

# ELIMINACIÓN DEL ARSÉNICO DE LAS AGUAS

DE LA REGIÓN DE BELLVILLE

(PROVINCIA DE CÓRDOBA)

COMUNICACIÓN PRESENTADA A LA SOCIEDAD QUÍMICA ARGENTINA POR EL INSTITUTO QUÍMICO  
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE ESTA FACULTAD

Desde el principio de este año han llegado al laboratorio de investigaciones agropecuarias de la Facultad de agronomía y veterinaria una serie de muestras de aguas, enviadas por el doctor Dáneo, de un campo de su propiedad situado en estación Ballesteros (F. C. C. A.), así como de otros puntos distantes algunas leguas a la redonda del pueblo de Bellville. En todas ellas hemos podido comprobar la constante presencia de los metales arsénico y vanadio, y en cantidades variables (1), resultado que era de esperar después de las recientes investigaciones del doctor Atilio A. Bado sobre las aguas potables de Bellville.

Impresionados especialmente por la presencia del arsénico, y atribuyendo lógicamente a este elemento el poder tóxico de estas aguas, nos planteamos el problema de su eliminación, a fin de hacer realmente potables las aguas de esta vasta región, cuyos habitantes sufren las consecuencias en su salud y haciendas.

Consultada la bibliografía a nuestro alcance, de obras clásicas y revistas tanto de química como de higiene, no hemos podido encontrar ningún dato sobre corrección de aguas arsenicales, probablemente por ser esta la primera vez que se plantea semejante problema.

Sólo hemos encontrado una mención incidental de la desarsenicación de las aguas en el siguiente párrafo de la obra *Handbuch der Hi-*

(1) Oportunamente publicaremos el conjunto de nuestros resultados.

*giene* publicada por Rubner, Gruber y Ficker: «El arsénico suele encontrarse en aguas minerales (*Levico-Vetriolo, Val Sinestra, Wiesbadener-Kochbrunen, Dürkheimer Maxquelle, etc.*), en aguas de bebida (*Trinkwasser*) también a veces, pero sólo en vestigios y muy a menudo asociado al fierro, *junto con el cual puede ser eliminado de ellas*. Si se presenta el arsénico en cantidades considerables, su origen es debido por lo general a desagües de establecimientos industriales (curtiembres, tintorerías, etc.)». Más adelante al tratar esta misma obra de la corrección química de las aguas, se ocupa de la eliminación del hierro y del manganeso, pero ni menciona el posible caso del arsénico.

El problema de la eliminación del arsénico es de fundamental importancia en aguas tales como las de esta región de Bellville, en la que no es posible proveerse naturalmente de otras, libres de este tóxico, el que está contenido, según nuestros análisis, en proporciones que alcanzan 1  $\frac{1}{2}$  miligramo por litro en algunas muestras. Además de sus aspectos químico y económico tiene ante todo la faz higiénica, lo que vale decir que no sólo deberá perseguirse una simple separación económica del arsénico disuelto, sino también de realizarlo en forma de no quitar su carácter de potable al agua.

Felizmente se concilian la solución química del problema, que creemos haber encontrado, con los intereses higiénicos y económicos y por ahora nos hemos ocupado esencialmente de aquella y somos de opinión que la solución completa del asunto no ofrecerá mayores dificultades.

Nuestras investigaciones comprenden los siguientes puntos:

- A. Acción adsorbente del  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ;
- B. Empleo de la solución coloidal de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ;
- C. Empleo de soluciones de  $\text{FeCl}_3$ ;
- D. Empleo del  $\text{SO}_4\text{Fe}, 7\text{H}_2\text{O}$ ;
- E. Empleo de otros medios adsorbentes o filtrantes;
- F. Ensayos en mayor escala.

Finalmente agregamos las conclusiones que juzgamos se desprenden de nuestras investigaciones.

#### A. Acción adsorbente del $\text{Fe}(\text{OH})_3$ recién precipitado

Conocida es la acción adsorbente que ejerce el hidrato férrico sobre el anhídrido arsenioso disuelto, fenómeno que Bunsen explicó como

debido a una combinación química (arsenito férrico?) y al que Bilz estudió y dió la verdadera interpretación (1).

Nuestra primer idea fué por lo tanto de hacer actuar sobre el agua arsenical el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  recién precipitado. Agregando un gran exceso de este hidrato a 1 litro de agua con 1 miligramo de As disuelto, comprobamos que el líquido decantado y filtrado no contenía As, al menos en cantidad revelable después de estar una hora en el aparato de Marsh.

Ante este primer resultado hicimos los siguientes ensayos:

a) En 4 litros de agua que contenía  $0^{\text{m}^{\text{gr}}6}$  de As por litro, agregamos  $3^{\text{gr}}78$  de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  recién precipitado y lavado; agitamos el líquido 4 horas con una corriente de aire, decantamos, filtramos. *No quedó en solución ni vestigios de arsénico;*

b) El residuo de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  utilizado en a fué agregado a otros 4 litros de la misma agua arsenical e igualmente agitada, decantada y filtrada. *Quedó sólo vestigios de arsénico en solución;*

c) Por tercera vez se hizo actuar y en iguales condiciones el mismo  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sobre otros 4 litros de agua arsenical. *Quedó gran cantidad de arsénico en solución.*

Los  $3^{\text{gr}}78$  de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  han permitido eliminar el arsénico contenido en 8 litros de agua, es decir  $0^{\text{gr}}0048$  de As.

*Lavando con solución de carbonato sódico el residuo de hidrato férrico así utilizado, recupera sus propiedades adsorbentes.*

### B. Empleo de solución coloidal de $\text{Fe}(\text{OH})_3$

Como se trata de un fenómeno de adsorción, supusimos que generando el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  en el seno mismo del agua, su acción sería más energética y rápida, en virtud de la enorme superficie de contacto que cabe suponer entre la solución y el precipitado que en ella se engendra.

La mejor forma de producir un precipitado de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dentro del agua misma es agregándole una solución coloidal de este hidrato, el que precipita en presencia de los electrólitos disueltos en el agua arsenical.

Agregando  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  a una solución de  $\text{Cl}_2\text{Fe}$ , se produce un precipi-

(1) *Berichte der Deutschen Chem. Gesellschaft*, 1904, (37, p. 3138).

tado que se redisuelve con desprendimiento de  $\text{CO}_2$ . El  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  se disuelve en la solución de  $\text{Cl}_3\text{Fe}$  dando una solución coloidal rojo-oscuro, cristalina, que se conserva sin alterarse por mucho tiempo. Este hidrosol contiene disuelto, además del  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , una cantidad equivalente de  $\text{ClNa}$  y una pequeña cantidad de  $\text{Cl}_3\text{Fe}$ . Tal es el hidrosol que utilizamos en los ensayos que a continuación exponemos, y su título era de 0<sup>er</sup>034 de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  por cada centímetro cúbico de hidrosol.

Procedimos sobre un agua arsenical preparada artificialmente, que contenía 0<sup>er</sup>0006 de As por litro. A 1 litro de agua agregábamos un volumen determinado del hidrosol, agitábamos frecuentemente durante 1 hora el líquido con su precipitado, y dejábamos luego depositar hasta el día siguiente que lo filtrábamos.

Este cuadro resume los resultados:

| Ensayos | Hidrosol | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | $\text{Fe}''$      | Resultado<br>(As no adsorbido) |
|---------|----------|--------------------------|--------------------|--------------------------------|
| a.....  | 5 c. c.  | 0 <sup>er</sup> 17       | 0 <sup>er</sup> 09 | No dosable                     |
| b.....  | 8        | 0 27                     | 0 144              | No dosable                     |
| c.....  | 11       | 0 374                    | 0 20               | Vestigios                      |
| d.....  | 14       | 0 476                    | 0 25               | »                              |

Algunos de estos ensayos fueron repetidos haciendo la filtración del  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  en seguida después de precipitado, y no pudimos constatar diferencias apreciables en los resultados, lo que equivale a decir que la adsorción del As se produce instantáneamente en el momento de producirse el precipitado.

Efectuamos otra serie de ensayos sobre un agua de la región de Bellville que contiene 0<sup>er</sup>0011 de As por litro, y los resultados se evidencian en la fotografía (anillos de As) y cuadros adjuntos.

| Anillo de As | Hidrosol | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | $\text{Fe}''$      |
|--------------|----------|--------------------------|--------------------|
| 1 b.....     | 5 c. c.  | 0 <sup>er</sup> 17       | 0 <sup>er</sup> 09 |
| 2 b.....     | 8        | 0 272                    | 0 144              |
| 3 b.....     | 8        | 0 272                    | 0 144              |
| 4 b.....     | 10       | 0 34                     | 0 18               |

(Véase fotografía pág. 46, anillo A, correspondiente a 0<sup>er</sup>0011 de As.)

En todos estos ensayos la filtración del precipitado se hizo en seguida de producido éste, excepto en el correspondiente al anillo 3b, en el que se agitó el agua por espacio de  $1\frac{1}{2}$  hora por medio de una corriente de aire después de agregarle el hidrosol y antes de filtrarla.

Como se ve los resultados son satisfactorios, pues el As que queda en solución es insignificante comparado con el que contenía el agua, principalmente en el ensayo 4b. Al mismo tiempo se notará que entre los anillos 2b y 3b no hay diferencia apreciable.

### C. Empleo de solución de $\text{Cl}_3\text{Fe}$

Hemos podido comprobar en las aguas arsenicales que hasta ahora hemos estudiado que hay un paralelismo entre la alcalinidad y la riqueza en As, o en otras palabras, que las aguas más alcalinadas son las más arsenicales.

El agua correspondiente al ensayo de que acabamos de ocuparnos, tiene una alcalinidad total de  $15^{\circ}5$ , equivalentes que corresponden a  $0^{\text{gr}}79$  de  $\text{CO}_3\text{Na}_3$  disueltos por litro de agua (1).

Esta cantidad de álcali cubre con exceso la necesaria para precipitar de sus soluciones los  $0^{\text{gr}}25$  de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , que como hemos visto bastan para absorber totalmente el As disuelto.

Una serie de ensayos nos ha demostrado, que efectivamente la adición de cantidad conveniente de  $\text{Cl}_3\text{Fe}$  a estas aguas arsenicales alcalinas permite eliminarles el As disuelto, y así lo evidencia la fotografía adjunta y el cuadro con los datos correspondientes. Estos ensayos han sido efectuados con el agua ya mencionada, que contiene  $0^{\text{gr}}0011$  de As por litro. Se filtró el agua en seguida de precipitado el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

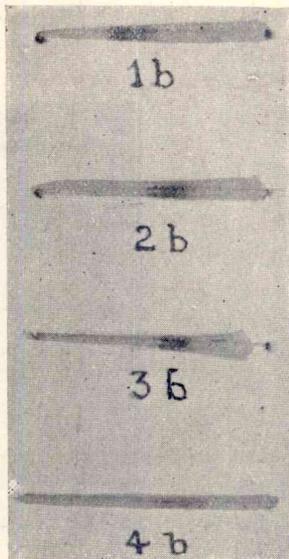


Fig. 1

(1) 1 grado equivalente corresponde a 1 centímetro cúbico HCC  $\frac{N}{10}$  consumidos para neutralizar 100 centímetros cúbicos del agua.

| Anillo de As | Cl <sub>3</sub> Fe en un litro | Fe <sup>++</sup> |
|--------------|--------------------------------|------------------|
| 1 a.....     | 0gr046                         | 0gr016           |
| 2 a.....     | 0 232                          | 0 08             |
| 3 a.....     | 0 464                          | 0 16             |

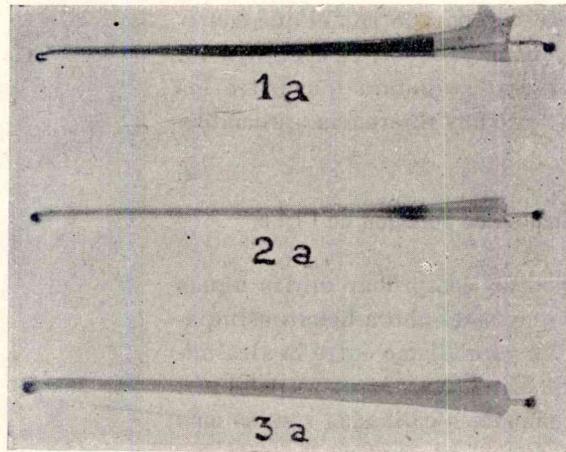


Fig. 2

Los resultados son, pues, satisfactorios.

Hemos podido observar que la alcalinidad del agua influye en el fenómeno, y parece existir una *alcalinidad óptima* para la adsorción, pues, con poca alcalinidad o sea la calculada para precipitar el Cl<sub>3</sub>Fe agregado, la eliminación del As es deficiente, y si en cambio la alcalinidad del agua es excesiva, se nota también que la adsorción no es tan completa.

Vimos ya que soluciones de CO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub> «regeneran» el Fe(OH)<sub>3</sub> que por uso prolongado había perdido sus propiedades adsorbentes, y es justamente porque redisuelve el As adsorbido. Era de prever, por lo tanto, que en soluciones muy alcalinas el As sería incompletamente adsorbido.

En la fotografía adjunta se ven los resultados de una serie de ensayos practicados en las condiciones que indica el siguiente cuadro:

| Anillo de As | CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> por mil | Cl <sub>2</sub> Fe por mil | Fe''' por mil      |
|--------------|---|----------------------------|--------------------|
| 1.....       | »                                       | »                          | »                  |
| 2.....       | 0 <sup>gr</sup> 27                      | 0 <sup>gr</sup> 232        | 0 <sup>gr</sup> 08 |
| 3.....       | 0 54                                    | 0 232                      | 0 08               |
| 4.....       | 0 81                                    | 0 232                      | 0 08               |
| 5.....       | 1 09                                    | 0 232                      | 0 08               |
| 6.....       | 0 81                                    | 0 232                      | 0 08               |
| 7.....       | 0 81                                    | 0 463                      | 0 16               |

El hidrato férrico fué filtrado en seguida de precipitarse, excepto en el ensayo correspondiente al anillo As número 6, en el que agitamos con corriente de aire durante dos horas en el agua con el precipitado antes de filtrarlo.

Se ve que en el agua que contenía más de un miligramo de arsénico por litro 0<sup>gr</sup>23 de Cl<sub>2</sub>Fe han bastado para eliminarlo en proporciones notables, y que la doble cantidad de percloruro deja sólo vestigios de As en solución.

#### D. Empleo del SO<sub>4</sub>Fe . 7H<sub>2</sub>O

Con la idea de substituir el Cl<sub>2</sub>Fe por el sulfato ferroso, que es un producto mucho más barato, investigamos si podría utilizarse esta sal para eliminar el As.

En un ensayo previo, agregando un exceso de sal ferrosa al agua arsenical, pudimos notar una eliminación parcial del As, atribuible muy bien a la presencia del hidrato férrico que rápidamente se forma por oxidación del precipitado.

Un ensayo más prolijo hecho con solución de sulfato ferroso, agregando al agua la misma cantidad de Fe'' que el Fe''' contenido en 0<sup>gr</sup>24 de Cl<sub>2</sub>Fe, nos probó que el precipitado ferroso adsorbe poco o nada de As. En cambio, oxidando el precipitado ferroso con una corriente de aire (burbujeando durante media hora) o abandonándolo durante un cierto tiempo (48 horas) para que se oxide espontáneamente se obtienen resultados plenamente satisfactorios, como lo muestra la fotografía adjunta.

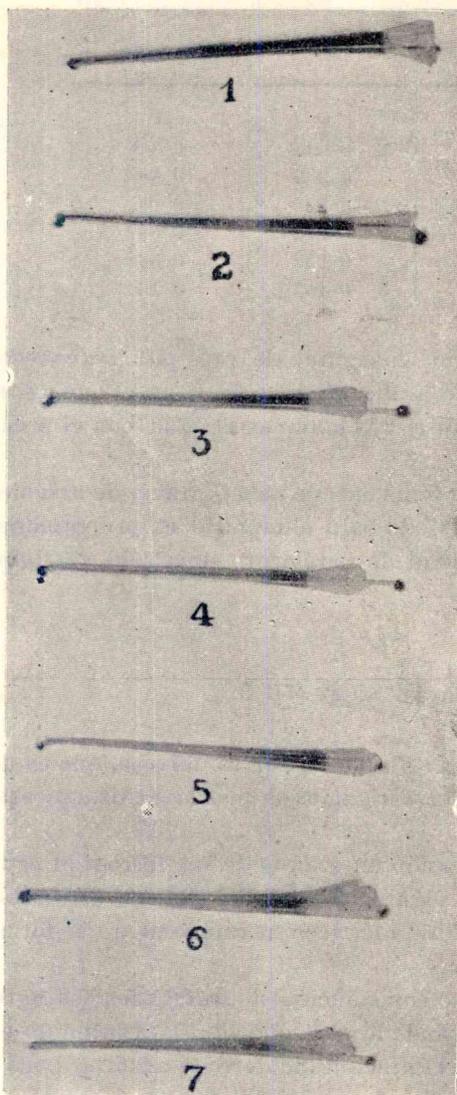


Fig. 3

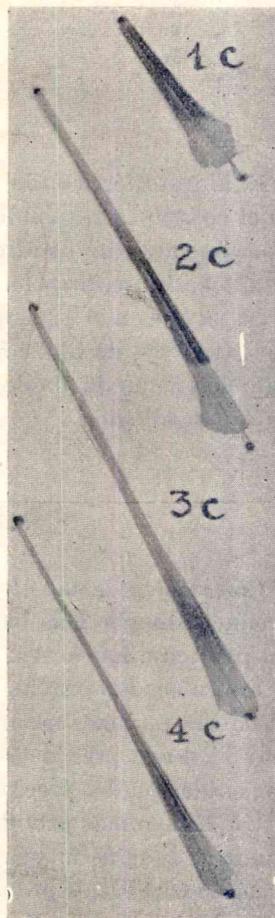


Fig. 4

| Anillo de As | $\text{SO}_4\text{Fe}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$<br>en un litro | Fe''' en un litro  | Observaciones                        |
|--------------|--|--------------------|--------------------------------------|
| 1 c.....     | Gran exceso  | »                  | Filtrado en seguida                  |
| 2 c.....     | 0 <sup>gr</sup> 45   | 0 <sup>gr</sup> 09 | —                                    |
| 3 c.....     | 0 45   | 0 09               | Filtrado a las 48 horas              |
| 4 c.....     | 0 45   | 0 09               | Media hora corriente aire y filtrado |

Por lo tanto, el sulfato ferroso puede reemplazar el percloruro de hierro para eliminar el As, siempre que por acción de una corriente de aire o por abandono al aire libre se oxide el precipitado ferroso.

#### E. Otros medios filtrantes y adsorbentes

Hemos realizado también una serie de ensayos buscando un medio que por simple filtración eliminara el As. Ensayamos con tierra pampaana, carbón animal, polvo de ladrillo, óxido férrico, etc., y en ningún caso hemos observado una disminución apreciable del As.

Con estos materiales formábamos filtros de 10 a 30 centímetros de espesor por los que hacíamos atravesar el agua muy lentamente, o sino manteníamos estas substancias en suspensión en el agua arsenical durante un cierto tiempo, y filtrábamos luego rápidamente; los resultados fueron siempre negativos.

La alúmina y la sílice tienen también el poder de precipitar el  $\text{As}_2\text{O}_3$  de sus soluciones, pero el poder adsorbente de éstas es muy inferior al del  $\text{Fe}(\text{HO})_3$ , como lo ha comprobado Bilz, razón por la cual no hicimos ensayos con estas substancias. También se trata de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2$  recién precipitados.

#### F. Ensayos en mayor escala

Con el material experimental de laboratorio ya consignado, deseábamos comprobar si al proceder con mayores masas de agua, la eliminación del As se realizaba análogamente a lo que habíamos podido efectuar con pequeños volúmenes de líquido.

Hicimos dos ensayos: en el primero, con 150 litros de agua con  $0^{\text{gr}}001$  As por litro, agregándole hidrosol férrico en la proporción de  $0^{\text{gr}}52$   $\text{Cl}_3\text{Fe}$  por litro de agua, es decir,  $0^{\text{gr}}34$   $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . El resultado fué plenamente satisfactorio, pues el agua instantáneamente quedó con sólo vestigios de As en solución.

En el segundo ensayo procedimos con 460 litros de agua que contenía también  $0^{\text{gr}}001$  As por litro y con una alcalinidad de  $15^{\circ}5$  equivalentes. Agregamos en total 107 gramos  $\text{Cl}_3\text{Fe}$ , que corresponden a  $0^{\text{gr}}232$  por litro de agua. Después de agregarle la solución férrica se agitó bien el agua y se procedió en seguida a retirar una muestra, la que se filtró inmediatamente. El resultado se evidencia en la fotogra-

fía adjunta : el anillo A es producido por el agua antes del tratamiento por la solución férrica; el anillo B, por el agua filtrada inmediatamente después de agregarle el medio adsorbente; el anillo C

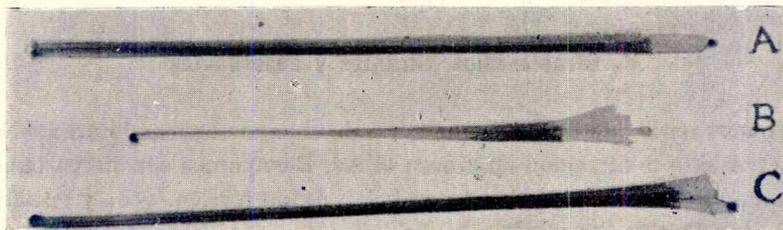


Fig. 5

corresponde a un ensayo realizado agitando el agua con carbón animal, y filtrándolo luego sobre una abundante capa de la misma sustancia. Resultado negativo. El carbón adsorbe el anhídrido arsenioso, pero en soluciones ácidas y, como hemos visto, estas aguas son muy alcalinas.

### Conclusiones

Nuestras investigaciones nos han llevado a la convicción de que *es posible desarsenicar las aguas potables* utilizando la propiedad adsorbente que el hidrato férrico tiene con respecto al As.

La objeción que inmediatamente se nos presentó fué sugerida por la gran cantidad de sal de hierro que es necesario agregar para obtener una eliminación total del As. Y al decir *total* queremos decir *prácticamente total*, pues tratándose de un proceso reversible, es teóricamente imposible eliminar en absoluto el As disuelto, por más que podría llevarse su proporción a cantidades no dosables. (Ver trabajos de Bilz, ya citados.)

Pero cabe preguntar : ¿Es necesario eliminar totalmente el As, o bastará reducir a proporciones ínfimas la cantidad que quede en las aguas?

En el campo del doctor Dáneo, estación Ballesteros, existen unas aguas que hemos analizado, que contienen muy poco As ( $0^{\text{er}}00004$  As por litro) y que son preferidas por la población, que instintivamente las considera mejor que las otras de la región, que en realidad son más arsenicales.

Estas aguas corresponden a un pozo que funciona desde hace más de veinte años, y es el que siempre ha provisto para su alimentación a la familia del doctor Dáneo, sin que jamás hayan podido notar el más mínimo inconveniente.

Además, en la región de Ballesteros las aguas son, en general, menos arsénicas que en Bellville, y también allí son mucho menos frecuentes y quizá raros (información del médico de la localidad) los casos de intoxicación, de arsenismo, señalados por el doctor Ayerza en Bellville y sus alrededores, como frecuentes.

De todos modos, si resultara onerosa o inconveniente la eliminación total del As, es indudable que sería ya un gran adelanto conseguir al menos una eliminación *casi total*.

De los varios métodos ensayados para precipitar el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  en el agua misma, el del hidrosol lleva la ventaja que no se introduce ningún nuevo elemento en solución, pero en cambio sería el menos económico.

Usando  $\text{Cl}_2\text{Fe}$  introducimos  $\text{Cl}'$  en el agua, en cambio del  $\text{CO}_2$  que se desprendería y con sulfato ferroso sería  $\text{SO}_3$  en vez de  $\text{Cl}$ .

El  $\text{SO}_4\text{Fe}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  es un producto comercial muy barato (4-5 liras el quintal, puro cristalizado cuesta 440-45 liras) (Merck 24 Mcs.) y el percloruro de hierro no es tampoco caro (Merck 55 Mcs. los 100 kilos, 60-65 liras, Villavecchia).

En nuestros ensayos hemos tenido los mejores resultados prácticos precipitando  $0^{\text{gr}}16$  a  $0^{\text{gr}}20$   $\text{Fe}'''$  por litro de agua con  $0^{\text{gr}}001$  As disuelto y resultados muy aceptables con sólo  $0^{\text{gr}}08$  a  $0^{\text{gr}}09$   $\text{Fe}'''$ . (Aún no hemos establecido la relación existente entre As disuelto y  $\text{Fe}'''$  necesario para adsorberlo, la que seguramente existe y nos proponemos estudiar más adelante.)

Supongamos utilizar sulfato ferroso, que indudablemente sería el producto más ventajoso en este país.

La composición de esta sal es :

|                            | Por ciento |
|----------------------------|------------|
| Fe.....                    | 20,00      |
| O .....                    | 5,75       |
| $\text{SO}_3$ .....        | 28,80      |
| $\text{H}_2\text{O}$ ..... | 45,30      |

Tomando como necesario  $0^{\text{gr}}1$  Fe para un litro de agua, requeriría 500 gramos de sal ferrosa por metro cúbico de agua, es decir, que el costo del material sería bien poco para los beneficios que se obtendrían.

Con esa cantidad de sulfato ferroso introducimos en el agua  $0^{\text{gr}}144$   $\text{SO}_3$  por litro en cambio de  $0^{\text{gr}}063$   $\text{CO}_2$  que se desprenden o más pro-

bablemente quedan en solución, libres o combinados. El residuo salino del agua aumentará de 0<sup>er</sup>1 por litro y su alcalinidad disminuirá en varios grados equivalentes. El balance final es, pues, más bien ventajoso y bajo este punto de vista no existe inconveniente.

¿Las aguas así tratadas conservarán hierro en solución?

En algunos casos hemos notado en los residuos de las aguas filtradas llevadas a sequedad, pequeñas cantidades de Fe, pero en los ensayos con sulfato ferroso y oxidación con corriente de aire, los residuos eran perfectamente blancos. Por otra parte, la desferrización de las aguas es un problema muy estudiado y resuelto en diversas formas, aplicado principalmente para suprimir la turbidez que al airearse se produce en las aguas ferruginosas y si hay mucho Fe, las concreciones que se forman en las cañerías por precipitación de la sal básica. El Fe que quedaría en solución en las aguas corregidas, según nuestra opinión no alcanzaría a producir estos inconvenientes. Hace veinte días tenemos sobre nuestra mesa de trabajo, expuesto al aire, tres litros de la partida de 460 que desarsenicamos y se mantiene tan límpida y cristalina como filtró en el primer momento. Su color es muy tenuemente amarillento.

Es muy probable que en la práctica se presenten inconvenientes que en nuestros ensayos no hemos podido prever, ya sea por los distintos tipos de aguas que deban desarsenicarse, o bien por el hecho de tener que operar con grandes masas de agua.

Nuestras investigaciones están en sus comienzos y no pensamos abandonarlas hasta no haber llegado a un resultado práctico. Este verano realizaremos un ensayo en gran escala, el que, indudablemente, será muy interesante. Amablemente invitados por el doctor Dá-neo, quien tan útil nos ha sido en estas investigaciones, lo que íntimamente le agradecemos, ensayaremos de desarsenicar un agua de su campo, que contiene 0<sup>er</sup>0005 de arsénico por litro. Al efecto dispondremos de un gran tanque de una capacidad de 200.000 litros, situado en un potrero, en el que se encerrarán un centenar de terneros (que parece ser la hacienda que más sufre por las aguas arsenicales), los que durante los meses calurosos deberán mantenerse bebiendo las aguas de dicho tanque, desarsenicadas por el sulfato ferroso. Oportunamente publicaremos los resultados.

Villa Ortúzar, agosto de 1918.

FEDERICO REICHERT, RAÚL WERNICKE.