenga un punto en ignición.

El  $O^2$  que también puede reavivar un cerillo se diferencia del anterior porque da vapores rutilantes cuando se mezcla con un poco de NO.

El  $N^2$  no mantiene la combustión, no es absorbido por los reactivos usados en el análisis de gases; se le conoce por estos caracteres negativos. También se le puede reconocer agregando a la probeta que lo contiene un poco de acetileno y haciendo pasar la chispa eléctrica con lo cual se produce HCN que se combina con la KOH dando KCN, la solución se trata con una mezcla de sales ferrosa y férrica en presencia de HCl diluido con lo que se forma azul de Prusia.

Ciertos gases no pueden encontrarse al mismo tiempo en una mezcla por sus reacciones recíprocas, por ejemplo el HCl con el  $NH^3$  el  $H^2S$  con el  $Cl^2$  y  $SO^2$ .

El  $SO^2$  y el  $H^2S$  pueden estar juntos cuando están secos, húmedos son incompatibles.

El  $\text{CO}_2$  es incompatible con los gases alcalinos, el  $\text{H}^2$  con el  $\text{Cl}^2$ .

Llevé a cabo el estudio de los gases dividiendo el trabajo en dos partes: gases disueltos en el agua y gases desprendidos del manantial.

### GASES DISUELTOS EN EL AGUA

Para esta determinación improvisé un aparato semejante al de la Fig. Núm. 2.

Se adapta con ayuda de un tubo de hule provisto de una pinza P el matraz B completamente lleno de agua y medido ese volumen. Cerrada la pinza se elimina el aire del tubo A C haciendo hervir el agua contenida en la bola A. El extremo inferior del tubo A C llega debajo del Hg, a una probeta de gases llena también de Hg. Cuando se ha eliminado el aire del tubo se abre la pinza P y hace hervir el agua del matraz hasta que no haya desprendimiento gaseoso. Los gases se reciben en la bureta y se lee después de enfriamiento el volumen anotando presión y temperatura.

Tomé un litro de agua.

Leí un volumen de 83.8 en la bureta.

Presión . . . . 586 mm.

Temperatura . . 22°

Tensión del vapor de agua a 22° . . . 19.66 mm.

Para saber el volumen a 0° apliqué la fórmula siguiente.

$$\frac{V (P-f)}{P^o (1+\alpha t)} = V^o$$

Substituyendo los valores:

$$\frac{83.3(586-19.66)}{760 (1+\frac{22}{273})} = V^o$$

efectuando las operaciones se tiene:

Volumen a 0° . . . . . 57.4 cc. por litro

### DETERMINACION DEL ANHIDRIDO CARBONICO TOTAL

La toma de la muestra para esta determinación quedó dicha al tratar de los trabajos en el manantial;

puede tomarse en matraces que contengan 2 ó 3 gramos de hidróxido de calcio exento de  $\text{CO}^2$  y agregar en ellos una cantidad medida de agua, se agita y tapa bien para llevar éstas muestras al laboratorio donde se pasa cuidadosamente el contenido a otro matraz más amplio o en el mismo si es suficientemente grande, tapa con un tapón bihoradado que lleva un refrigerante unido a una serie de tubos de Liebig, unos con KOH de densidad 1.3 para absorber el  $\text{CO}^2$  y otros que contienen  $\text{H}^2\text{SO}^4$  para retener el vapor de agua; al final lleva un tubo en U con  $\text{CaCl}^2$  y pómez potásica que estorba la entrada del  $\text{CO}^2$  y vapor de agua exterior, unido a una trompa de agua. Por la otra perforación pasa un embudo de separación que contiene  $\text{H}^2\text{SO}^4$  o HCl y del cual se deja caer a gotas sobre el agua produciendo el desprendimiento de  $\text{CO}^2$  que se fija en los tubos de KOH. Como éstos tubos con KOH se pesan antes y después de la operación, el aumento de peso nos da la cantidad de  $\text{CO}^2$  contenida en el volumen de agua que se puso en el matraz.

$\text{CO}^2$  disuelto total . . . 1.2763 gramos por litro.

### **ANHIDRIDO CARBONICO COMBINADO**

El  $\text{CO}^2$  está en el agua como bicarbonato.

Esta determinación quedó hecha al tratar la parte química del agua, haciendo la titulación con naranja de metilo como indicador y HCl N/10, dando una cantidad de 1.6170 gramos por litro de  $\text{HCO}^3$  y que expresado como  $\text{CO}^2$  da  $\text{CO}^2$  combinado 1.1663 gramos por litro.

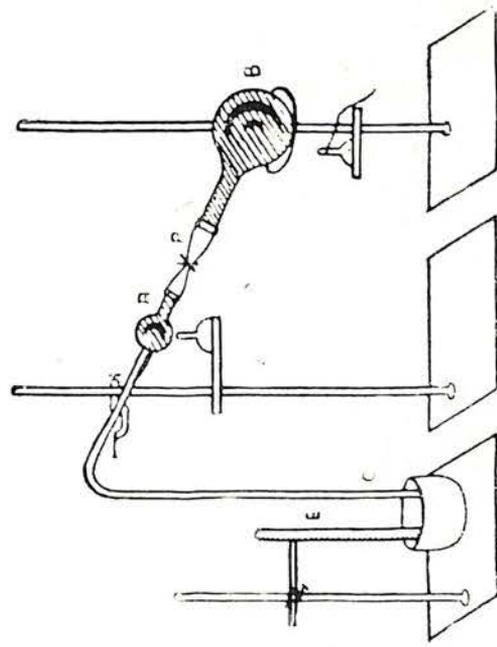
### **ANHIDRIDO CARBONICO LIBRE**

La diferencia entre el  $\text{CO}^2$  total y el libre da la cantidad de  $\text{CO}^2$  libre.

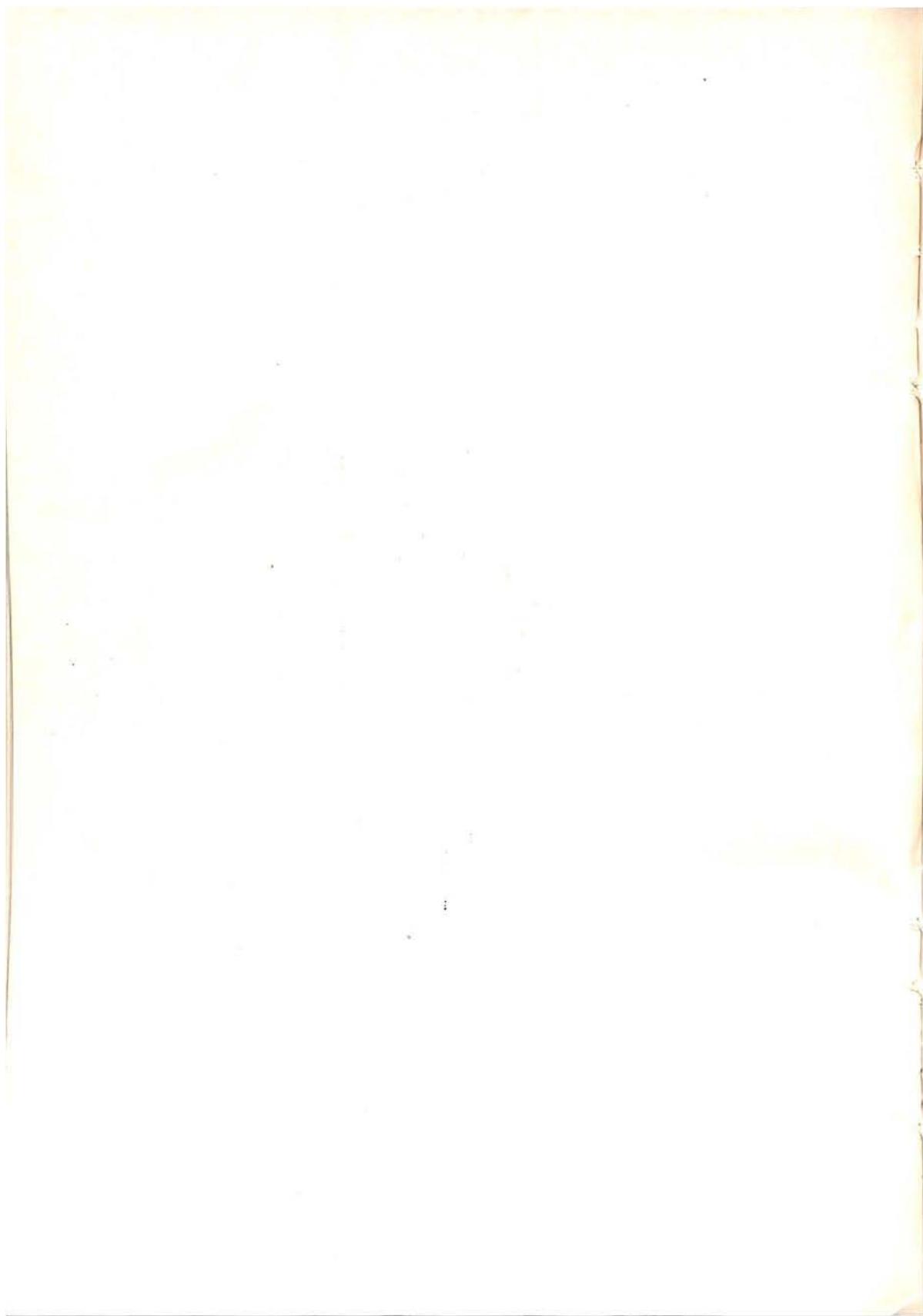
$\text{CO}^2$  libre . . . . . 0.1100 gramos por litro.

### **ACIDO SULFHIDRICO DISUELTO**

No existe constantemente en los manantiales que



(5)



estudio. El  $H^2S$  disuelto se determina por medio de una solución N/10 de yodo o N/100 cuando se encuentra en pequeñas proporciones.

Se toma una cantidad de agua medida exactamente y agrega solución N/100 de yodo cuidando haya un ligero exceso; después se retitula el exceso de yodo por medio de una solución N/100 de  $Na^2S^2O^3$  usando como indicador el engrudo de almidón.

La cantidad de  $Na^2S^2O^3$  gastada se resta de la de yodo puesta al principio, la diferencia de la cantidad de yodo empleado para el  $H^2S$ .

El número de c.c. gastados de yodo se multiplica por el factor del  $H^2S$  y lleva a 1000 c.c.

$H^2S$  . . . . . 0.02611 por litro:

### ACIDO SULFIDRICO LIBRE

El  $H^2S$  que se desprende del manantial se puede cuantear recogiendo los gases por medio de un embudo y haciéndolo llegar a un tubo de bolas o aparato de absorción que lleva en un extremo una bola más grande con un tapón unido a un tubo con llave. Este tubo se une a otro de hule que lleva un embudo, el cual se llena de agua y ya dentro del manantial se invierte para que no entre el aire. El gas empieza a subir y desaloja al agua del embudo y del tubo de hule, pasando al aparato de absorción.

En el aparato de absorción se pone una cantidad medida con bureta de solución N/100 de yodo.

Se hace pasar la corriente de gas abriendo la llave que va unida al tubo con el embudo, después de haber desalojado el aire. Al entrar el gas desaloja un volumen igual del agua contenida en un frasco unido al otro extremo del tubo de absorción y que se mide en una probeta. El exceso de yodo se retitula con una solución N/100 de  $Na^2S^2O^3$  usando como indicador el engrudo de almidón. La diferencia entre el número de c.c. de  $Na^2S^2O^3$  y el número de c.c. de yodo se multiplica por el factor del  $H^2S$  y se relaciona a un litro.

$H^2S$  desprendido por un litro de agua . . 0.0457 gramos.

## GASES DESPRENDIDOS DEL MANANTIAL

Los gases se recogen en tubos y se cierran a la lámpara o bien en botellas y tapan perfectamente. La recolección de gases la describí al principio de estos apuntes.

Para determinar la cantidad y naturaleza de los gases se usan métodos basados en la propiedad que tienen algunos reactivos de observarlos como son la KOH y el ácido pirogálico o pirogalato de potasio.

El análisis de los gases del agua lo hice en un aparato que hay en el Instituto de Geología y que está representado aun cuando sea sin detalles en la Fig. 3.

Consta de una bureta graduada en décimos de c.c. llena de Hg colocada en un baño de agua, dentro del cual va también un tubo barométrico y un termómetro. La bureta graduada, tiene dos llaves de doble vía; la primera comunica con un manómetro por un lado y también con otro tubo que lleva la segunda llave que comunica a su vez por un lado con un tubo encorvado da entrada a los gases y por otro con una serie de recipientes apropiados que llevan los reactivos KOH y pirogalato de potasio y un tubo de combustión lleno de Hg, cuyo nivel se hace variar por medio de una pera de vidrio unidos por un tubo de hule lleno también de Hg; la pera se sube o baja moviendo un anillo que la sostiene en un soporte. La bureta está unida por su parte inferior con otra pera de vidrio por medio de la cual se permite la entrada del gas, cuando se baja.

Para el análisis se empieza por eliminar el aire contenido en la bureta, haciendo que el Hg llegue hasta la llave superior. Se hace entrar un volumen de gas y mide en la bureta estableciendo el equilibrio de presión con el manómetro.

Se pasa el gas medido al frasco que contiene la KOH para retener el  $\text{CO}_2$ . El gas sobrante se recoge en la bureta nuevamente y mide. La diferencia entre la primera lectura y esta segunda da la cantidad de  $\text{CO}_2$  absorbido por la KOH.

En seguida se pasa el resto del gas al recipiente que contiene el pirogalato de potasio para retener el

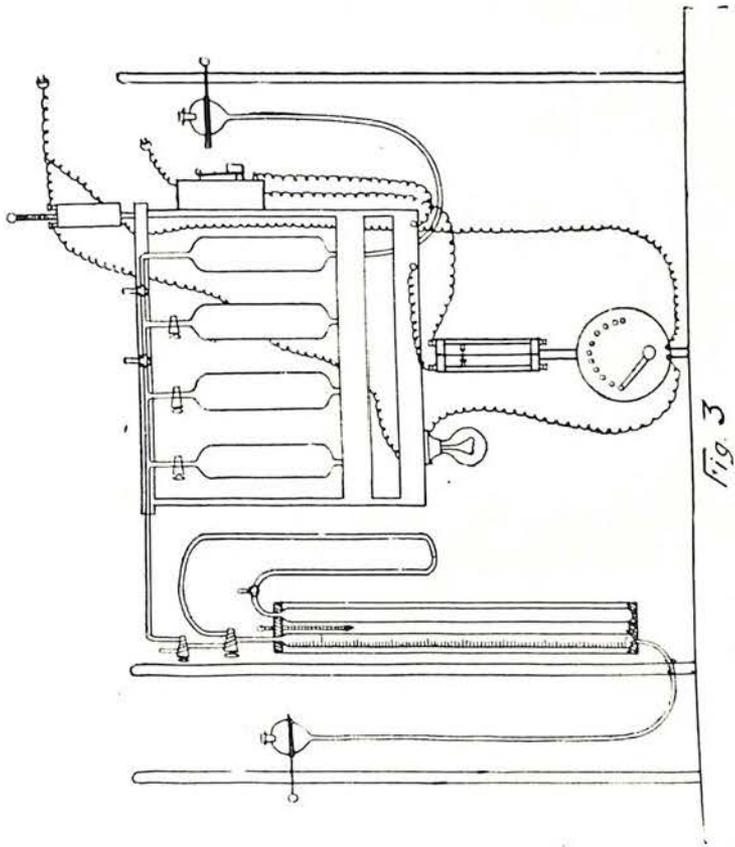
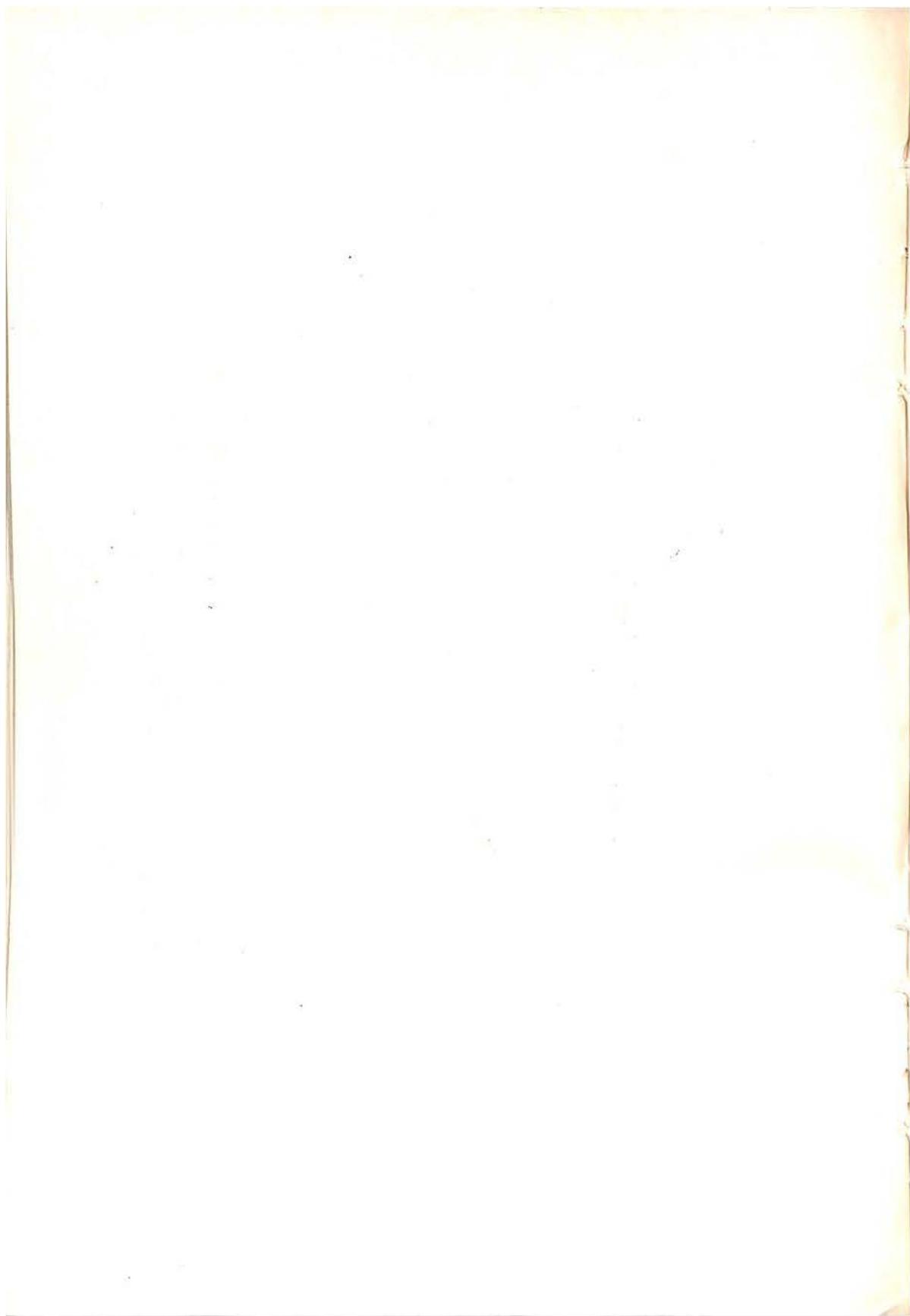


Fig. 3



O<sup>2</sup> pasados unos minutos el gas restante se regresa a la bureta para medir su volumen. Lo que falta del volumen antes leído es lo que corresponde al O<sup>2</sup>. El resto de gas constituye el N<sup>2</sup>.

Al hacer estas mediciones se iguala siempre la presión por medio del manómetro, ya sea subiendo o bajando la bola con el tubo de hule llenos de H<sup>2</sup>.

El resultado del análisis de los gases recogidos en el manantial número dos es el siguiente:

Volumen del gas analizado . . . . .	82.60
Volumen absorbido por KOH . . . . .	80.1
Volumen absorbido por el pirogalato de potasio . . . . .	0.5
Volumen de N <sup>2</sup> . . . . .	2.00
CO <sup>2</sup> . . . . .	96.97%
O <sup>2</sup> . . . . .	0.60,,
N <sup>2</sup> . . . . .	2.42,,

**Baño Núm. 1.**

CO <sup>2</sup> . . . . .	97.30%
O <sup>2</sup> . . . . .	0.56,,
N <sup>2</sup> . . . . .	2.13,,

**Baño Núm. 3.**

CO <sup>2</sup> . . . . .	98.82%
O <sup>2</sup> . . . . .	0.18,,
N <sup>2</sup> . . . . .	0.98,,

A continuación expongo un resumen de los análisis hechos, advirtiéndole que los resultados que van en el texto de la tesis corresponden al baño número 2.



ANALISIS DE LAS MUESTRAS RECOGIDAS EL  
12 DE SEPTIEMBRE

Aniones:	Baño núm. 1	Baño núm. 2	Baño núm. 3	
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.6073	0.6020	0.6108	gr./lit.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.6073	1.6105	1.6180	„
Cl <sup>-</sup>	1.7027	1.7030	1.7249	„
Cationes:				
Fe	0.00007	0.00016	0.00014	„
Al	0.00005	0.00007	0.00006	„
Ca	0.5270	0.5280	0.5304	„
Mg	0.0715	0.0700	0.0723	„
Li	0.0122	0.0129	0.0119	„
Na	1.1952	1.1922	1.1995	„
K	0.0409	0.0387	0.0409	„
Combinaciones probables				
MgSO <sub>4</sub>	0.3575	0.3500	0.3615	„
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.00031	0.00044	0.00038	„
Na <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	0.4749	0.4757	0.4751	„
Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.00021	0.00050	0.00046	„
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2.1342	2.1382	2.1481	„
LiCl	0.0742	0.0789	0.0852	„
KCl	0.0782	0.0736	0.0738	„
NaCl	2.6487	2.6404	2.6597	„
Extracto:	5.7689	5.7595	5.7689	„

ANALISIS DE LAS MUESTRAS RECOGIDAS EL 4 DE ENERO  
DE 1932

Aniones:	Baño núm. 1	Baño núm. 2	Baño núm. 3	
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.6110	0.6127	0.6139	gr./lit.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.6092	1.6170	1.6191	„
Cl <sup>-</sup>	1.7139	1.7280	1.7260	„
Cationes:				
Fe	0.00007	0.00010	0.00012	„
Al	0.00006	0.00015	0.00010	„
Ca	0.5283	0.5300	0.5308	„
Mg	0.0720	0.0705	0.0727	„
Li	0.0126	0.0142	0.0143	„
K	0.0416	0.0390	0.0418	„
Na	1.1992	1.1820	1.2012	„

Combinaciones probables				
MgSO <sub>4</sub>	0.3600	0.3525	0.3625	„
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.00038	0.00095	0.00063	„
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.4773	0.4880	0.4701	„
Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.00023	0.0003	0.0004	„
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2.1396	2.1465	2.1497	„
LiCl	0.0765	0.0862	0.0869	„
KCl	0.0794	0.0745	0.0798	„
NaCl	2.6568	2.6437	2.6679	„
Extracto:	5.7806	5.8080	5.8202	„

### ACCION DE LAS AGUAS MINERALES

Son varios factores los que intervienen en ella: la termalidad, los gases y las sales que llevan disueltas, así como también las emanaciones radioactivas.

Arensson clasificando la acción de las aguas admite una dinámica ya estimulante, ya sedante; otra alterante, diluyente o reconstituyente; otra eliminadora y otra revulsiva.

La primera obraría por la termalidad y la composición química sobre el sistema nervioso, el corazón, la piel, el estómago. Los elementos activos serían el H<sup>2</sup>S, H<sup>2</sup>CO<sup>3</sup>, los carbonatos sódicos y térreos y también el Fe.

La acción alterante obra sobre los líquidos o bien sobre los sistemas cutáneo y glandular, ya sea aumentando la dilución de los elementos o aumentando otros. Esta acción se manifiesta en tres sentidos: por el diluyente introduce más agua al organismo en el sistema circulatorio, la bilis, la orina, etc., todos los líquidos orgánicos sienten su efecto; por el reconstituyente, se regenera la sangre por la presencia del Fe; por el efecto llamado específico, sobre el sistema glandular por el yodobromo y los cloruros, sobre el sistema cutáneo por el H<sup>2</sup>S.

La acción eliminadora es muy compleja; obra sobre el sistema cutáneo el intestino, el riñón por el agua, el calor, los sulfatos y los cloruros, su objeto es expulsar del organismo los principios nocivos.

La acción revulsiva tiene lugar a distancia, obra sobre un órgano por intermedio de otro. Los efectos de una agua clorurada o sulfatada en el intestino pueden ser muy útiles secundariamente para una afección cardíaca o cerebral.

Cuando las aguas son mesotermales o hipertermales, convienen particularmente a los individuos escrofulosos o linfáticos con manifestaciones reumáticas.

Cuando las aguas cloruradas sódicas como las de Tuxtapan contienen cierta cantidad de sulfuros o gas sulfúrico, están indicadas en la linfadenitis, el raquitismo y escrofulismo, las dermatosis entre ellas la sífilítica, pueden modificarse favorablemente.

Las aguas sulfurosas tienen aplicación en el tratamiento de las enfermedades respiratorias, habiéndose admitido que obran sobre el neumogástrico y otras han supuesto un efecto fluidificante de las secreciones.

Tienen también aplicación en las enfermedades de la piel, eliminando la capa córnea, cuando se produce en exceso, como en el aené ictiosis o bien excitando su formación cuando se descama demasiado, como en el eccema; es decir, que las aguas minerales sulfurosas pueden obrar como queratolíticas o queratoplásticas, sin dejar de ser beneficiosas para las afecciones uterinas, diabetes artrítica y la obesidad.

Al interior obran como purgantes a fuertes dosis, aumenta el apetito y la digestión se normaliza.

Las aguas bicarbonatadas que contienen además fuerte proporción de  $\text{CO}_2$ , producen síntomas que recuerdan la congestión cerebral como pesadez de cabeza, somnolencia y vértigos, sudor abundante y sensación de abatimiento.

Las aguas que contienen litio, tienen una acción terapéutica en la gota, el reumatismo crónico, la artritis deformante y la litiasis úrica. Obra también favorablemente en las enfermedades respiratorias y digestivas.

Las emanaciones radioactivas dan buen resultado en las enfermedades reumáticas y las inflamaciones

erónicas. Una débil emanación tiene acción bienhechora sobre los fermentos y sobre la eliminación de las sales úricas.

Las células mucosas reciben bajo la influencia del radio, un impulso que estimula sus propiedades vegetativas y funcionales. El Ra. es un modificador energético de la nutrición general.

Por la exposición química del agua de los baños de Ixtapan, tiene las aplicaciones terapéuticas escritas anteriormente.

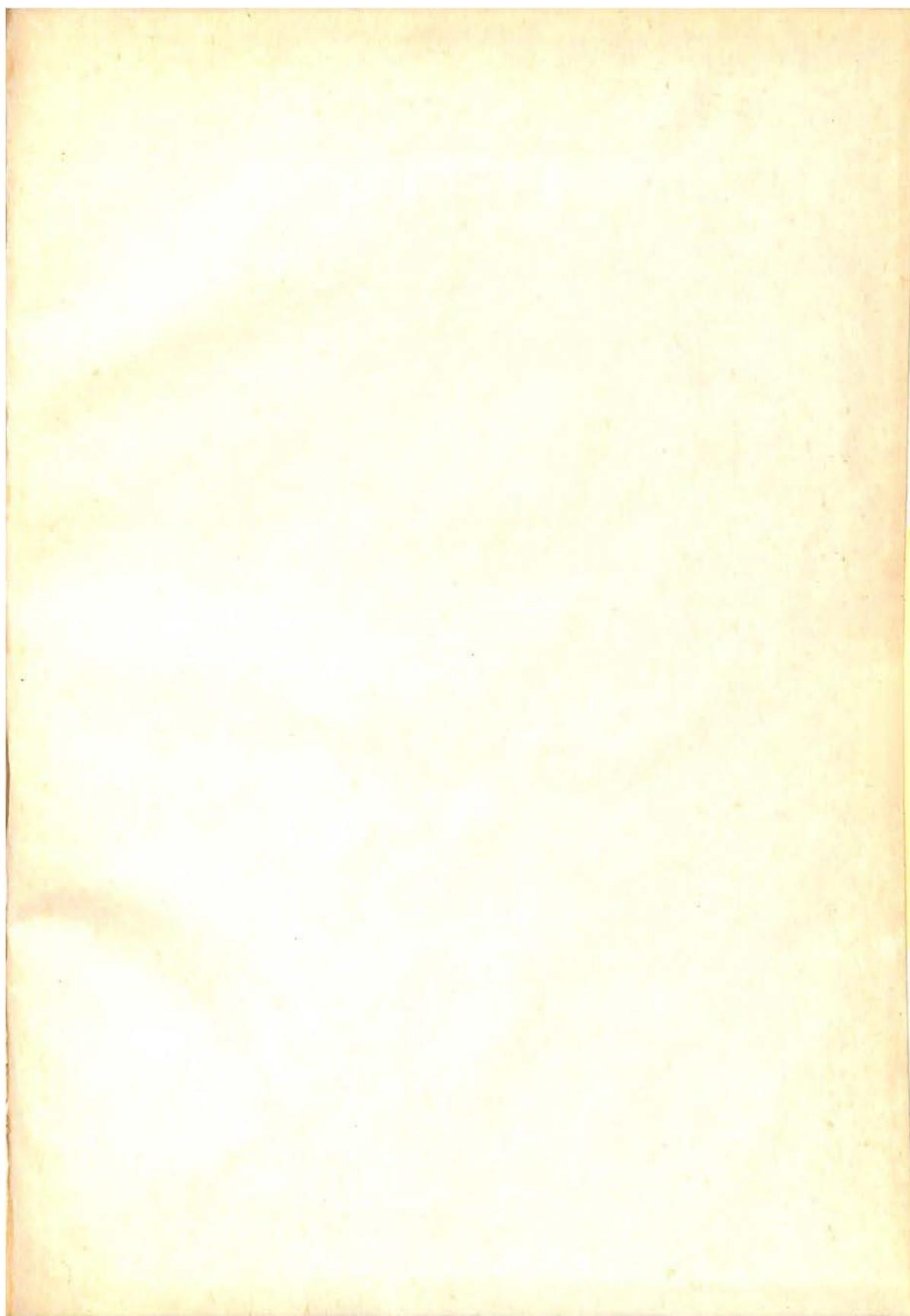


---

---

## BIBLIOGRAFIA

- E. Barral.**—Traité de Chimie Analytique.  
Enciclopedia Universal Espasa.
- R. Fresenius.**—Tratado de Análisis Cuantitativa.
- E. Frémy.**—Encyclopédie de Chimie Pure et Appliquée.
- A. Kling.**—Méthodes Astuelles d'Exportises.
- H. Thomas.**—Enciclopedia Completa de Farmacia.
- E. Thorpe.**—Enciclopedia de Química Industrial.
- F. y W. Treadwell.**—Tratado de Química Analítica.
- Ullmann.**—Enciclopedia Industrial.  
Journal de Pharmacie et Chimie.
-



## FECHA DE DEVOLUCION

El lector se obliga a devolver este libro antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello.



