

NOTA

SOBRE EL

AGUA HEDIONDA DE LA QUEBRADA DE HUACO

(PROVINCIA DE SAN JUAN)

POR EL DOCTOR ENRIQUE HERRERO DUCLOUX

INTRODUCCIÓN

Al proponer la clasificación de las aguas minerales de la República Argentina ¹, que fué adoptada por el doctor del Arca en su precioso libro sobre la materia ², no dudé en colocar la fuente de la Quebrada de Huaco, conocida por el nombre de Agua Hedionda, entre las fuentes sulfurosas verdaderas, no sólo porque así resultaba de los análisis realizados por Max Siewert ³, aceptados sin discusión por todos los que después se han ocupado del asunto — como oportunamente veremos — sino también porque mis ensayos del año 1900 me convencieron de que esta agua podía compararse con las de más fama en su género del viejo mundo, despertando en mí el deseo de estudiar más completamente su composición.

Esta nota comprende los resultados alcanzados por mí en los ensayos preliminares ya citados, el análisis practicado bajo mi dirección por mis distinguidos ex alumnos doctores Juan B. Lara y Víctor L. Meaurio en 1911, en la Facultad de ciencias de Buenos Aires, y en fin, los estudios que en las vacaciones de 1914 inicié con muestras especiales

¹ E. HERRERO DUCLOUX, *Hidrología agrícola é industrial*, en *Censo agropecuario de la república*. Buenos Aires, 1908.

² ENRIQUE DEL ARCA, *Aguas minerales especialmente de la República Argentina*. Buenos Aires, 1910.

³ MAX SIEWERT, *Ueber einige Mineralwässer und Heilquellen der Argentinischen Republik*, en *La Plata Monatsschrift*, tomo II, páginas 161-167. Buenos Aires, 1874.

y proseguí en el corriente año, repitiendo y comprobando los datos del anterior, ante la sorpresa de las cifras obtenidas que rectifican, sin duda alguna, el concepto original y obligan á modificar la clasificación adoptada desde 1874.

Son las aguas sulfurosas, entre las aguas llamadas minerales o medicinales, las que más difícilmente pueden estudiarse en el laboratorio, sin correr el peligro de que su composición se haya modificado por el transporte, comprendiendo en tal causa de variación la influencia del envase, del aire, de la luz, de la temperatura, del tiempo transcurrido y de las reacciones secundarias que la materia orgánica disuelta ó suspendida puede engendrar. Y esta circunstancia es de un valor extraordinario en nuestro país, donde las distancias y los medios de comunicación no se corresponden, disminuyendo éstos cuando aquellas crecen, y mientras no se emprenda un trabajo de investigación en las fuentes mismas, como lo ha realizado mi aventajado ex alumno doctor Héctor Bolognini, con los manantiales de La Laja en la provincia de San Juan ¹.

Además, las aplicaciones de las aguas sulfurosas en terapéutica exigen casi sin excepción su empleo en los manantiales, por lo cual es doblemente necesario observarlas y estudiarlas al surgir y no á la distancia tras las contingencias del transporte, como conviene hacerlo en el caso de las aguas llamadas de mesa, pues que su destino es ser consumidas en condiciones completamente distintas.

Los trabajos realizados hasta la fecha de la publicación de mi estudio sobre las fuentes de la provincia de Catamarca ², donde se establecen los tipos de aguas sulfurosas argentinas más importantes, corresponden á investigaciones dignas de mucho aprecio, pero utilizando muestras en general *transportadas* y en muchos casos recogidas en condiciones desfavorables. Así se explica la distribución sujeta á correcciones que allí adopto y que podría substituirse con ventaja, aunque sin carácter definitivo por el cuadro siguiente:

AGUAS SULFUROSAS

- a) *Sulfurosas verdaderas*: La Laja (SJ); Porongal (S); Copahues (N); Quebrada del Luingo, 80° c (S);
- b) *Sulfhídricas simples*: La Cieneguita (M); Copahues (N); Volcán (J);
- c) *Sulfhídricas clorosulfatadas*: Rosario de la Frontera (S); Pera

¹ HÉCTOR BOLOGNINI, *Los métodos de análisis en las aguas minerales y estudio de los manantiales de La Laja* (San Juan). Buenos Aires, 1912.

² E. y L. HERRERO DUCLOUX, *Las aguas minerales de los valles de Hualfín y otros de la provincia de Catamarca*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XVI, páginas 51-120. Buenos Aires, 1909.

lito (M); Cerro Cacheuta, minas de petróleo (M); Sosneao (M); Los Molles (M); Cajón grande Campanario (M); Hedionda de Jachal (SJ); Río de los papagayos (SJ); Salados del Albardón (SJ); La Puntilla (SJ);

d) *Sulfatadas ó accidentales*: Aguas Amarillas (M); Azufre de Río Hondo (SE); Sierra de Zonda (SJ); Pismanta (SJ); Talacasto (SJ).

Adopto el nombre de *sulfurosas verdaderas* para aquellas aguas que contienen sulfuros alcalinos ó alcalinoterrosos como substancia mineralizante característica y de acuerdo con lo establecido por el sabio profesor Armand Gautier; reservo la designación de *sulfhídricas simples* para aquellas de mineralización escasa y que contienen ácido sulfhídrico en mayor o menor proporción, casi siempre débil; coloco entre las *sulfhídricas clorosulfatadas* las que no poseyendo sulfuros en su composición, al surgir en el manantial, tienen cloruros y sulfatos como sales dominantes, pudiendo éstos últimos engendrar por descomposición hidrógeno sulfurado ó sulfuros, hiposulfitos y sulfitos; y en fin, señalo con el título de *sulfatados ó accidentales* los que contienen ácido sulfhídrico en presencia de sulfatos con muy pocos cloruros y cuya sulfuración puede ser variable y atribuible á causas accidentales.

Ha de llamar la atención que pasen del primero al tercer grupo varias aguas que Max Siewert clasificó como sulfurosas verdaderas, pero la presencia de bicarbonatos alcalinos en ellas, que el mismo analizador establece, obliga a esta corrección que alcanza también al Agua Hedionda y que plenamente se justifica como veremos en su lugar. Las aguas sulfurosas de Mendoza estudiadas por Isola ¹ confirman resultados en gran parte inéditos obtenidos por mí antes de 1905, y por eso las clasifiqué de acuerdo con el mismo criterio, aun contradiciendo opiniones ya aceptadas. Respecto de las otras provincias que en el cuadro figuran, sólo he utilizado datos obtenidos sobre muestras *transportadas*, y esa circunstancia me induce á no dar carácter definitivo á mi clasificación.

DATOS GENERALES

La fuente sulfurosa de la Quebrada de Huaco es una de las primeras de este grupo que se han estudiado en el país, contribuyendo á su conocimiento principalmente las publicaciones de Stelzner ² y de Max Siewert ³ que otros viajeros y especialistas han comentado y comple-

¹ ULISES ISOLA, *Estudios de las aguas minerales y potables de la provincia de Mendoza*. Buenos Aires, 1905.

² A. STELZNER, *Beiträge zur Geologie und Palaeontologie der Argentinischen Republik*. Cassel y Berlín, 1885.

³ MAX SIEWERT, *loc. cit.*

tado después, admitiéndose, sin embargo, en cuanto á su composición química los datos del segundo, aún en trabajos recientes y de carácter oficial.

Situación. — La fuente se halla en la Quebrada de Huaco, al nordes-

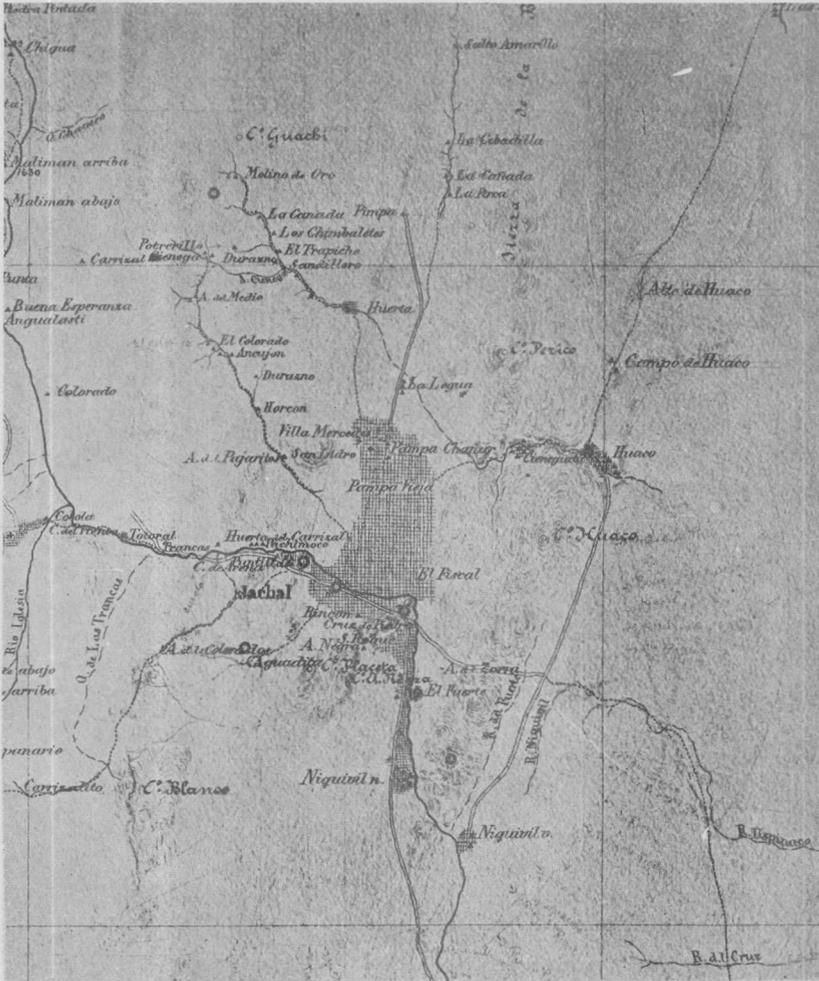


Fig. 1. — Mapa de la región y vías de acceso

te de Jachal y en el departamento del mismo nombre de la provincia de San Juan. Sus aguas se vierten en el arroyo Cauquenes ó de Huaco que corre á lo largo de la Quebrada con caudal variable. La figura 1 da una idea de la situación del manantial con relación á la villa de Jachal y poblados vecinos, así como también de los accidentes principales del terreno: corresponde á un bosquejo depositado en la mapoteca del

Museo de La Plata y perteneciente á estudios de carácter geográfico, realizados bajo la sabia dirección del doctor Francisco P. Moreno.

Altitud. — Se puede admitir como más probable la cifra de 990 metros sobre el nivel del mar para la altitud de la fuente.

Vías de acceso. — Para llegar al manantial partiendo de Jachal hay que recorrer aproximadamente ocho leguas á través de camino carretero y arenoso en su mayor parte, pues sólo en la quebrada es de herradura y pedregoso, pudiendo volverse intransitable en épocas de grandes crecientes del arroyo.

El coronel Moscarda ¹, en su valioso libro de carácter militar, calcula



Fig. 2. — El valle de la Ciénaga en la quebrada de Huaco

en seis horas diez y siete minutos el trayecto de la villa de Jachal al distrito de Huaco, pasando por el caserío de Pampa Vieja que se concluye de atravesar á las dos horas y media de la salida de Jachal, y entrando después en la quebrada, donde debe vadearse el arroyo Cauquenes cinco veces para llegar á una esplanada que se llama Cieneguita constituida por varias fincas de carácter agrícola. Abandonando las casas de Cieneguita, y después de una hora y diez minutos de marcha, se encuentra la fuente Hedionda en la mitad de la quebrada.

Como se ve, no puede considerarse fácil ó cómodo el trayecto, pero el proyecto de ferrocarril entre San Juan y Jachal en vías de pronta realización, permite asegurar que el acceso á la fuente se simplificará

¹ JUAN F. MOSCARDA, *Guía geográfica militar de la provincia de San Juan*, página 241. Buenos Aires, 1902.

en gran parte por los elementos de que dispondrá entonces la villa de Jachal y los poblados de Pampa Vieja y Cieneguita, permitiendo á los viajeros hacer estaciones en esos puntos, y favoreciendo además ciertas obras de defensa y mejoramiento en la parte de camino comprendido en la Quebrada de Huaco.

Descripción. — Se considera esta región de Jachal como la más pintoresca de la provincia de San Juan y algo de sus bellezas naturales puede apreciarse por las fotografías que adornan esta nota y que debo á la extrema amabilidad de mi ilustrado amigo don Carlos Correa Luna, director de la revista *Fray Mocho* de Buenos Aires.



Fig. 3. — La quebrada de Huaco en la proximidad de la fuente

En medio de las montañas, después de atravesar el valle de la Ciéna-ga (Cieneguita) entregado hoy al cultivo y transformado ya en un emporio por el riego, el viajero penetra en la quebrada, en cuyo fondo corre el arroyo, estrecha más y más á medida que llega al manantial, con paredes desiguales y de considerable altura, donde las rocas calizas conservan su estratificación perfecta presentando los efectos de erosión de las aguas y de los vientos, apenas cubiertas de vegetación.

En la proximidad de la fuente los bancos de roca caliza pierden su horizontalidad, la vegetación desaparece casi por completo y las barrancas adquieren por su altura verdadera grandiosidad. El agua surge con violencia, templada y límpida, buscando una pileta natural entre las rocas, saturando el aire con ácido sulfhídrico y recubriendo todo á su paso

con una capa sin cesar engrosada, de color variable y naturaleza heterogénea, rica en azufre, carbonato cálcico y sílice, con proporciones variables de substancia orgánica.

En la base de la barranca se abren varias cavernas practicadas como abrigos ó viviendas para el viajero, representando ellas la futura estación balnearia, cuya instalación plantearía el problema del transporte del agua para baños, pues el ancho de la quebrada no permite pensar en construcciones adecuadas sobre el mismo manantial.

Después de visitarlo Max Siewert, el manantial ha sufrido algunos cambios en su aspecto y sobre todo con motivo del terremoto de 1894 — que también parece haber modificado las fuentes de La Laja y Pis-



Fig. 4. — La quebrada de Huaco en el manantial ; á la izquierda las cuevas de abrigo

manta — no creyendo sin embargo que haya llegado á variar su composición química.

Datos geológicos. — El mapa que acompaña á esta nota y que debo á la esquisita gentileza de mi sabio amigo ingeniero Enrique Hermitte, me evita largos comentarios y explicaciones : es un fragmento de la carta que el doctor Ricardo Stappenbeck ¹ trazó para su estudio sobre la precordillera de San Juan y Mendoza y con su clave de colores, sirve para identificar la naturaleza geológica de la región de la fuente y de las sierras del sur y del oeste de Huaco. Desgraciadamente, la escala del mapa no permite apreciar en el punto correspondiente al manantial,

¹ RICHARD STAPPENBECK, *El agua subterránea al pie de la cordillera mendocina y sanjuanina* en *Anales del Ministerio de Agricultura* (Sección Geología, Mineralogía y Minería), tomo VIII, número 5. Buenos Aires, 1913.

la presencia de bancos de roca caliza que forman las barrancas de la quebrada y que ya Max Siewert caracterizó como paleozoicos.

En el mapa trazado por el doctor Bodenbender ¹ con conocimiento del trabajo de Stappenbeck, Huaco aparece sobre estratos recientes, flanqueado al este por terreno pleistocénico (?) y terciario y al oeste por terreno carbonífero permiano y triásico, apoyado éste en la sierra de Jachal constituida por terreno siluriano y devoniano y cruzado aquél por terreno cretáceo superior andino.

El conocimiento más perfecto de la geología de la región puede adquirirse estudiando la memoria del mismo autor ² dedicada á las formaciones carboníferas de la República con motivo de la presencia de mantos de combustible en Huaco y al establecer su parentesco con los estratos de Paganzo, reúne gran número de datos originales y aprovecha las observaciones recogidas por Stelzner en su viaje de 1873 al atravesar la quebrada de la fuente, desde San Juan á Córdoba, entre cuyos resultados se halla un perfil que comprende Jachal-Huaco-Salinitas y que Bodenbender amplía en su libro citado sobre la parte meridional de la provincia de La Rioja. También son de gran valor los estudios de Siefert ³, de Stieglitz ⁴ y de Bodenbender ⁵ cuya consulta es de aconsejar para conocer algo de la petrografía de esta zona respecto de lo cual no insisto, para no romper el marco que esta nota tiene señalado por su propia índole.

Sin embargo, creo útil y pertinente extractar lo que Stappenbeck dice de la hidrografía de Jachal, por la relación íntima que se busca entre las fuentes de Talacasto, La Laja y Hedionda :

Tengo pocos datos sobre el agua subterránea de esta pampa [de Jachal]; pero es muy probable que el agua de los arroyos infiltrados se acumula en el ripio y loess, formando así la alimentación del río de Huaco. La analogía con regiones de igual constitución geológica nos permite la conclusión de que haya

¹ GUILLERMO BODENBENDER, *Parte meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes*, en *Anales del Ministerio de Agricultura* (Sección Geol., Miner. y Min.) tomo VII, número 4. Buenos Aires, 1912.

² GUILLERMO BODENBENDER, *Sobre la edad de algunas formaciones carboníferas en la República Argentina*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo VII, páginas 131-149. La Plata, 1896.

³ P. SIEPERT, *Petrographische Untersuchungen an alten Ergussgesteinen der Argentinischen Republik*, en *Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie*, 1894.

⁴ O. STIEGLITZ, *Zur Petrographie Argentinens: Die Gesteine del Vorkordillere von San Juan und Mendoza*, en *Tschermack's mineralogische und petrographische Mitteilungen*, tomo XXX, página 418. Viena, 1911.

⁵ GUILLERMO BODENBENDER, *Petrografía*, en *Anales del Ministerio de Agricultura* (Sección Geol., Miner. y Minería), tomo II, número 3. Buenos Aires, 1907.

agua bajo fuerte presión hidrostática probablemente surgente, en el subsuelo, pues el terreno de acarreo traído de todos lados hacia la cuenca, debe llenar el fondo y las partes laterales, sobrepuesto después por otros depósitos de la

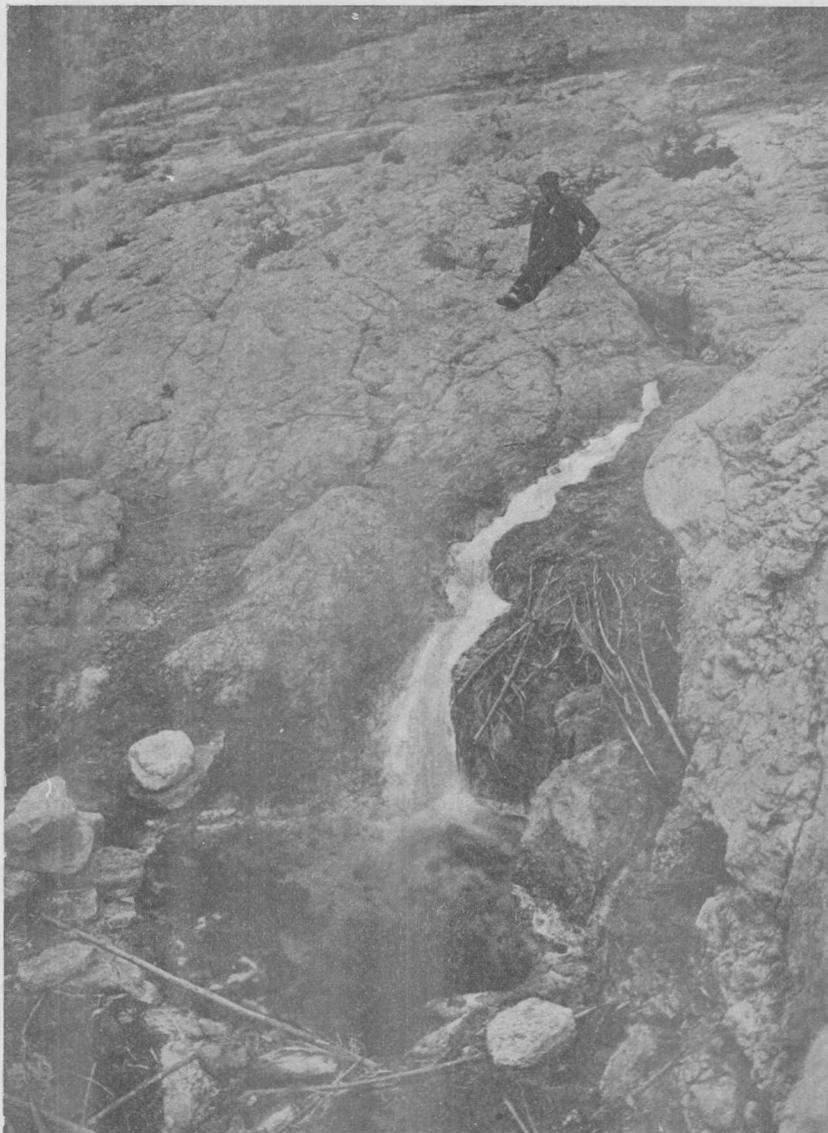


Fig. 6. — El manantial del Agua Hedionda

descomposición y desintegración de las rocas, cuyas partes más finas llenan el centro del valle, alternando hacia la orilla con ripio y desmoronamientos. De tal composición del subsuelo resulta la posibilidad de la existencia de varias napas de agua artesiana. Hasta hoy no se ha hecho perforación alguna para

usar las aguas subterráneas de la llanura tan fértil de Jachal. Sólo un parte de esta pampa es cultivada, pero en todo caso la red de canales es bastante propagada para que con el sobrante del agua de riego se aumente el agua subterránea por infiltración y por consiguiente se agrande el río de Huaco. Este río corre ahora por dos cauces estrechos en cal siluriana, uno tras de otro, estando en el medio el Vallecito formado por erosión en los estratos calchaqueños y en los estratos de Paganzo. Aguas abajo de las fuentes termales de Agua Hedionda, se ha proyectado un dique de embalse para aumentar la irrigación en la región de Huaco.

Es probable que si se realizan perforaciones en busca de las napas surgentes, lleguen á la superficie aguas del tipo de la Hedionda, de Talacasto ó de La Laja, comprobándose plenamente la aseveración del doctor Stappenbeck, que dice:

La formación de las vetas de azufre por manantiales no se puede poner en duda y lo mismo sucede con las relaciones que unen este fenómeno con las fuentes termales de Baños de La Laja, pues tendríamos que poner en conexión estas fuentes y las vetas de azufre de la Punta de Villicum con procesos postvolcánicos, pero no vemos ni cerca ni lejos de ese punto rastros de actividad volcánica. Además la sorprendente semejanza de la presentación y de la aparición, como también de la casi igual temperatura de los manantiales de los Baños de La Laja, Talacasto y Agua Hedionda apenas permiten declinar la idea de un origen semejante. Pero como no existen rocas volcánicas cerca de los Baños de La Laja, tampoco las hay en la quebrada de Talacasto ó en los alrededores de Agua Hedionda, habría entonces que suponer la existencia en la profundidad de algún macizo de rocas volcánicas. Por estos hechos parece mejor desechar por completo una explicación basada en la actividad postvolcánica y es más simple suponer que agua atmosférica se ha infiltrado en las sierras á grandes profundidades, donde se calentó y ha subido otra vez bajo la presión hidrostática dentro de la cal fisurada cargándose en el camino con varios minerales, especialmente con carbonato de calcio. Si adoptamos las ideas de Lepsius ¹, este camino nos da también una explicación fácil y sencilla del ácido carbónico con el cual el agua termal se cargó durante el proceso de disolución de la cal. Podemos explicar el contenido de sal, revelado por el análisis, por una extracción de las calizas silurianas marinas, donde como en los baños de La Laja ha sido comprobado un contenido extraordinario de cloruro sódico, hay que tener en cuenta que el agua termal tiene que correr todavía por los estratos calchaqueños impregnados con sales antes de salir á la superficie.

Sin discutir el parentesco de origen, debo hacer notar que las fuentes de La Laja figuran en el cuadro por mí propuesto como sulfurosas ver-

¹ LEPSIUS, *Notizen zur Geologie von Deutschland*: b) *Über die Herkunft des Kohlensäure in den tiefen Quellen*. *Notizblatt des Vereins für Erdkunde und d. Grossh. geol. Landesanst. zu Darmstadt*, 1908.

daderas, por la confianza plena que el estudio del doctor Bolognini ya citado me merece, en tanto que el manantial de Agua Hedionda se halla



Fig. 7. — Cueva practicada en la barranca como vivienda ó abrigo

entre las sulfurosas sulfhídricas clorosulfatadas por las razones que expresaré en el capítulo dedicado á métodos analíticos.

Temperatura. — Varios son los datos de temperatura que de esta fuente se conocen y no concordantes siempre. Así, por ejemplo, Igarzá-

bal¹ al hablar del Agua Hedionda, le atribuye 80° F., es decir, 26° 67C., mientras que Max Siewert le da 24° 5C. y el doctor Stappenbeck² le señala 21° 5 á 25° C. en una publicación reciente.

El dato no carece de importancia, por las relaciones que se tiende á establecer entre los manantiales sulfurosos de San Juan atribuyéndoles un origen común, explicando su termalidad por causas ajenas al volcanismo y justificando sus diferencias notables de composición por la naturaleza y estado de las rocas que han encontrado en su camino hasta la superficie del suelo, partiendo de la capa profunda cuya temperatura revelarían.

Recursos. — Los datos que anteceden son suficientes para demostrar que se trata de una estación balnearia primitiva, tan hermosa como pobre, tan útil como desamparada, fuente de riqueza inexplorada hasta ahora en dependencia directa de las vías de comunicación por construirse.

Todo lo que se dijese hoy, sería falso al llegar los rieles hasta Jachal; tan profundo es el cambio que se produce en esos núcleos de población formados con esfuerzos increíbles y con sus propios elementos, cuando quedan ligados á las capitales de provincia y por ende á Buenos Aires por la vía férrea. Los fuertes comerciantes y agricultores de Jachal se preocuparían de proporcionar el capital necesario para que los viajeros y enfermos tuviesen las comodidades que exige un establecimiento moderno, como los que en Europa atraen millares de enfermos, entre los que nuestros compatriotas figuran con fuertes contribuciones en dinero que podría quedar en el país con el mismo ó mejor resultado.

Es prudente entonces esperar la terminación del ramal férreo hasta Jáchal para poder exactamente apreciar los recursos de que la fuente dispondría.

Aplicaciones. — La terapéutica acepta hoy como agentes valiosos las aguas minerales sulfurosas, reconociéndoles una actividad en sus efectos superior á cualquier otro tipo y justo es decir que el vulgo se ha adelantado á esa observación, con su propia experiencia, frecuentando este manantial á pesar de todas las dificultades que su empleo traía aparejadas.

En forma de baños y como bebida, de hace muchísimos años, el Agua Hedionda ha sido buscada por numerosos enfermos de la piel y de las vías respiratorias, habiéndose empleado con resultados positivos en afecciones venéreas, combatiendo úlceras de origen diverso y en dolencias de carácter reumático.

¹ RAFAEL S. IGARZÁBAL, *La provincia de San Juan en la Exposición de Córdoba*, página 73. Buenos Aires, 1873.

² RICHARD STAPPENBECK, *loc. cit.*

MÉTODOS ANALÍTICOS

Los resultados que figuran en los cuadros correspondientes á mis análisis de 1914 y 1915 han sido obtenidos siguiendo, en general, los métodos que se detallan en mi estudio sobre las aguas minerales de los valles de Hualfín y otros de la provincia de Catamarca, citado anteriormente, por lo cual no los indicaré aquí, limitándome á la exposición de los procedimientos especiales que la naturaleza de la fuente exigía.

Los datos del análisis de mis ex alumnos Lara y Meaurio corresponden á métodos semejantes y en gran parte idénticos á los por mí seguidos, pues que fueron obtenidos bajo mi dirección, habiéndose modificado en detalle el modo operatorio por las condiciones especiales del trabajo en la Facultad de Ciencias.

Y en fin, las cifras que forman el cuadrito de los ensayos de 1900, proceden de la práctica de los métodos adoptados en esa fecha al iniciarse en el ministerio de Agricultura los trabajos preparatorios del Congreso hidrológico que debió celebrarse en dicho año, como puede verse en el tomo XIV de esta *Revista* ¹.

Muestras. — Las muestras fueron recogidas de acuerdo con mis indicaciones por el jefe de correos de Jachal señor Galaburri, en 1914 y 1915, utilizando una serie de envases de cierre hermético preparados de antemano de 500 y 1000 cm³ de capacidad, dejando una cámara gaseosa inferior á 1 cm³ de modo que la cantidad de oxígeno aprisionado fuera despreciable con relación al volumen, máxime teniendo en cuenta que los frascos se llenaron en una atmósfera rica en ácido sulfhídrico. Por otra parte la limpidez perfecta de las muestras servía de comprobación de la ausencia de oxígeno atmosférico, pues una característica del Agua Hedionda — común á casi todas las de su género en mayor ó menor grado — es la exagerada sensibilidad respecto del aire, en cuyo contacto al cabo de pocos minutos adquiere una opalescencia visible que se convierte en turbidez, produciéndose más tarde un depósito de azufre en cristales microscópicos.

Color. — El color fué observado á través de espesores de 20 y 50 cm. y por el procedimiento Chamberlain, resultando incolora mientras no había azufre libre; y dando luego coloraciones variables azules ó verdosas débiles, cuya explicación es obvia y que han preocupado á analizadores europeos en otras aguas sulfurosas ² cuando se producen sin

¹ E. HERRERO DUCLOUX, *Aguas minerales alcalinas de la República Argentina*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XIV, páginas 9-52. Buenos Aires, 1907.

² JOSÉ CASARES GIL, *Análisis químico de las aguas minero medicinales de Alcedo (Santander)*. Santander, 1908.

precipitación de azufre, es decir, cuando corresponden al agua no alterada y en la que cabe suponer combinaciones desconocidas sulfuradas de un poder tintorial extraordinario.

Índices de refracción y dispersión. — Fué determinado con el refractómetro universal de Féry el primero y después con el refractómetro de Pulfrich se ratificó y corrigió el índice de refracción medido, haciendo una serie de observaciones para llegar al índice de dispersión.

El refractómetro de Pulfrich empleado pertenecía á la Escuela superior de ciencias físicas de la Universidad y la amable colaboración del profesor ingeniero Adrián Pereyra Míguez fué para mí sumamente eficaz, no sólo porque mis medidas fueron contraloreadas cuidadosamente, sino también porque me sugirió la idea de aprovechar el fenómeno de la dispersión, para construir curvas que en caso de dispersión anormal podrían ser más características que los índices simples de refracción ó dispersión y que como un espectro de absorción obedecerían á la naturaleza y á la concentración de los cuerpos disueltos. No incluyo las curvas que el profesor Pereyra Míguez trazó con los valores de $n = f(\lambda)$ y $n' - n = f(\lambda)$ para agua pura y agua sulfurosa, pero creo pertinente hacer constar aquí su opinión de que, aún cuando el trabajo hecho con los inseguros decimales de cuarto y quinto orden hacen prever una gran influencia de los errores de observación, parece que el agua Hedionda presenta un fenómeno semejante á la dispersión anormal, sin ser exactamente lo mismo, pudiendo atribuírse al cuerpo en solución ó quizá al azufre que se separa en contacto del aire, pues presentando el líquido opalino absorción se produciría dispersión anormal.

Los cuadros de cálculos que sintetizan nuestras observaciones tienen como base en el caso del agua pura, los datos establecidos en las tablas de Landolt y Chwolson :

Conductibilidad eléctrica. — Fué determinada con un puente de Kohlrausch, modelo perfeccionado de Hartmann & Braun utilizando vasos de distinta forma porque quería observar la influencia del tiempo en recipientes herméticamente cerrados y la del aire en vasos abiertos. Las medidas se hicieron con intervalos de seis días durante tres meses, en el primer caso y durante doce días en el segundo llevando el sistema a temperatura constante para las lecturas, no habiéndose notado variación alguna en el recipiente cerrado y no pudiendo tenerse en cuenta los cambios observados en el segundo caso por ser despreciables.

Radiactividad. — En la imposibilidad de hacer observaciones directas en el manantial, actué con muestras cuya fecha de obtención conocía exactamente, para poder calcular en caso de resultado positivo en las medidas, la radiactividad del agua en la fuente, utilizando las experiencias del doctor Fr. Hammer y de los profesores Moureu y Bardet vulgarizadas entre nosotros por el doctor Del Arca ¹ para introducir un poco de seriedad en la propaganda comercial de aguas europeas radiactivas.

Las observaciones primeras se hicieron con un fontaktoscopio de Elster y Geitel cuya capacidad era conocida y que había visto funcionar con extrema sensibilidad para determinar la radiactividad de los manantiales de sierra de la Ventana, en manos del doctor Fritz Bade. Los ensayos repetidos con el agua y con el sedimento de la fuente que en recipiente metálico se me remitió dieron resultado completamente negativo.

Recurrí entonces a un aparato de medida más perfecto de Günther y Tegetmeyer de Braunsweig que el profesor ingeniero Adrián Pereyra Míguez puso a mi disposición, haciendo con él tres ensayos sin pérdida de tiempo, con igual resultado, lo que me autoriza para establecer como nula la radiactividad del Agua Hedionda y de su sedimento, ó cuando menos tan débil que á distancia de siete días en recipiente de vidrio grueso y cierre hermético desaparece totalmente.

Y estimo más conveniente abandonar desde ahora ilusiones engañosas á este respecto, sin quitar por eso mérito alguno al agua, que explotar la credulidad ó la ignorancia, sosteniendo una falsedad. Por otra parte, mis resultados negativos adquieren un extraordinario valor para la tesis sustentada por el doctor Stappenbeck, por la circunstancia de que el doctor Bolognini, actuando en los manantiales de La Laja ha constatado en los tres una radiactividad *no apreciable*.

Datos químicos. — Por las razones ya expuestas sólo me ocuparé del

¹ ENRIQUE DEL ARCA, *Aguas minerales especialmente de la República Argentina*, 53 y 101. Buenos Aires, 1910.

flor y del azufre en sus distintos estados en lo que se refiere á métodos de determinación.

El fluor mereció mi atención especial por tratarse de un agua sulfurosa y por la circunstancia de haber observado Stelzner, en su viaje por Huaco, la presencia de fluoruro de calcio sobre el espato calizo depositado por el agua, observación que repite Max Siewert después al describir la fuente. Además, las publicaciones de Gautier y Claussmann demostrando la difusión de este elemento en la naturaleza y su relativa abundancia en aguas minerales, me indujeron a obtener un aparato apropiado para practicar el método ideado por estos dos sabios ¹ lo que no pude conseguir por no haberse entregado al comercio, antes de estallar la guerra europea, viéndome obligado á trabajar con el dispositivo aconsejado por Casares ² con resultado negativo en el agua y dudoso en el sedimento, obteniendo con éste último un resultado positivo mediante el empleo del aparato de Rosset en dos ensayos distintos.

El azufre en sus distintas formas era el problema que más interesante aparecía después de mis primeros ensayos de 1900. Las reacciones cualitativas practicadas sobre agua libre de la acción del aire, demostraron en seguida en las muestras por mí examinadas en 1914 y 1915 que los sulfuros alcalinos no existían y los hiposulfitos tampoco, cuando menos en proporciones suficientes para poder ser descubiertos por los reactivos conocidos.

La reacción del introprusiato sódico practicada sobre agua que fuera del contacto del aire había sufrido la acción de una corriente de hidrógeno puro, hasta perderse todo el ácido sulfhídrico libre, fué negativa aún después de agregar algunas gotas de hidrato potásico. Y aunque al practicar la reacción directamente sobre el agua, tuve en cuenta las conclusiones del profesor Fages-Virgili ³ me inclinaron a asegurar que solo ácido sulfhídrico libre contenían las muestras al llegar al laboratorio.

Las reacciones con la plata metálica en limaduras finas desengrasadas, con sulfato cádmico, con sales de plomo, con soluciones de iodo de concentraciones correspondientes á $\frac{n}{50}$ y $\frac{n}{100}$ antes y después de ex-

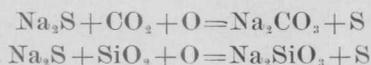
¹ A. GAUTIER y P. CLAUSMANN, *Recherche et dosage des plus petites quantités de fluor dans les minéraux, les eaux et les tissus vivants* en *Journal de pharmacie et de chimie*, VI, 5-232. París, 1912; *Le fluor dans les eaux minérales*, en *Bull. Soc. Chim. France*, XV, 707-717. París, 1914.

² JOSÉ CASARES GIL, *Über das Vorkommen beträchtlicher Mengen von Fluor in vielen Mineralwassern der Pyrenäenkette und in Geyser des Yellowstone Parkes* en *Zeitschr. für anal. Chemie*, 1905, XLIV, 729-735.

³ JUAN FAGES VIRGILI, *Die Einwirkung der Sulfide auf die Nitroprussiate* en *Zeitschrift für analytische Chemie*, XLV, 409-439 (1906).

pulsar el ácido sulfhídrico por el hidrógeno puro, me confirmaron en mi creencia, permitiéndome el último reactivo la valoración del hidrógeno sulfurado contenido por el agua en solución, siguiendo el procedimiento aconsejado por Treadwell en su tratado clásico. Los resultados de mis ensayos de 1900 tenían su explicación, aceptando una descomposición parcial de los sulfatos por la acción de la materia orgánica y organizada contenida en aquellas muestras que habían sufrido un largo transporte, en contacto del aire, pudiendo interpretarse las cifras de Max Siewert en este punto como error de procedimiento ó alteración de la muestra.

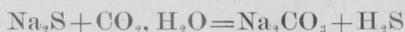
Admitir para las últimas muestras que he examinado en 1914 y 1915 una descomposición de los sulfuros, abandonando azufre y quedando solo ácido sulfhídrico en solución no es posible, porque ninguna de las dos reacciones:



pudo realizarse en ausencia de oxígeno; y porque de haberse producido, el azufre libre no hubiese podido pasar desapercibido, ya engendrando opalescencia ó turbidez, ó depositándose en las paredes y fondo de las botellas en cristales microscópicos, como sucedía en cuanto nuestra agua se hallaba en contacto del aire, según queda dicho:



Por otra parte, la presencia de anhídrido carbónico libre y semicombinado, constatada por otros ensayos, aleja la posibilidad de que existan sulfuros alcalinos ó alcalinoterrosos en solución, sin descomponerse como ya lo establece Gautier al clasificar las aguas sulfurosas y lo confirma Treadwell en la ecuación:

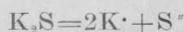


aunque bueno es recordar que analizadores eminentes parecen no aceptar esta teoría y presentan en sus cuadros analíticos ácido carbónico libre y semicombinado, en presencia de sulfuros alcalinos y alcalinoterrosos.

Se admite generalmente que en las soluciones de anhídrido carbónico la forma de disociación del ácido engendrado se puede representar así:



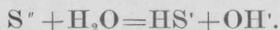
del mismo modo que en las soluciones de sulfuros alcalinos, potásico por ejemplo, la disociación se haría según la ecuación:



y más todavía así :



fundándonos en que la presencia de iones S" en el agua produce :



Ahora bien los iones S" é H' así como los HS' é H' tienden á unirse dando H₂S extremadamente poco disociado como lo muestra su conductibilidad eléctrica ¹, con lo cual tendríamos una tendencia del sistema H₂O + K₂S á formar H₂S que se exagerará enormemente en presencia de H₂CO₃ disociado, dominando en masa el ácido carbónico sobre los compuestos sulfurados.

Y si á esto agregamos la diferencia considerable de los calores de formación de las sales del H₂CO₃ y del H₂S, con ventaja para el primero, lógico es admitir que en último resultado el sistema tiende á la formación de carbonatos y bicarbonatos alcalinos, quedando ácido sulfhídrico libre disuelto.

Cualquiera que sea la teoría que se acepte, creo que tratándose de las muestras por mí examinadas, hay que descartar la presencia de todo compuesto de azufre que no sea ácido sulfhídrico libre y ácido sulfúrico combinado por las razones expuestas.

CUADROS DE RESULTADOS

En orden cronológico corresponde insertar en primer lugar el análisis de Max Siewert que hasta hoy se ha repetido en todas las publicaciones científicas y de vulgarización :

Agua de la Quebrada de Huaco

(Año de 1874)

Temperatura	24°5 C
Densidad	1.00308
	Por mil
SiO ₂	0.0150
Al ₂ O ₃	—
K ₂ SO ₄	0.1582
Na ₂ SO ₄	—
CaSO ₄	0.7297

¹ W. OSTWALD, *Traité de chimie inorganique.*

	Por mil
MgSO ₄	—
CaCO ₃	0.0706
MgCO ₃ (4Mg ₂ O, 3CO ₂).....	0.3039
FeCO ₃	0.0080
Na ₂ CO ₃	0.0709
Na ₂ S.....	0.1443
NaCl.....	1.7082
Residuo seco.....	3.2088
CO ₂ libre.....	0.4554

La salinidad del agua aparece muy superior á la que he constatado en mis últimos análisis y la riqueza en anhídrido carbónico libre supera en mucho á la que he encontrado, no insistiendo en cuanto al sulfuro sódico admitido aquí por las razones expuestas anteriormente.

Agrego en seguida mis datos del año 1900 sin mayores comentarios y solo como prueba de las transformaciones que un agua sulfurosa puede sufrir en condiciones ordinarias, sino se observan especiales precauciones:

Ensayo del Agua Hedionda

(12 de junio de 1900)

Datos generales:

Color.....	blanquecino
Olor.....	(penetrante y complejo,
Sabor.....	dominando el H ₂ S
Aspecto.....	nauseabundo
Sedimento.....	muy turbio
Reacción en frío con tornasol.....	(abundante, pesado,
— después de hervir, con tornasol.....	blanco sucio y caseoso
— con (Cy ₃ FeNO)Na ₂ , directa..	ácida
— con (Cy ₃ FeNO)Na ₂ +K(OH)..	ligeramente alcalina
	rojo violáceo
	rojo violáceo

	Por mil
Materia mineral en suspensión.....	0.0432

Ácidos y bases:

Ácido silíceo en SiO ₂	0.0172
— sulfúrico en SO ₃	0.1409
— clorhídrico en Cl.....	0.7101
— sulfhídrico en H ₂ S.....	0.00756—0.00504
— nítrico en N ₂ O ₃	<0.0003
— nitroso en N ₂ O.....	0.0007
Óxido férrico en Fe ₂ O ₃	(0.0432
— de aluminio en Al ₂ O ₃	0.3419
— cálcico en CaO.....	0.0385
— magnésico en MgO.....	0.00173
Amoníaco en NH ₃	

Compuestos de azufre :

Azufre total	0.11054—0.10928
— de XSO_4	0.05636
— de XSO_3 y XS_2O_3	0.00378
— de XS	0.04158—0.04536
— de H_2S	0.00756—0.00504

Presento ahora los resultados analíticos de los doctores Lara y Meaurio, á que ya he hecho referencia. Respecto de la forma de combinación del azufre no insisten por las condiciones en que recibieron las muestras, contentándose en expresarlo en ácido sulfhídrico :

Análisis del Agua de Hedionda ¹

(Octubre de 1911)

Datos físicos :

Color	ligeram. blanquecino
Aspecto	opalino
Reacción al tornasol en frío	ligeramente alcalina
— al tornasol en caliente	alcalina
— con fenolftaleína en frío	neutra
— con fenolftaleína en caliente	alcalina
— con heliantina en frío	alcalina
— con heliantina en caliente	fuertemente alcalina
Densidad á 15° C	1.0026
Punto crioscópico	—0°135
Presión osmótica en atmósferas	1.634
Resistividad eléctrica á 20° C (ohm-cm.)	185.5
Materia en suspensión	escasa (azufre coloidal)

Datos químicos :

Alcalinidad total en H_2SO_4	Por mil	0.4214
Alcalinidad verdadera en H_2SO_4		0.1274
Residuo á 110° C		2.8711
— á 180° C		2.7922
— al rojo		2.6050
Pérdida al rojo		0.1872
Ácido silíceo en SiO_2		0.0175
— sulfúrico en SO_3		0.6800
— clorhídrico en Cl		0.5600
— sulfhídrico en H_2S		0.0340
— carbónico en CO_2 (comb.)		0.1885
— nítrico en N_2O_5		0
— nitroso en N_2O_3		0
Óxido de hierro en Fe_2O_3	}	0.0030
— de aluminio en Al_2O_3		
— de calcio en CaO		

¹ Juan B. Lara, carta particular de 4 de enero de 1914.

	Por mil
Óxido de magnesio en MgO.....	0.0643
— de sodio en Na ₂ O.....	0.8760
— de potasio en K ₂ O.....	0.0631
— de litio en Li ₂ O.....	contiene
Amoníaco libre en NH ₃	0.0014
Amoníaco albuminoide en NH ₃	0.00017
Ácido carbón. semicomb. y libre en CO ₂	0.1979

Observación microscópica. — En el sedimento se han notado algas como *Crenotrix*, *Beggiatoa* y variadísimas diatomáceas; gránulos de azufre y algunos protozoarios.

Y como conclusión, presento los resultados de mis análisis últimos, agregando un ensayo del sedimento de la fuente:

Análisis del Agua Hedionda

(Muestras de 1914 y 1915)

Datos generales :

Color	incolora
Olor.....	sulfhídrico
Sabor	salino
Aspecto.....	límpido
Reacción en frío	alcalina
Reacción después de hervir	fuertemente alcalina
Materia en suspensión.....	vestigios
Densidad á 15° C	1.00277
Índice de refracción á 20° C (n _D).....	1.3335
Resistividad eléctrica á 18° C (ohm-cm.)	286.6
Punto crioscópico	—0°163
Presión osmótica.....	1.960 atm.
Radiactividad	0

	Por litro
Alcalinidad total en H ₂ SO ₄	0.4508
Alcalinidad verdadera en H ₂ SO ₄	0.0710
Residuo á 100-105° C.....	2.8770
— á 180° C.....	2.8684
— al rojo	2.6228
— al rojo +H ₂ SO ₄	3.2125
Amoníaco salino	0.00371
Amoníaco albuminoide.....	0.00021

Ácidos y bases :

Ácido silíceo en SiO ₂	0.0192
— sulfúrico en SO ₂	0.5844
— carbónico en CO ₂	0.2024
— fosfórico en P ₂ O ₅	0.00072
— bórico en B ₂ O ₃	v.

Acido clorhídrico en Cl.....	0.8260
— nítrico en N_2O_5	< 0.0003
— nítrico en N_2O_3	0
— sulfhídrico en H_2S	0.00090—0.00145
Óxido de aluminio en Al_2O_3	0.0046
— de hierro en Fe_2O_3	0.0019
— de manganeso en MnO.....	0.00021
— de calcio en CaO.....	0.2074
— de magnesio en MgO.....	0.0538
— de potasio en K_2O	0.0521
— de sodio en Na_2O	1.1032
— de litio en Li_2O	0.00094
Amoníaco en NH_3	0.00371
Ácido carbón. libre y semicomb. en CO_2 .	0.3316

Gases :

		Cm ³ por litro	
0°—760 ^{mm}	{	SH_2	0.953
		CO_2	112.483
		O.....	0
		N.....	47.335

Combinaciones hipotéticas :

	Por litro
Ácido silícico en SiO_2	0.0192
Óxido de aluminio en Al_2O_3	0.0046
Sulfato cálcico en $CaSO_4$	0.5035
— magnésico en $MgSO_4$	0.1614
— potásico en K_2SO_4	0.0964
— sódico en Na_2SO_4	0.2421
Carbonato ferroso en $FeCO_3$	0.0014
— manganoso en $MnCO_3$	0.00034
— sódico en Na_2CO_3	0.4825
— lítico en Li_2CO_3	0.0023
Cloruro sódico en NaCl.....	1.3476
Cloruro amónico en $(NH_4)Cl$	0.0116
Fosfato sódico en Na_3PO_4	0.00163

Bicarbonatos :

Bicarbonato ferroso en FeC_2O_5	0.0019
— manganoso en MnC_2O_5	0.00046
— sódico en $Na_2C_2O_5$	0.6827
— lítico en $Li_2C_2O_5$	0.0036

Cálculo en iones

Aniones :

SiO_3	0.0243
SO_4	0.7012
CO_3	0.2758

Cationes :

Al.....	0.0024
Fe.....	0.0013
Mn.....	0.00016

PO ₄	0.00096	Ca.....	0.1480
Cl.....	0.8260	Mg.....	0.0322
NO ₃	<0.00034	K.....	0.0431
		Na.....	0.8174
		Li.....	0.0004
		NH ₄	0.0039

Relaciones numéricas :

$$\frac{\text{Cationes (K. Na. Li)}}{\text{Cationes (Ca. Mg)}} = 7.27$$

$$\frac{\text{Anión (SO}_4\text{)}}{\text{Anión (Cl)}} = 0.62$$

$$\frac{\text{Anión (CO}_3\text{)}}{\text{Aniones (SO}_4\text{. Cl)}} = 0.24$$

Sedimento de la pileta

	En 100 gramos materia seca
Azufre	10.010
Anhidrido silíceo.....	34.675
— carbónico	1.930
— fosfórico.....	0.013
— sulfúrico	9.850
Cloro, Fluor y Boro.....	vestigios
Óxidos de hierro y aluminio....	9.200
— de calcio	7.350
— de magnesio	1.530
Pérdida al rojo	25.176
Álcalis y no evaluado.....	0.266
Radiactividad	nula

