

Volumen XXVI

Mayo de 1931

Número 254

REVISTA
del
COLEGIO MAYOR
de
Nuestra Señora del Rosario

Publicada bajo la dirección
de la Consiliatura



Nova et vetera

BOGOTÁ

IMP. DE «LA LUZ» —CARRETA 7.^a NÚM 590.

MCMXXXI

CONTENIDO

Págs.

CIENCIAS:

- Análisis químico de las aguas termales de Paipa*, por el Reverendo Padre Alfonso M. Navia y A. M. Barriga Villalba..... 193
- Metales atacados por insectos*, por Oswald Bauer y Otto Vollenbruck..... 256

LITERATURA:

- El espejo y el camino*, por Teófilo Ortega..... 225
- Bohica, hijo de la Atlántida*, por Luis Soracta..... 231
- El nombre «América»*, por Gervasio de Artiñano..... 244

Volumen XXVI República de Colombia Núm. 254

REVISTA

del

Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

Bogotá, Mayo de 1931

Análisis químico de las aguas termales de Paipa

POR EL REVERENDO PADRE ALFONSO M. NAVIA
Y A. M. BARRIGA VILLALBA

I—Descripción topográfica de El Salitre

Paipa, pintoresca población de Boyacá, y de unos 11.000 habitantes, se halla a 5° 47' de latitud norte y 0° 57' 17", de longitud E del meridiano de Bogotá. Dista de Tunja 47 kilómetros y 210 de la capital de la República. Con un clima delicioso, Paipa se presta como ningún otro pueblo a ser un lugar de veraneo inmejorable. Sus campos fértiles y sus vastas dehesas regadas por las aguas del río Sogamoso, y abonadas naturalmente por las sales de El Salitre, proporcionan al mercado los mejores cereales, escogidas y robustas crías de ganados, afamadas carnes y quesos que se apetecen en toda la región vecina de Boyacá y Santander.

El Salitre—Al sudeste de la población, separados por el río Sogamoso, que corre de sur a norte, se extienden paralelos a él dos valles, llamados La Laguna y El Salitre, entre los cuales se interpone una colina de poca elevación que se conoce con el nombre de La Isla. Llama particularmente la atención lo contrastado del panorama desde que se atraviesa la carretera para salir en dirección de los baños: vegetación exuberante a todo lo largo del río, sauces y verdor ilimitado hacia el norte, y arenales blanquecinos, por el contrario, desnudos de árboles, hacia el sur.

Allí están las fuentes, a 2600 metros de la plaza (1). El número de ellas es considerable, si bien son siete las principales, todas más o menos de igual composición química. Las demás que brotan en la superficie no tienen de ordinario lecho fijo, sino que cuando se obstruyen las bocas por la arena arrastrada, revientan en otros puntos que se han hecho más débiles.

Por entre esos pozos se abre paso de sur a norte un arroyo, El Salitre, que naciendo a unos 7 kilómetros más arriba con el nombre de Las Olitas (2) y Quebrada Honda, se va cargando en su recorrido de sales, especialmente en la región llamada de Las Minas, hasta llegar a Los Hervideros, de donde sigue a rendir sus aguas al río Sogamoso, un kilómetro más abajo. Dos veces se hizo con todo cuidado el aforo del río ya reunido con las fuentes; el resultado fue:

Primera vez; en marzo: 142 litros por segundo.

Segunda vez; en julio: 132 litros por segundo.

Los Hervideros—Por causa de las visibles relaciones que existen entre los diversos pozos o hervideros, solo escogimos el agua de cinco fuentes algo distantes entre sí, para hacer de ellas un análisis detallado. Algunas han carecido hasta el presente de nombre, mas al tratar de localizarlas y estudiarlas, fue preciso designarles uno. Las fuentes especialmente analizadas son:

A) Pozo blanco.

B) Pozo inundado.

C) Pozo azul.

D) El Baño o Pozo largo, y

E) Pozo escondido.

Pozo Blanco (A), así llamado por las incrustaciones que ha ido formando en las orillas que lo detienen, brota a pocos pasos del río Salitre en una elevación roqueña del terreno. Es entre todos el pozo que tiene mayor temperatura (74° centígrados).

(1) Esta distancia se obtuvo trigonométricamente escogiendo una base en el valle de El Salitre.

(2) El baño de Las Olitas, de aguas claras y potables, ha sido siempre tan estimado como el de los Hervideros, por sus propiedades terapéuticas. Temperatura 24°. Alt. sobre el niv. del mar 3,500 metros.

dos), con la particularidad de que estando rodeado a 20 y 60 centímetros de otros pozos de temperatura inferior la suya permanece constante. El aforo de esta fuente y de las dos que la rodean dió un caudal de 3,69 litros por segundo.

Pozo inundado (B), salta con fuerza en hermosas y variadas plumas de agua muy caliente en uno de los recodos que forma el río Salitre, a 81 metros más abajo del Pozo Blanco. Temperatura, 68° centígrados. Como brota en el lecho mismo del río Salitre, ha sido imposible medir directamente su caudal, que por cierto no es inferior a unos treinta litros por segundo.

Pero la fuente que en todo tiempo ha llamado más la atención de los visitantes, no precisamente por la abundancia de su caudal ni por la concentración de sus sales, sino por el color azul verdoso de las aguas y el escape tumultuoso de los gases, es el Pozo Azul (C). Esta es la única fuente que ha sido objeto de algún cuidado, tal vez por la facilidad excepcional que presenta su canalización y desagüe: un muro de guijarros y tierra pisada, más alto que el suelo, aprisiona las aguas, dando al pozo una forma casi circular, con un diámetro medio de 24 metros y una superficie líquida de 453 metros cuadrados. La alta temperatura del agua, que varía entre 52° y 54° centígrados, la hace impropia para el baño; por eso ha sido preciso derramar buena parte del caudal en un pozo contiguo, donde se mezcla, al menos en ciertas épocas del año, con otras aguas frías que se infiltran desde unos pantanos, situados al oriente.

El pozo así formado se ha conocido con el nombre de El Baño (D). Debido a la mezcla con aguas frías y al consiguiente descenso de temperatura, las aguas se enturbian, muchas de las sales se precipitan formando un lodo negro cuando está húmedo, y que cristaliza en varias sales blancas cuando seco. La temperatura del agua es ordinariamente cerca del desagüe de 37½° centígrados; pero esta temperatura no es constante: en las épocas de máximo verano, cuando por una parte disminuye el agua fría de infiltración y por otra aumenta el caudal del agua de Pozo Azul, la temperatura en el mismo punto se hace intolerable y sube a los 47° centígrados. El lodo negro no es exclusivo de esta fuente, sino que se halla en el lecho de todas las demás. La distancia a Pozo Inundado, desde el punto en que Pozo Azul se vierte en El Baño, es de 167 metros. A unos

cincuenta metros más abajo de este punto desembocan en el río Salitre, con las aguas de Pozo Azul, las de otras fuentes que se encuentran muy cerca del sur de él. Allí adquiere el río Salitre la temperatura ideal de 36° para los baños termominales, en decir, de Durand Fardel, y en efecto, desde ahí en un trayecto de cerca de 200 metros es el río preferido para el baño de la mayor parte de la gente.

Caudal de Pozo Azul y El Baño: 25 litros por segundo.

A 190 metros hacia el Norte se halla en medio de pantanos la fuente, si bien menos caliente (23°,5) en cambio más saturada (43°,82 gms. por litro) de cuantas brotan en estos lugares: la hemos llamado Pozo Escondido (H). De forma elíptica, tiene una superficie de 52 metros cuadrados, con un caudal abundante imposible de medir, porque el agua se infiltra en todo sentido por entre el terreno arenoso y las vegetaciones que la rodean.

Desde el punto de vista industrial ésta es la fuente que ofrece mayores ventajas.

Como se ve, nada más variado que la temperatura de esas aguas, desde los 74° que posee la más caliente, hasta los 17° que tiene El Salitre antes de recibir el tributo de Los Hervideros. Vapores salinos y gran cantidad de gases brotan por dondequiera, no solo en el seno de los pozos, así calientes como fríos, sino también por entre la arena movediza de todo el suelo. De ahí la temperatura sensiblemente más alta (media 17°) y sofocante del valle de El Salitre, aun en las horas de la mañana.

Vegetación—En la superficie de las fuentes que poseen de 25 a 40° centígrados y hasta en las orillas de las más calientes, se desarrollan enormes mantos de color verde oscuro de un alga que, según todas las apariencias, debe ser la *ulva thermalis* (familia de las *ulváceas*, orden de las *confervales*), de las aguas sulfatadas-sódicas de Gastein (Austria). Arrastradas por la corriente van a descomponerse cerca de la desembocadura del río Salitre en el Sogamoso, impregnando el ambiente de un olor semejante al del marisco.

En toda la región inundada por las aguas de las fuentes, o sea en una extensión de cerca de dos kilómetros al pie de la

colina oriental, entre el enorme manto blanco de sales que cristalizan espontáneamente por evaporación no se encuentran más plantas que una gramínea, hispida y de color grisáceo, y una fitolacácea, glauca y de estructura carnosa, que crece con fuerza a la orilla de algunos manantiales. De resto ni un árbol ni una planta de las que se desarrollan en los terrenos de cultivo; solo se encuentran pastos apetecidos por el ganado en el terreno firme del valle donde se intenta construir los balnearios, y arbustos, sementeras y árboles en la colina oriental que domina los pozos.

Aguas potables—Dos manantiales de escasisimo caudal, que brotan en el flanco de esta colina, suministran el agua potable a los colonos que habitan por esos contornos. Para un establecimiento de baños se hace preciso traer el agua dulce del río Sogamoso, distante un kilómetro de Pozo Azul.

Datos meteorológicos—Se ha puesto el mayor cuidado en obtener los datos relativos a la presión atmosférica, estado higrométrico, temperatura y todo lo que puede contribuir a determinar el clima de Paipa y de los Hervideros. Mas como muchos de esos datos, especialmente los que se refieren a temperatura y humedad, deben promediarse después de observaciones continuadas durante muchos años, y no bastan en manera alguna las proseguidas en unos pocos meses, van las siguientes solo por vía de información:

	Paipa.	El Salitre.
Temperatura de ebullición del agua..	91°,8 C.	92°,2 C.
Presión barométrica.....	562 mm.	571,5 mm.
Altura sobre el nivel del mar.....	2.606 mts.	2.578 mts.

TEMPERATURA A LA SOMBRA:

Mínima.....	9°,8 C.	13° C.
Máxima.....	19°,6 C.	22° C.
Media.....	14°,8 C.	17°,3 C.

TENSIÓN DEL VAPOR DE AGUA:

A las 8 horas.....	7,77 mm.	8,17 mm.
A las 14 horas.....	5,75 mm.	7,57 mm.
A las 20 horas.....	7,71 mm.	8,49 mm.

HUMEDAD RELATIVA:	Paipa	El Salitre
A las 8 horas.....	74%	83%
A las 14 horas.....	36%	74%
A las 20 horas.....	66%	84%

Por las observaciones que preceden, no es temerario afirmar que el clima de Paipa y El Salitre es muy semejante al de la Sabana de Bogotá.

II—Estudio físico-químico de las aguas

El agua de las fuentes, excepción hecha de la de El Baño (D), es límpida cuando está recién captada, de color verde azulado en grandes masas, olor ligero de hidrógeno sulfurado y sabor fuertemente salino, amargo y desagradable. Abandonada el agua por algún tiempo en contacto con el aire, se forman en la superficie tenues costras de carbonatos. En caliente y al vacío, desprende abundante anhídrido carbónico y deja al mismo tiempo depósitos blanquecinos de carbonato de magnesio, y de calcio, de hierro y de manganeso.

El estudio físico-químico es de suma importancia, porque ayuda de modo decisivo a explicar el origen del agua y el estado de equilibrio entre los elementos que en ella están disueltos.

Temperatura—Las temperaturas se tomaron repetidas veces y en tiempos diferentes con termómetros muy sensibles y debidamente patronados. Resultado:

Máximum, Pozo Blanco (A), 74° centígrados; mínimum, río Salitre arriba (F), 17° centígrados.

Densidad—Se tomó sacando el término medio de tres valoraciones; usamos un pincómetro normal de 50 c.c. a la temperatura de 16°2 centígrados. Resultado:

Máximum: Pozo Escondido (H), 1,01986; mínimum, El Baño (D), 1,01501.

Índice de refracción—Se determinó por medio del refractómetro de inmersión de Zeiss a la temperatura de 17°5 centígrados. Resultado:

Máximum: Pozo Escondido (H), 1,3558; mínimum, El Baño (D), 1,3534.

Crioscopia—Se midió el punto crioscópico con relación al agua destilada purísima, por medio del aparato de Beckman. Resultado:

Máximum, Pozo Escondido (H) 1°,69 C.; mínimum: El Baño (D), 1°,39 C. Estas cifras indican una presión osmótica muy elevada.

NOTA: Para el río Salitre estos valores son los siguientes:

	Río Salitre arriba.	Río Salitre abajo
Temperatura.....	17° C.	35°5 C.
Densidad.....	1.00170	1.00763
Índice de refracción.....	1.3494	1.3510
Punto crioscópico.....	0.190	0.691

La conductividad específica—Corresponde a la conductibilidad de un cubo de agua de un centímetro de lado, y equivale al inverso de la resistencia específica. Se determinó por medio del puente de cuerda con teléfono sensible, resistencias, tipos y celda con electrodos de platino platinados. La determinación se hizo a la temperatura de 16°6 centígrados, en un termóstato especial. Resultado:

Máximum, Pozo Escondido (H).....	$4,09 \times 10^{-1}$
Mínimum, Pozo Largo (D).....	$2,72 \times 10^{-1}$
Agua químicamente pura.....	$7,7 \times 10^{-5}$

De los anteriores datos se deduce que casi todas las sales se encuentran disociadas.

Alcalinidad—El agua de todas las fuentes es alcalina a la fenolftaleína, antes como después de eliminar el anhídrido carbónico. Pero el método exacto, único empleado hoy, de determinar la alcalinidad de una solución es el electrométrico, que consiste en investigar el número de iones de hidrógeno libres en ella. Esto es lo que significa la determinación del pH (Símbolo de Sorensen), que no es otra cosa que el valor logarítmico del inverso de la concentración molecular. Usamos el sistema de oposición de Poggendorff con milivoltímetro standard, electrodos de calomel e hidrógeno, y puente de alambre de platino iridio. Equivalencia de los valores del pH:

pH de un álcali al 100 por 100 disociado es igual a....	14;
pH del agua químicamente pura (neutralidad).....	7;
pH de un ácido al 100 por 100 disociado, es igual a....	0.

Resultado :

Máximum: Pozo Escondido (H): pH 8; mínimum, río Salitre arriba (F) pH 6,88.

Como se puede observar, el agua de El Salitre antes de recibir las fuentes es ácida (pH 6.88); después de recibirlas se vuelve alcalina (pH 7,64).

Grado hidrotimétrico—Sobre cada una de las muestras se determinó este valor mediante el promedio de cinco ensayos. Se usó el procedimiento clásico de Boutron y Boudet, haciendo diluciones con agua destilada de pH 7. Resultado:

Grado hidrotimétrico total máximo: Pozo Escondido (H): 35,8.

RESUMEN DEL ESTUDIO FISICO-QUIMICO

Pozos	Temperatura	Densidad a 16,2° C.	Índice de Refracción a 17,5°	Crioscopia	Conductividad específica	pH
A	74°	1.0180	1.3547	-1,53	$2,91 \times 10^{-1}$	8
B	68°	1.0189	1.3552	-1,611	$3,3 \times 10^{-1}$	7.65
C	53°	1.0194	1.3550	-1,68	$4,07 \times 10^{-1}$	7.70
D	37°5	1.0150	1.3534	-1,39	$2,72 \times 10^{-1}$	7.74
E	17°	1.0017	1.3494	-0,19	$4,7 \times 10^{-1}$	6.88
G	35°5	1.0076	1.3510	-0,69	$1,84 \times 10^{-1}$	7.64
H	23°5	1.0190	1.3558	-1,69	$1,09 \times 10^{-1}$	7.75

CONCLUSIONES

1.^a La mayor parte de las fuentes de El Salitre poseen una termalidad elevada y constante. Dicha termalidad, como es sabido, no se puede explicar satisfactoriamente en el estado actual de la ciencia, sino por la acción del calor terrestre y precisamente uno de los argumentos que se aducen en pro de la teoría geotérmica es el de la termalidad constante de las aguas. De dos maneras puede obrar el fuego central en la temperatura de las fuentes termales: o bien calentando las que se encuentran en depósitos profundos mediante el calor progresivo de las capas inferiores del subsuelo (fuentes geotermales); o bien por el contacto más o menos directo de las grietas francamente volcánicas con las aguas que salen a la superficie

(fuentes termominerales propiamente dichas). Este último es el caso de las aguas de El Salitre, así como de las otras fuentes termales que abundan en la región circunvecina. Las fuentes reconocidas como geotermales no poseen de ordinario una temperatura superior a 45° centígrados, mientras que las de El Salitre en su mayor parte pasan de 52° centígrados. En ciertas grietas, particularmente en la vecindad de Pozo Blanco, sale el vapor de agua acompañado de algunos gases con una presión tal, que uno se figura oír el escape tumultuoso del vapor a través de la válvula de seguridad de una caldera. Las emanaciones de estas grietas presentan ciertas épocas de mayor actividad, que las asemejan en gran manera a las solfataras, cuyo origen es ciertamente volcánico.

2.^a La experiencia enseña que entre todas las sales, las neutras, y en especial las que suministran iones monovalentes, son las que sufren mayor disociación. De aquí se deduce que en las aguas de El Salitre, y en particular en las de Pozo Escondido (H) y Pozo Azul (C) las sales se hallan casi totalmente disociadas en sus iones. No hay pues, en ellas, por decirlo así, ni sulfatos, ni cloruros, ni carbonatos de sodio, etc., sino principalmente iones, transportadores unos de electricidad negativa (—) *aniones* (anion sulfúrico SO_3) (Cloro Cl, Carbónico CO_2 , etc.) y otros de electricidad positiva (+) *cationes* (cation sodio Na, potasio K, litio Li, etc). Luégo el análisis químico no dice directamente qué sales se encuentran en las aguas de El Salitre sino solamente qué clase de iones, de los cuales cada uno tiene su reactivo propio.

3.^a De la propiedad anterior se sigue que no solo están los elementos minerales de las aguas que nos ocupan en el estado de su mayor actividad química (estado naciente), sino que, funcionando cada ion como si fuera una molécula, el efecto producido en el interior del líquido es como si hubiera mayor número de ellas, lo cual se traduce por una presión (presión osmótica) tanto más intensa cuanto mayor es el grado de disociación electrolítica. Cualidades son éstas preciosísimas en terapéutica, pues permiten absorber por el organismo ciertas sustancias, como el asufre, el arsénico, el hierro, que tomadas en otra forma serían difícilmente asimilables. Pero no solo

obran fisiológicamente las aguas por las sales y gases en ella disueltos, sino también por su termalidad y propiedades eléctricas y radioactivas. No sin mucha razón, pues se prescribe el uso de las aguas termominerales en los casos de diatesis o vicios constitucionales de nutrición y en las enfermedades crónicas, cuando han sido nulos los efectos producidos por los demás medicamentos.

III—Estudio químico de las fuentes

Este estudio comprende el análisis cualitativo y cuantitativo más completo hecho hasta hoy de las sales, gases, lodos e incrustaciones de las fuentes de El Salitre. Ha sido objeto de un especial cuidado, con repetidas verificaciones y procedimientos diversos a fin de comprobar los resultados obtenidos; para ello fue preciso transportar más de 200 litros de aguas y unos 40 litros de gases.

I—ANÁLISIS DE LAS AGUAS

Las aguas de El Salitre tienen todas igual composición química y no difieren entre sí más que por el grado de concentración. Aun las aguas del riachuelo de aquel nombre se cargan de las mismas sales cinco kilómetros más arriba al recibir las fuentes ya citadas de Las Minas.

Hemos dicho que El Baño (D) no es con propiedad una fuente o hervidero, sino más bien un depósito para enfriar las aguas de Pozo Azul, y que por las causas ya apuntadas muchas sales se precipitan en su fondo, formando ahí de modo especial un lodo negro de composición compleja, pues bien este es precisamente el único pozo en cuyas aguas se encuentra azufre en estado libre, debido a la oxidación, al contacto con el aire, del ácido sulfhídrico disuelto.

La mayor concentración hallada en las aguas, es la de Pozo Escondido (H): su valor es de 43,827 gramos de sales por litro de agua, a la temperatura de 15° centígrados.

No obstante haber hecho los ensayos sobre grandes masas de agua reducidas a pequeño volumen, las reacciones fueron negativas para el fluor, yodo, boro, ácido titánico y los metales que no figuran en las listas siguientes:

A. Análisis cualitativo general. Aniones y cationes

La investigación cualitativa fue positiva para los siguientes:

Aniones.

Ion sulfúrico combinado	(SO ³)
Ion cloro combinado	(Cl)
Ion carbónico combinado	(CO ₂)
Ion carbónico semicombinado	(CO ₂)
Ion carbónico libre	(CO ₂)
Ion silícico combinado	(SiO ₂)
Ion azufre libre	(S)
Ion azufre en ácido sulfhídrico	(H ₂ S)
Ion azufre en sulfuros	(M ₂ S)
Ion azufre en hidrosulfitos	(S (H ₂ S) (M ₂ S) (H ₂ S)
Ion azufre en hiposulfitos	(S (S ₂ O ₃ M ₂))
Ion fosfórico combinado	(PO ₄)
Ion arsénico combinado	(Al ₂ O ₃)

Cationes.

Cation sodio combinado	(Na)
Cation potasio combinado	(K)
Cation litio combinado	(Li)
Cation calcio combinado	(Ca)
Cation magnesio combinado	(Mg)
Cation bario combinado	(Ba)
Cation manganeso combinado	(Mn)
Cation hierro combinado	(Fe)
Cation aluminio combinado	(Al)
Cation estroncio combinado	(Sr)

Agrupaciones salinas probables—Se comprobó que el manganeso, el calcio y el magnesio se encuentran en forma de bicarbonatos, porque estos se insolubilizan con una ebullición prolongada y los pesos corresponden con los del análisis total. El potasio y el Litio se hallan en forma de cloruros, porque de las sales secas se pueden extraer con ocho por ciento de agua.

Sirvan de ejemplo las sales de Pozo Blanco (A) agrupadas según la afinidad de sus iones y las proporciones ponderales de ellos.

AGUAS DE POZO BLANCO (A)

		Por litro	
Cloruro de potasio	K hallado:	1,240936	
	Cl	1,129569	2,370505
Cloruro de litio	Li hallado:	0,050700	
	Cl	0,257121	0,307821
Cloruro de sodio	Na hallado:	2,480428	
	Cl	3,828488	6,308916
Sulfato de estroncio	Sr hallado:	0,000071	
	SO ₄	0,000077	0,000148
Sulfato de sodio	Na hallado:	9,090765	
	SO ₄	18,972031	28,062796
Bicarbonato de calcio	Ca hallado:	0,033430	
	CO ₃	0,000290	0,133720
Bicarbonato de manganeso	Mn hallado:	0,001674	
	CO ₃	0,003652	0,005326
Bicarbonato de magnesio	Mg hallado:	0,027478	
	CO ₃	0,137390	0,164868
Bicarbonato de hierro	Fe hallado:	0,000351	
	CO ₃	0,000752	0,001103
Bicarbonato de sodio	Na hallado:	0,597914	
	CO	1,559820	2,157734
Carbonato de sodio	Na hallado:	0,230000	
	CO	0,300000	0,530000
Fosfato de sodio	Na hallado:	0,011743	
	PO ₄	0,016169	0,027912
Arseniato de sodio	Na hallado:	0,000053	
	As	0,000110	0,000163
Sulfuro de sodio	Na hallado:	0,004635	
	S	0,003225	0,007860
Hiposulfito de sodio	Na hallado:	0,001573	
	S	0,002189	0,003762
Silicato de bario	Ba hallado:	0,002236	
	SiO ₂	0,001240	0,003476
Silicato de sodio	Na hallado:	0,061549	
	SiO ₂	0,067793	0,129342

RESUMEN DE ANALISIS QUIMICO DE LAS FUENTES

SALES	POZOS				
	A	B	C	D	H
Extracto de seco a 100°	40,578500	41,865847	42,560001	33,535235	43,827000
Sulfato de sodio	28,062796	29,213370	29,099137	23,342353	30,307819
Cloruro de sodio	6,308916	6,567581	6,676788	5,247691	0,815630
Cloruro de potasio	2,370505	2,467695	2,508729	2,054951	2,560014
Bicarbonato sódico	2,157734	2,246201	2,283551	1,794781	2,330362
Carbonato sódico	0,530000	0,551730	0,560904	0,440847	0,572400
Cloruro de litio	0,307821	0,320441	0,325770	0,250042	0,332446
Bicarbonato de magnesio	0,164868	0,171627	0,174481	0,137135	0,178057
Bicarbonato de calcio	0,133720	0,139202	0,141517	0,111226	0,144417
Metasilicato de sodio	0,129342	0,134465	0,136883	0,107585	0,139689
Fosfato de sodio	0,027912	0,029056	0,029539	0,023216	0,030144
Sulfuro de sodio	0,007860	0,008182	0,008318	0,005537	0,008488
Bicarbonato de manganeso	0,005326	0,005544	0,003636	0,004430	0,005752
Hiposulfito de sodio	0,003762	0,003916	0,003981	0,003129	0,004062
Silicato de bario	0,003476	0,003618	0,003878	0,002981	0,003654
Sulfato de aluminio	0,001507	0,001568	0,001594	0,001253	0,001627
Bicarbonato de hierro	0,001103	0,001148	0,001167	0,000917	0,001191
Arseniato de sodio	0,000163	0,000169	0,000172	0,000135	0,000176
Sulfato de estroncio	0,000148	0,000154	0,000156	0,000126	0,000159
Acido sulfhídrico	0,003686	0,003837	0,004512	0,003826	0,008920

COMPOSICIÓN DEL RÍO SALITRE ARRIBA (F)

Las aguas del río Salitre tomadas antes de mezclarse con las aguas de las fuentes, tienen esta composición:

	Gms.	
Sulfato de sodio.....	0,2831	por litro
Cloruro de sodio.....	0,0636	»
Cloruro de potasio.....	0,0239	»
Carbonato de sodio.....	0,0268	»
Cloruro de litio.....	0,0031	»
Bicarbonato de calcio.....	0,0013	»
Bicarbonato de magnesio.....	0,0012	»
Metasilicato sódico.....	0,0012	»
Fosfato de sodio.....	0,0002	»
Bicarbonato de manganeso....	0,00005	»
Arseniato de sodio.....	0,000001	»
Materia orgánica valorada en		
oxígeno.....	0,0900	»
Sólidos en suspensión.....	0,1282	»

Análisis químico de los gases—La enorme cantidad de gases que se desprenden, no solo de los manantiales fríos y calientes sino a través de las fisuras que por todas partes se observan en El Salitre, es imposible valorarla ni siquiera de modo aproximado. Es especialmente notable la producción de gas en Pozo Blanco, Pozo Inundado y Pozo Azul.

COMPOSICIÓN DEL GAS POR METRO CÚBICO

Acido sulfhídrico.....	0,315	c.c. por litro
Anhídrico carbónico.....	570,000	c.c. por litro
Oxígeno.....	70,000	c.c. por litro
Hidrógeno.....	26,600	c.c. por litro
Argo y Helio.....	0,113	c.c. por litro
Nitrógeno.....	332,972	c.c. por litro

Análisis químicos de los lodos—El procedimiento del análisis es el mismo que hemos descrito de una manera general para las aguas, hechas las variaciones que la forma de la sustancia necesita. Hé aquí su composición química:

<i>Aniones.</i> Acido carbónico (CO ³).....	9,86964	
Acido sulfúrico (SO ⁴).....	1,77804	
Cloro (Cl).....	1,06598	
Acido arsenioso (As ₂ O ₃).....	0,00004	
Sílice (SiO ²).....	78,33800	
Azufre (S).....	0,25782	91,30952

<i>Cationes.</i> Calcio (Ca).....	5,46077	
Hierro (Fe).....	1,29080	
Magnesio (Mg).....	0,13116	
Manganeso (Mn).....	0,06194	
Sodio (Na).....	0,09194	
Aluminio (Al).....	0,08736	
Litio (Li).....	0,03541	
Potasio (K).....	0,04047	
Sodio (NaCl).....	0,55043	8,55616

Composición de los lodos:

Carbonato de calcio.....	13,6519400%
Carbonato de hierro.....	2,6738000%
Carbonato de magnesio.....	0,4590600%
Sulfato de Sodio.....	2,1799300%
Sulfuro de sodio.....	0,4431200%
Sulfato de aluminio.....	0,3979700%
Cloruro de litio.....	0,2149800%
Sílice.....	78,3380000%
Arseniato de sodio.....	0,0000598%
Cloruro de sodio.....	1,4000000%

Análisis químico de las incrustaciones—Los depósitos o incrustaciones duras (travertinos) que se forman sobre todo al rededor del Pozo Blanco tienen la composición siguiente:

<i>Aniones.</i> Acido carbónico (CO ³).....	46,64125	
Sílice (SiO ²).....	2,89900	
Cloro (Cl).....	9,95200	
Acido sulfúrico (SO ⁴).....	2,88420	62,37645

Cationes. Calcio (Ca).....	30,08400
Sodio (Na).....	4,98643
Hierro (Fe).....	1,24700
Litio (Li).....	0,69500
Potasio (K).....	0,09620
Magnesio (Mg).....	0,05590
Manganeso (Mn).....	0,03600
	37,20093

Composición de los travertinos:

Carbonato de calcio.....	75,21000%
Carbonato de manganeso.....	0,07545%
Carbonato de magnesio.....	0,19520%
Carbonato de hierro.....	2,58390%
Cloruro de Litio.....	4,21930%
Cloruro de potasio.....	0,18370%
Cloruro de Sodio.....	10,44790%
Sulfato de sodio.....	2,71261%
Sulfato de aluminio.....	1,24562%
Sílice.....	2,89900%

Conclusiones. 1.^a Las aguas de El Salitre, si se considera su composición química, pertenecen al grupo de las alcalinas, sulfatadas, cloruradas, bicarbonatadas, ya que los sulfatos, cloruros y bicarbonatos son los que predominan en su composición. Por ejemplo, en las de Pozo Encondido (H). Los sulfatos constituyen el 70 por ciento del peso total, los cloruros constituyen el 22 por ciento y los bicarbonatos el seis por ciento del peso total. Las demás sales reunidas sólo alcanzan a formar el dos por ciento del peso total.

De igual manera si atendemos a la cantidad de gases que se desprenden, vemos que: el anhídrido carbónico ocupa el 57 por ciento del volumen total, el nitrógeno ocupa el 33 por ciento del volumen total, el oxígeno ocupa el 7 por ciento del volumen total, el hidrógeno ocupa el 2,6 por ciento del volumen total, el ácido sulfhídrico ocupa el 0,03 por ciento del volumen total.

No pueden llamarse, pues, estas aguas sulfurosas por estar el ácido sulfhídrico en muy pequeña cantidad respecto de los demás mineralizadores. Así tampoco ha sido adecuado el nombre de El Salitre dado a las fuentes, el cual por etimolo-

gía y por tradición no conviene sino a los nitratos de sodio o de potasio, de que tienen las aguas rastro alguno.

Como elementos activos de las aguas y lodos llaman sobremanera la atención el radio, el arsénico, el litio, el manganeso, el fósforo, el potasio, el magnesio, el calcio, el estroncio y el bario. Estas propiedades unidas a la densidad elevada y a la temperatura, hacen que las aguas de los Hervideros sean las únicas en su género. Es verdad que son muy poco superiores en cantidad de sales por litro a las de Hunyadi-Janos. de Hungría (43 gramos por litro); pero en cambio las aventajan no sólo por la temperatura sino por las sales de radio, fósforo, arsénico, bario y estroncio de que aquéllas carecen. Las aguas de Paipa son trece veces más abundantes en sulfato de sodio que las de Carlsbad (Austria) con las cuales presentan por lo demás las mayores analogías y apenas son inferiores a las de Vichy por su tenor en bicarbonatos.

2.^a No sin mucha razón pudo decir el sabio N. B. Bousingault (1829), después de estudiar estas fuentes: «No creo que se haya encontrado todavía en la naturaleza una agua mineral tan cargada de sales». Y hace unos veinticinco años el doctor Francisco Montoya decía en una memoria sobre las aguas minerales de la República: «La más interesante entre todas nuestras aguas salinas, y una de las más notables del mundo, es la Sulfatada-sódica de Paipa; basta para demostrarlo establecer la comparación entre ella y Carlsbad, la más célebre entre las de su especie». Las aguas de Carlsbad (Boemia, en Austria) proceden de 16 manantiales de igual naturaleza, con un caudal de 48 litros por segundo y 6,2 gramos de sales por litro. La temperatura varía entre los 40° y los 73° 2 de un pozo a otro. El más importante es el Sprudel o Hervidero, que tiene por sí solo un caudal de 46 litros por segundo, y cuya temperatura es la máxima indicada.

No está por demás establecer un paralelo entre esta fuente y la de Pozo Azul en El Salitre.



Sales	POZO AZUL Gramos por litro	EL SPRUDEL Gramos por litro
Sulfato de sodio.....	29,699	2,405
Sulfato de potasio.....	.....	0,185
Cloruro de sodio.....	6,077	1,042
Cloruro de potasio.....	2,509	.....
Bicarbonato de sodio.....	2,283	0,776
Carbonato de sodio.....	0,561	1,298
Cloruro de litio.....	0,326	.....
Bicarbonato de magnesio..	0,174	0,166
Bicarbonato de calcio... ..	0,141	0,321
Metasilicato de sodio.....	0,137	.....
Fosfato de sodio.....	0,029	.....
Sulfuro de sodio.....	0,008	.....
Bicarbonato de manganeso.	0,003	0,0002
Hiposulfito de sodio.....	0,004	.....
Silicato de bario.....	0,003	.....
Sulfato de aluminio.....	0,001	.....
Bicarbonato de hierro.....	0,001	0,003
Arseniato de sodio.....	0,0001	.....
Sulfato de estroncio.....	0,0001	.....
Acido sulfhídrico libre.....	0,004	.....
Carbonato de estroncio... ..	0,000	0,0004
Carbonato de litio.....	.....	0,912
Fluoruro de sodio... ..	.....	0,005
Borato de sodio.....	.....	0,004
Fosfato de Calcio.....	.....	0,0007 *
Alumina.....	.....	0,0004
Acido silícico.....	.....	0,0715
Total de sales por litro....	42,5602 Gms.	6,2912 Gms.

IV—Estudio radioactivo de las fuentes

Importancia—La medida de la radioactividad es la cuestión quizás más importante de este informe, pues ella, por una parte, bastaría por sí sola para hacer de estas aguas una preciosísima panacea, como sucede con las aguas acratotermas que, sin abundancia de sales, gozan de apreciables propiedades curativas, y por otra, el origen de las aguas, la presencia del

helio, etc., se explican satisfactoriamente por la radioactividad que estas aguas poseen. Tanto las impresiones fotográficas de los lodos, como las medidas cuantitativas de la radioactividad, indican una grande actividad química superior a la de las fuentes más afamadas.

Aparatos y métodos—Para medir la radioactividad se usan dos procedimientos: el del electrómetro y el del electrosco-pio. El primero se emplea en las medidas científicas, el segundo en las valorizaciones técnicas. Usamos el primero por disponer de toda la instalación que, aun cuando costosa y de mayor complicación, hubimos de preferirla en mira de llegar a resultados exactos. Usamos el electrómetro de Dolezaleck y la instalación óptica de Cambridge Instrument C.^o Ltd.

El electrómetro consiste en cuatro cuadrantes huecos de metal, de seis centímetros de diámetro, soportados por pilares de ambar puro. Los cuadrantes van aislados entre sí, y conectados diametralmente. En el interior de ellos se mueve una aguja finísima de papel de plata en forma de ocho, suspendida de un hilo muy delgado de bronce fosforado desprovisto de torsión. La suspensión de la aguja lleva un espejito cóncavo, cuyo foco está situado a dos metros de distancia. El instrumento va colocado sólidamente dentro de una caja de metal, a cuyo exterior se fijan los terminales de los cuadrantes por medio de bornes aislados con ambar. Los movimientos del espejo se observan entre una ventana de la caja, mediante la reflexión de la imagen de una lámpara de filamento, la cual alumbra la escala en milímetros colocada dos metros adelante del instrumento. Este va fijo en una plancha rígida, aislada de las vibraciones, absolutamente horizontal. La aguja puesta en equilibrio entre los cuadrantes de manera simétrica, permanece conectada a uno de los polos de una batería de 110 voltios; el otro polo va a tierra. Se controla la posición e invariabilidad del punto de equilibrio de la aguja por medio de una pila standard (Weston Cell) que se conecta con los cuadrantes alternativamente. El electrómetro es tan sensible que se ve seriamente afectado por las corrientes locales y la electricidad de la atmósfera. Para proteger el instrumento de las cargas electroestáticas es necesario colocarlo dentro de una jaula metálica conectada a tierra. Los alambres de conexión deben ir

dentro de tubos de metal perfectamente aislados del alambre central; todas las conexiones y las llaves deben manejarse desde lejos por medio de hilos de seda.

Las medidas de radioactividad por el método eléctrico consisten en valorar la corriente de saturación producida por una sustancia radioactiva. Es decir, si entre dos cuernos aislados, sometidos a una diferencia de potencial notable, se coloca un cuerpo radioactivo, éste ioniza el aire, o sea, lo hace conductor de la electricidad, y una cierta cantidad de ella pasa entre los dos cuerpos. Este paso de electricidad es proporcional a la radioactividad de las sustancias. La actividad de una sustancia sólida se puede medir colocándola en una plancha de metal aislada, que se conecta a un polo de una batería de 300 voltios; una segunda plancha colocada a 2 centímetros encima de la primera, va conectada por medio de un vaso de mercurio a un par de cuadrantes del electrómetro. Las planchas están perfectamente aisladas y protegidas por una caja de metal unida a tierra.

Sobre la plancha inferior se coloca la sustancia en una vasija metálica adecuada. Conectado el electrómetro con la plancha superior principia a moverse, y se anota el tiempo necesario para que llegue a 100 divisiones.

Se puede valorar también la radioactividad haciendo dos determinaciones sucesivas en el menor tiempo posible, con el cuerpo que se estudia, y un standard de radioactividad conocida. El más usado es el óxido de uranio U^3O^8 , que se puede preparar precipitando el óxido por evaporación en caliente del nitrato de uranio disuelto en alcohol absoluto. Se coloca en la vasija de medida, y el tiempo necesario para que la aguja llegue a 100 divisiones se anota. La actividad del óxido de uranio es constante y siempre será exacta si el electrómetro no ha cambiado.

Investigación radioactiva de las aguas—Para medir la radioactividad total empleamos cinco litros de agua; se acidula con sulfúrico y se precipita lentamente en forma de sulfato de bario; este lavado y desecado por los procedimientos corrientes, se coloca en la cámara de ionización, como se ha dicho. Se usa como standard una masa de gramos 1,1792 de U^3O^8 . Resultado:

Radioactividad por litro de agua: $0,252 \times 10^{-8}$.

Radioactividad de los lodos—El método es semejante al que hemos descrito para el agua; solamente se mide la emanación usando una pipeta especial, en la cual se recoge después de cinco días de saturación; se pasa a la cámara de ionización, donde comunica con el electrómetro; la medida es semejante a la de los sólidos.

Los lodos se prepararon así: la muestra seca se fundió con alkalis en un crisol de platino; éste se encerró en una ampolla de vidrio y se descargó la emanación en el electrómetro, previa disolución en ácido nítrico diluido. La medida de la radioactividad de los lodos nos dio:

Radio elemento por gramo de lodo: $0,316 \times 10^{-9}$.

Radioactividad de los gases—Los gases recientemente tomados y secos con anhídrido fosfórico P_2O_5 , se pasaron a la cámara de ionización, en la cual se había hecho el vacío. El volumen fue de un litro. Comparada la corriente de saturación con la descarga del óxido de uranio, dio una radioactividad equivalente a

Radio elemento por litro de gas: $0,217 \times 10^{-12}$.

Por no disponer de aire líquido no pudimos valorar de una manera exacta la radioactividad de los gases en milimicrocurios.

Conclusiones—1.^a La impresión de placas fotográficas con diversas muestras de lodos de El Salitre ha puesto de manifiesto que no todos ellos poseen igual radioactividad. Unos, revelan no sólo emanación sino partículas vivas de sales radiíferas, después de un mes de conservados, mientras que otros lodos, al cabo de seis o siete días dejan de impresionar las placas. Esto induce a creer en primer lugar que los cuerpos radioactivos de Paipa pertenecen, no a la serie del actinio ni del torio, sino a la del radio, y en segundo, que algunos lodos contienen bien radio Ra, o radio D, de vida más o menos larga, en tanto que otros sólo contienen o radio elementos de vida corta y alegre, según la expresión de Soddy, o simplemente emanación Ra Em, cuya vida media no pasa de pocos días.

Salta, pues, a la vista que tanto el transporte a distancia de las aguas y lodos, como la demora en su aplicación, disminuye la eficacia de ellos, no sólo por la pérdida de temperatura sino

sobre todo por el empobrecimiento progresivo en radioactividad que con el tiempo experimentan las sales. De ahí vino que, aun antes de conocer estos fenómenos, hicieran los médicos hidrólogos la distinción entre aguas vivas y aguas muertas, designando con el primer nombre a las aguas corrientes que se utilizan apenas brotan del suelo y gozan por lo tanto de todas sus propiedades, y con el segundo, las aguas que por por una causa cualquiera (falta de renovación, transporte, etc.) pierden la temperatura inicial, así como algunas de las sales, gases y demás propiedades que poseían. Es pues de grandísima importancia construir los baños en El Salitre lo más cerca posible de las fuentes de captación.

2.^a Strutt y Eve han demostrado que las rocas de origen ígneo poseen hasta 1,2 gramos de radio por cada millón de toneladas, y según se infiere de los trabajos de Joly y de Rutherford, a la acción de él se debe la radioactividad de toda la corteza terrestre y especialmente de los manantiales y gases que brotan del subsuelo. Si pues en lodos de El Salitre se encuentran sales radíferas, ello no puede proceder sino de esas rocas de donde han salido expulsadas con las aguas de síntesis por la acción energética del calor interno.

3.^a El radio, como es sabido, se desintegra espontáneamente emitiendo una partícula «Alpha» para producir la emanación, llamada nito o radón. Pero «mientras que se necesitarían, dice sir William Ramsay, 1750 años próximamente para que un peso dado de radio se convierta en emanación, reduciéndose a la mitad, este último gas se transforma en 3,85 días con un desprendimiento enorme de calor; un centímetro cúbico de emanación, desprende en efecto. 3.500.000 veces más calor que el que produce la explosión de un volumen igual de una mezcla de dos partes de hidrógeno y una de oxígeno. Tiene igualmente la propiedad de descomponer el agua, y es bastante soluble en estelíquido. Durante su transformación espontánea se produce un volumen de helio tres veces igual al suyo, y su disolución en agua da a la larga neo, o argo si contiene además algo de sulfato o nitrato cúpricos.... Abandonado en contacto con soluciones de torio, circonio, titanio o silicio, desprende anhídrido carbónico de una manera conti-

nua. Parece pues, dar origen a una transmutación de esos metales en carbono, que es el primer cuerpo del grupo a que pertenecen». Según esto, parte al menos del hidrógeno, del oxígeno, del anhídrido carbónico, y todo el helio, se deberían en las fuentes de Paipa a la presencia del radon.

V—Estudio geológico de El Salitre

Estratigrafía—El valle de El Salitre está situado sobre la meseta central de Boyacá en la vertiente occidental del macizo coronado en esta parte, al SE., por la laguna de Tota (3000 metros). Este macizo, que por sucesivas ondulaciones montañosas va elevándose desde los 2600 metros hasta los 3200 metros, divide las aguas que por el Oriente se dirigen a los llanos de Casanare y por el Occidente van a arrojar en el río Sogamoso.

La estructura geológica del macizo, como la de toda la meseta central, es en la parte montañosa netamente cretácea, constituida por lo general de areniscas de labor, areniscas cúbicas (quadersandstein) margas y esquistos pizarrosos, con bancos en ocasiones abundantes de piedra calcárea. Las capas de este piso, llamado piso de Guadalupe por los primeros geólogos que estudiaron la estratigrafía colombiana, se hallan con frecuencia dislocadas formando anticlinios y numerosas fallas. Los fósiles son pocos, pero característicos y pertenecen casi todos a los moluscos bivalvos, como el inoceramus, exogyram trigonia y pactem. Es particularmente notable Tibasosa por sus yacimientos de mármol y piedra de cal, y Firavitoba por la piedra de construcción y los fósiles del cretáceo superior, que se hallan en sus contornos.

Más al centro de la mesa de Boyacá, y particularmente en El Salitre y Paipa, aparecen manifestaciones de un terreno que podríamos llamar cretaterciario, por carecer de fósiles que lo caracterizan como francamente neozóico. Está constituido por arenas de granos más o menos finos, arcillas ferruginosas de color abigarrado, areniscas tiernas y arcillas grises con capas de carbón. Tal es el grupo denominado piso de Guaduas. Por el oriente de El Salitre pasa el enorme y abundante manto de hulla, que en Boyacá arranca del sur de Tunja (Puente de

Boyacá), sigue por la región de Tuta y Pesca y con algunas soluciones de continuidad va a perderse en los páramos que separan a Chita de la Salina. A menos de dos kilómetros de las Fuentes, hacia el sur, se halla en explotación una mina que pertenece al doctor Luis Jiménez López, con la cual provee de carbón su fábrica de sulfato de sodio: es una soberbia veta compacta de siete metros y medio de espesor, casi en la superficie del suelo, y a no dudarlo, será un precioso recurso para los establecimientos que el Gobierno departamental proyecta levantar en El Salitre.

En la región que estudiamos, las rocas eruptivas se han abierto paso en diversos puntos a través de terrenos cretáceos, dislocando las capas y diseminando por la superficie andesitas, porfiritas, y piedras pomez. Todo esto indica a las claras que la región comprendida entre la laguna de Tota y El Salitre ha sido asiento de no muy antigua actividad volcánica.

Fuentes minerales—Es particularmente interesante observar el considerable número de fuentes salinas y termominerales que brotan en las dos vertientes del borde oriental de la mesa de Boyacá. En la vertiente que se dirige a Casanare se hallan de preferencia las minas de sal gema, que son explotadas, bien directamente de los bancos sepultados en las rocas, bien de las fuentes que por ellos pasan y se saturan. Tales son entre otras, sin contar las de Zipaquirá y Nemocón, las de Chámeza, Pajarito, Sisguaza al N. O. de Labranzagrande, las Palomas al O. de Nunchía, y la afamada Salina de Chita. Entre las fuentes termominerales merecen especial mención: en la vertiente oriental, las de San Rafael, vereda de Junín, a orillas del río Lengupá; las de San Juanito, a orillas del mismo, en el Municipio de Zotaquirá, y las de El Palmar en la jurisdicción de Pesca. En la vertiente occidental se encuentran las de Tuta, en terrenos de don Cayo Malavar; las que brotan en la hacienda de El Salitre, como son Las Olitas, Las Minas y Los Hervideros; las de la Siberia o fábrica de sulfato de sodio del doctor Luis Jiménez López; las de San Rafael, hacienda de los señores Calderón, cerca de Tibasosa, y las que brotan, unas en la vereda de El Batán, y otras llamadas Agua Caliente,

propiedad del doctor Luis Angel Rodríguez, en la población de Iza. Hé aquí las características de algunas de esas fuentes:

Fuente de las Olitas—Nacimiento del río Salitre:

Altura sobre el nivel del mar.....	2700 metros.
Temperatura del agua.....	24° C.
Densidad del agua a 15° C.....	1.002126
pH (es un agua ácida).....	6,85
Extracto seco.....	Gramos.. 0,2000 por litro
Silice.....	» 0,0900 id.
Cal, en CaO.....	» 0,0120 id.
Bario, en BaO.....	» 0,0050 id.
Manganeso, en Mn_2O_3	» 0,0870 id.
Hierro, en Fe_2O_3	» 0,0007 id.
Sulfatos; en SO_4	» 0,0015 id.
Cloruros.....	Vestigios.
Boro.....	Vestigios.
Nitrógeno total.....	» 0,0001 id.

Probablemente la actividad química que se atribuye a estas aguas se debe al anhídrido silícico; pues un 80 por ciento de la sílice figura en forma de SiO_2 .

Fuentes de Iza:

Altura sobre el nivel del mar.....	2600 metros.
Agua caliente (sulfurosas).	
Temperatura.....	43 a 42° C.
Hay cuatro pozos.	

El Batán—(Ferruginosas). Temperatura 59° C. Hay un pozo. *San Rafael. (Tibasosa).*

Altura sobre el nivel del mar.....	2570 metros.
Temperatura.....	17° C.
Hay un pozo.	

Además de estas fuentes salinas, algunas de las cuales tienen la temperatura del lugar donde brotan, conviene señalar numerosos manantiales de agua potable que saltan, así en la hacienda de El Salitre como en la misma población de Paipa. Es significativo que estas aguas, destituídas sensiblemente de sales no brotan del fondo del valle, sino en las próximas colinas que lo rodean a modo de anfiteatro.

Laguna de Tota—No daríamos cabal idea de la porción del macizo oriental que nos ocupa, si no habláramos, al menos brevemente, de esta maravilla de los Andes boyacenses. La laguna de Tota se halla a unos 30 kilómetros al Sureste de Paipa, entre los $5^{\circ} 15' 24''$ — $5^{\circ} 18' 55''$ de latitud norte y los $1^{\circ} 8' 30''$, 8— $1^{\circ} 14' 27''$ de longitud este del meridiano de Bogotá. Altura sobre el nivel del mar 3000 metros. Tiene 13 kilómetros de largo por 8 de ancho en su parte más dilatada; su profundidad mayor es de 80 metros. Sobre el lago se arrojan tres grandes penínsulas llamadas Susaca, Potrero y Puntalarga, entre las cuales emergen, en forma de promontorios, cuatro islotes, uno de ellos espacioso y habitado. Diez y siete arroyuelos que bajan especialmente de las colinas de Alarcón y de Pueblviejo, alimentan la laguna, que sólo da salida a las aguas por una garganta estrecha llamada el Desaguadero y formada por dos serranías, China y Toquilla. Aquí nace el Upía, que después de recorrer 250 kilómetros de Norte a Sur, rinde su tributo al Meta.

La constitución geológica de sus alrededores es la del cretáceo, con la especialidad de que las capas aparecen en ciertos puntos mucho más dislocadas que en otras regiones no muy distantes, y las erosiones debidas al número considerable de fisuras son mucho más profundas. Todo parece como si esos contornos hubieran padecido violentas conmociones volcánicas, y que el lecho mismo del lago no hubiera sido sino un conjunto de cráteres inconsistentes que, merced a la acción de las aguas, hubieran desaparecido para formar una sola cuenca, obstruyendo las diversas chimeneas. La formación de la laguna de Tota será entonces semejante a la del lago Pavin en Auvernia.

Bancos de El Salitre—Así como en otros lugares de la mesa central de Boyacá existen yacimientos de sal gema, así se encuentran en una vastísima extensión del subsuelo de El Salitre riquísimos bancos de las mismas sales que se hallan disueltas en las fuentes. Tales bancos empiezan por lo menos en la región de Las Minas y siguen por la ribera oriental del río Sogamoso hasta la hacienda ya nombrada de San Rafael, cerca de Tibasosa. En la región de Los Hervidores se encuentran tan cerca de la superficie, que con la sola presión de las rocas que

constituyen la isla, y la humedad de la atmósfera, corre en las mañanas de verano un manto de sales eflorescentes desde el pie de la colina a la laguna por un flanco y al Valle de El Salitre por otro. Lo mismo se observa en otros sitios, especialmente en la hacienda de San Rafael (1).

Las sales que cubren de esta manera el suelo del Valle están constituídas sobre todo por una mezcla de sulfato, cloruro, bicarbonato de sodio y carbonato de calcio, cuyas proporciones varían según los lugares y la naturaleza mas o menos permeable del suelo. En ellas predominan el sulfato de sodio, que cristaliza en el sistema monoclinico con diez moléculas de agua (56 por ciento): $\text{SO}_4\text{Na}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$ y se conoce en mineralogía con el nombre de *mirabilita*; densidad 1,56; agujas blancas, brillantes, solubles en el agua, eflorescentes, de sabor fresco y amargo.

Origen de los bancos—Los yacimientos de El Salitre tienen más o menos el mismo origen que los de sal gema hallados en la mesa central. Como lo indican suficientemente los estratos y fósiles marinos del cretáceo, las tierras de nuestra altiplanicie estuvieron en la edad secundaria bañadas por el agua del mar. Al empezar el levantamiento de la cordillera oriental, se formaron aquí y allí grandes y profundos lagos marítimos que en la época terciaria, del mioceno al plioceno, se fueron desecando por evaporación. Entonces cristalizaron enormes bancos salinos, los cuales a medida que se empinaban más los cerros, iban quedando protegidos por mantos de arenisca micácea, yeso y caliza (sulfato y carbonato de calcio). Así se enriquecieron los bancos de El Salitre con la mayor parte de las sales que hoy se encuentran en el mar: cloruros de sodio, NaCl. de potasio, KCL, de magnesio, MgCl_2 , etc.

(1) Hé aquí como se expresa Boussingault: «Después de algunos días de tiempo seco, el terreno que está cerca del arroyo se cubre de eflorescencias salinas, las que apenas se han recogido cuando se reproducen otras nuevas, de manera que algunos indios, barriendo sin cesar la superficie del suelo, pueden coleccionar en pocas horas una masa considerable de sulfato de soda. Designan con el nombre de salitre esta sal en toda la comarca, y la dan a los ganados para engordarlos».

Con el período de actividad volcánica que se inició en el plioceno empezó la transformación química de muchas de esas sales para quedar constituidas las que hoy nos revela el análisis. El ácido sulfhídrico desprendido de los volcanes forma sulfuros o se convierte en azufre nativo por reducción, como acontece hoy en las aguas calientes de Iza. El anhídrido sulfuroso, transformándose en ácido sulfúrico por acción del aire atmosférico y el agua, produce sulfatos diversos. Así mismo el anhídrido carbónico procedente de la descomposición de los carbonatos de calcio, da origen a los carbonatos y bicarbonatos de sodio, etc.

Origen de las aguas—Dos procedencias pueden tener las aguas minerales :

1.^a Unas resultan de la infiltración de las aguas meteóricas u otras que después de recorrer una capa permeable por entre dos impermeables, cargándose de las sales solubles que encuentran a su paso, revientan a veces a grandes distancias en la superficie del terreno, con una temperatura frecuentemente superior a la del medio ambiente. Las fuentes que proceden de aguas meteóricas no son constantes, pero sí lo serán las alimentadas por el mar o por un lago. En estas fuentes, si la cantidad de agua aumenta, la mineralización disminuye, así como la temperatura ; de ordinario no contienen sino carbonatos y sulfatos terrosos, nitratos y oxígeno libre ; pero casi nunca fósforo, arsénico ni mucho menos sales radioactivas. Tales son los caracteres que señala para el reconocimiento de las aguas de infiltración, Armando Gautier, cuyas ideas a este respecto se puede decir que son hoy universalmente seguidas.

Hemos dicho que en las colinas de El Salitre brotan aguas frías no minerales y por lo mismo de naturaleza muy diferente de las de Los Hervideros. No parece, pues, temerario atribuirles un origen de infiltración, sobre todo al considerar que se hallan no más que a 25 kilómetros de la laguna de Tota y 300 metros más abajo sobre el nivel del mar.

Tampoco parece inverosímil que algunas de estas aguas de infiltración, se mezclen con las de los pozos termominerales para modificar algunas de sus propiedades. Así se explicarían más fácilmente los cambios de temperatura de Pozo Azul

y la diferente radioactividad que se ha observado en las aguas y lodos.

2.^a Hace algunos años el mismo sabio francés dio a conocer su nueva teoría, según la cual «muchas aguas termales, unidas por un origen común a los fenómenos volcánicos, surgen directamente de las profundidades de la tierra. Estas aguas proceden de una especie de destilación de las capas roqueñas, que contienen toda cierta cantidad de agua de constitución. Y en efecto, basta poner al rojo el granito, la más seca de las rocas, para extraer de ella agua, y en tal proporción, que un kilómetro cúbico de esta roca contiene, según Gautier, 25 a 30 millones de toneladas de líquido. En otros casos las aguas termales resultan de la oxidación del hidrógeno desprendido de las regiones incandescentes ; este hidrógeno, encontrando el oxígeno, forma con él vapor de agua (agua de síntesis) que se licua al enfriarse en las fallas a donde lo inyecten las presiones subyacentes».

Averiguando Gautier las señales que permiten distinguir las aguas minerales de infiltración de las de origen ígneo, llegó a comprobar que éstas tienen una temperatura y composición constantes ; contienen por lo general boro, fósforo, arsénico, fluor, cloro, bromo, yodo, etc., su rendimiento es a menudo rítmico con desprendimiento intermitente de gases, como ocurre en los manantiales de Earlsbad y en los geiseres de Islandia, y por fin contienen sales y emanaciones radioactivas.

Las aguas de El Salitre, si bien no contienen más halógeno que el cloro, se amoldan perfectamente a los demás caracteres indicados por Gautier : tendrían pues una génesis claramente volcánica y serían en su mayor parte producto de la descomposición de las rocas (aguas vírgenes o juveniles).

En síntesis, las aguas de Los Hervideros provienen, unas por infiltración especialmente de la Laguna de Tota, que arrastran consigo alguna cantidad de aire disuelto (nitrógeno, oxígeno, argo), llegan a poca profundidad y se mezclan con las aguas juveniles para hacer variar su temperatura ; otras, las juveniles, en mayor abundancia, nacen a expensas de las rocas que se hallan en contacto con el magma ígneo, se cargan desde un principio de boro, fósforo, arsénico, y sales radioactivas, así como de los gases (CC₂, H₂S, H, Om N, Ar y He) que se

exhalan en la superficie; al atravesar las capas del cretáceo por entre los bancos salinos, determinan por disolución las reacciones mutuas entre los aniones transportados y los cationes de las sales disueltas, para formar las que aparecen en los pozos, en los travertinos y en la superficie del valle.

VI—Aprovechamiento industrial de las sales

Sales explotables—Si el establecimiento de balnearios en Paipa trae ya por sí solo incalculables beneficios a los individuos y a la sociedad, estos beneficios se traducen en pingües ganancias al explotar industrialmente las sales de sus fuentes.

Entre las que pueden ser objeto de explotación se cuentan principalmente los pozos A, B, C y H, cuyo tenor medio en sales es de 42,2 gramos por litro. Siendo el gasto inversamente proporcional a la cantidad de sales disueltas, y sabiendo que el río Salitre para un gasto mínimo de 132 litros por segundo posee 27,321 gramos de sales, tenemos que estas fuentes reúnen un caudal de 85 litros por segundo.

O sea, en veinticuatro horas, 7344 metros cúbicos; resultado que está de acuerdo con el aforo del río Salitre antes de recibir el tributo de Los Hervideros.

Luego esas aguas (pozos A, B, C y H) arrastran en veinticuatro horas la fabulosa cantidad de 309,917 kilogramos.

Cerca de 310 toneladas, de las cuales se pueden extraer:

214,036 kilogramos de sulfato de sodio a \$ 0,04	
cada uno.....\$	8,561 44
16,425 kilogramos de bicarbonato de sodio a \$ 0,10.....	1,642 50
18,031 kilogramos de cloruro de potasio a \$ 0,10.	1,803 10
48,107 kilogramos de cloruro de sodio a \$ 0,10..	4,810 70
2,336 kilogramos de cloruro de litio a \$ 2,00	
cada uno....	4,672 00
4,015 kilogramos de carbonato de sodio a \$ 0,10	401 50
1,241 kilogramos de bicarbonato de magnesio a \$ 0,10.....	124 10
211 kilogramos de fosfato de sodio a \$ 0,10..	21 10
1 kilogramo de arseniato de sodio a \$....	0 50
304,403 kilogramos de sales en 24 horas, que valen.....\$	22,036 94

Se han tomado los precios mínimos del mercado de Londres.

De las sales más abundantes, como son el sulfato y el cloruro de sodio, sería muy ventajoso obtener el carbonato sódico, de grandísimo empleo en la industria, tanto en sí como en sus derivados.

Usos—En efecto, las sales de El Salitre son de mucha aplicación en los diversos ramos de la actividad humana.

El sulfato de sodio, tan empleado como purgante en medicina y veterinaria, reemplaza al carbonato de sodio en la fabricación de vidrios ordinarios. Con tal fin se extrajo en un tiempo el sulfato de El Salitre para la fábrica de Fenicia de Bogotá, «El señor Leo S. Kopp montó en la vecindad de Los Hervideros, hace unos ocho años—escribía el doctor Víctor Peñuela Rodríguez en 1904—un establecimiento de extracción, de sulfato de soda, utilizable en la vidriería. Se compone el edificio de un pabellón cubierto de zinc, al cual llega el agua por canales practicados en el suelo y por movimientos de bombas, y a calderos sometidos al fuego de una estufa, donde se evapora la mayor parte; alcanzada cierta concentración, sale de los calderos a recipientes planos, dispuestos en gradas sobre pilotes y expuestos a la acción evaporante combinada del aire y el sol. Cristalizada la sal en el último de ellos es amontonada para facilitar el agotamiento de las huellas de humedad que pudieran quedar».

Mas en vidriería fina se hace indispensable el carbonato, y para esto se ha transformado y hoy mismo se transforma en muchas partes el sulfato de sodio en sosa por el método Leblanc. Para el mismo objeto se utiliza al presente el cloruro de sodio según el procedimiento Solvay. Sólo en Francia se destinan anualmente cerca de 150 millones de kilogramos de cloruro para fabricar carbonato sódico.

Este sirve además para obtener la sosa cáustica, tan empleada hoy en el país, así para la fabricación de jabones duros, como en la purificación de los petróleos.

También se obtiene el hidróxido de sodio, al mismo tiempo que el cloro, por electrolisis del cloruro sódico según el método Kellner.

La importancia del cloruro potásico crece día por día, pues a más de ser muy pocas sus fuentes de explotación (minas de Stassfurt, de Kalucz, refinado de cenizas de Varec), sirve para preparar casi todas las sales de potasio que necesita la industria: clorato y nitrato potásicos, para fabricación de pólvoras y explosivos, etc., y sobre todo como abono de primera clase para cereales y otras plantas. Desde el aspecto sube de punto la importancia del aprovechamiento industrial del cloruro de potasio y demás sales de Paipa. Basta decir que la cantidad de potasa que vierten los cuatro pozos A, B, C y H, llega a 540 toneladas por mes; esta masa de abono sería suficiente para fertilizar cincuenta y cuatro millones (54.000.000) de matas de cafeto, a razón de 10 gramos de fertilizante por mata y por mes. Esto abonaría de sobra nuestro café, y no sabemos los inmensos beneficios que traería para los cultivos este precioso elemento, caro por su rareza y costoso por sus cualidades.

Otro tanto se podría afirmar del litio, de grandísima aplicación en medicina como diurético, ya que sus sales tienen la preciosa propiedad de disolver los uratos y el ácido úrico.

Merced a la línea del ferrocarril que en un porvenir no remoto comunicará a Paipa con dos mares, estos productos podrán venderse a menos precio que los extranjeros y aun serán susceptibles de exportación.

Conclusión—La Providencia ha colocado, pues, en nuestras manos un tesoro que, a ser mejor conocido, nos habrían envidiado ya muchas naciones. De los mil veintisiete balnearios que Francia posee, ninguno reúne ese complejo de virtudes curativas que adornara los de Paipa. Su termalidad, el número y proporción de sales activas en estado de disociación molecular, la presencia de radio y de emanaciones en cantidad superior a la de las fuentes más radioactivas de Europa y la abundancia de gases tan estimados como el carbónico y el nitrógeno; todas estas cualidades reunidas en un sólo manantial, están reclamando un establecimiento digno de los mejores de Europa. Si a esto se añade el precio de las sustancias que con poco costo pueden explotarse en El Salitre y el enorme consumo que de ellas hace diariamente la industria, ten-

dremos una idea de las riquezas cuantiosas que durante tantos siglos se han perdido.

Mas ha llegado el tiempo en que, merced al apoyo decidido del Gobierno y al entusiasmo creciente de los pueblos, el colosal y benéfico proyecto no quedará ya reducido a letra muerta, sino que se convertirá en fuente de salud y bienestar para los ciudadanos y en tesoro inagotable para el Departamento de Boyacá y para la Nación entera.

EL ESPEJO Y EL CAMINO

La frase sobre que la novela es como un espejo que se pasea por un camino, original de Saint-Réal y vulgarmente atribuida a Stendhal, es de las que más se han estereotipado. Contribuyamos con una alusión más a prestarla fuerza y resistencia, porque si unas pocas citas y alusiones pueden exprimir todo el jugo de un pensamiento, de una obra total, en cambio, cuando se la alude muchas veces, cuando se sorbe y paladea su contenido con calmosa delectación, poco a poco se va asimilando y fundiendo con nosotros mismos, cual aquella fantástica música de las esferas que acaso sea cierto que nos arrulla desde que nacemos y cuyo monorritmo no conseguimos seleccionar y percibir, porque para esa labor es obstáculo fundamental la costumbre. Hay frases como esta de Saint-Réal que petrificadas por la insistente repetición y conocimiento, no parecen haberse engendrado y desarrollado en una inteligencia humana; semejan haber existido siempre, fulgurando sobre las cabezas abatidas, debiendo su vida a un poder más alto que al de una simple reflexión.

Repitámosla una vez más, con sus mismas palabras, sin transvasarla: *Un roman: c'est un miroir qu'on promène le long d'un chemin.* Hé aquí un pensamiento que