

El Cotopaxi, á cuya historia está unido el recuerdo de grandes calamidades, permanece inflamado. El dia 23 de noviembre hice una tentativa para subir al cráter en compañía de mis amigos el doctor Daste y el coronel Hall. Llegamos hasta la altura de 5716 metros, pero, casi al instante de subir al cráter, la nieve que pisábamos se ablandó de tal modo, que nos fué absolutamente imposible dar un paso adelante.

Compendiando los hechos que acabo de consignar en esta memoria, resulta :

1º Que los flúidos elásticos que exhalan los volcanes del Ecuador son idénticos en todos, á saber: vapor de agua en grande cantidad, gas ácido carbónico, gas ácido hidrosulfúrico, y algunas veces vapor de azufre.

2º Que el ácido sulfuroso y el ázoe que se encuentran en los crateres de estos volcanes deben considerarse como sustancias accidentales.

3º Que el ácido hidroclórico, el hidrógeno y el ázoe no hacen parte esencial de los gases que se desprenden de los volcanes del Ecuador.

En otra memoria presentaré algunas consideraciones sobre las aguas termales que se encuentran en las inmediaciones de los volcanes.

NOTA. M. Deville, que se prepara á publicar los resultados de su viaje científico á las Antillas, tampoco ha podido hallar ácido hidroclórico en las emanaciones volcánicas de la Dominica y la Guadalupe. La coincidencia de este hecho, observado en la América meridional por dos hábiles químicos, pone ya enteramente fuera de cuestion la hipótesis que explicaba la accion volcánica por la irrupcion y descomposicion consiguiente de las aguas del mar en el interior de la tierra. Al mismo tiempo aparece que hay productos gaseosos comunes á todos los volcanes; tales son el vapor de agua, el ácido carbónico y el ácido sulfohídrico, ó hidrógeno sulfurado, y productos que solo se encuentran en los volcanes de Europa y de Asia, como el ácido hidroclórico. Para completar el exámen de las emanaciones volcánicas del Nuevo Continente seria de desear que se recogieran extensas colecciones de las emanaciones sólidas de cada volcan, como se ha hecho en Europa, en donde se han descubierto muchos minerales sublimados y condensados en el cráter de los volcanes y solfatarras; tales son los hidrocloratos de sosa, de amoníaco y de cobre, sulfato de alumina, fierro oligisto, ácido bórico, selenio, realgar, etc. No hay hecho de estos, por pequeño que, sea que, bien observado, no contribuya á los adelantamientos de las ciencias, y sobre todo de la geología, cultivada con entusiasmo y provecho en sus aplicaciones en la América del Norte, y apénas conocida en la del Sur. (*El Traductor.*)

CONSIDERACIONES

Sobre las aguas termales de las Cordilleras.

No han podido todavía ponerse los geólogos de acuerdo respecto de la causa del calor de las aguas termales. Los unos creen que depende de la alta temperatura de lo interior del globo; los otros piensan que consiste en la accion química que pueden ejercer algunas circunstancias locales, como por ejemplo una causa volcánica.

M. de Laplace es, me parece, el primero que ha dado una explicacion del calor de las aguas termales fundada sobre la alta temperatura de lo interior de la tierra; y en efecto los hechos que se observan en muchos puntos de la cordillera de los Andes dan fuerza á esta ingeniosa explicacion. Así es que en la cadena de montañas del litoral de Venezuela, parece observarse que la temperatura de las aguas termales es menor, mientras mas considerable es su altura absoluta. Por ejemplo el agua caliente de las Trincheras, cerca de Puerto Cabello, que se halla casi al nivel del mar, tiene una temperatura de 97º cent. La fuente de Mariara, que está ya á 476 metros, tiene solamente una temperatura de 64º cent., y finalmente el agua de Onoto, situada en una altura de 702 metros, no alcanza sino á 44º, 5 cent. En el terreno traquítico, sobre todo en las inmediaciones de los volcanes, no se observa ya esta regularidad en la disminucion de la temperatura de las aguas termales. Infiérese que en esta circunstancia la causa local que ocasiona el fenómeno volcánico influye tambien sobre la temperatura de estas aguas. Será pues muy interesante investigar si las fuentes termales tienen su origen en los centros volcánicos.

Me pareció que era posible examinar esta cuestion analizando las aguas termales cercanas á los volcanes, y determinando bien, sobre todo, la naturaleza de los gases que ellas exhalan, porque si estos gases fueran los mismos que los que hemos encontrado en el cráter de los volcanes, seria ello buena razon para suponer que las aguas termales han estado en contacto con las ma-

terias que existen en los centros volcánicos. El exámen de las sustancias salinas disueltas en las aguas minerales adquiere así un nuevo grado de interes, siempre que estas sales se miren como productos solubles que existen ó se forman en el interior de los volcanes. Estas diversas consideraciones me decidieron à emprender el análisis de las aguas termales que he encontrado en mis viajes. En este lugar solo presentaré los resultados obtenidos, omitiendo el detalle de las operaciones químicas.

Fuentes termales próximas al volcan de Tolima.

Agua sulfurosa de San Juan. — A casi 4,000 metros de altura ; temperatura, 32° cent.

Esta agua no contiene sino gases ácidos hidrosulfúrico y carbónico.

Agua de Toche en el Quindio. — Elevacion, 1955 metros ; temperatura, 35°, 5 cent.

Acido carbónico libre, en abundancia.

Carbonato de cal.	0,00015
Cloruro de calcio.	0,00002
Carbonato de fierro.	Indicios.
Silica.	<i>id.</i>

Fuentes termales inmediatas al volcan de Puracé.

Agua tibia. — Elevacion, 4000 metros ; temperatura, 36° ; gas ácido hidrosulfúrico y carbónico.

Esta agua no contiene materias salinas perceptibles.

Agua de Coconuco. — Elevacion, 2500 metros ; temperatura, 72° 8.

Gas ácido carbónico é hidrosulfúrico en mucha abundancia.

Sulfato de sosa.	0,00390
Cloruro de sodio.	0,00275
Bicarbonato de sosa.	0,00069
Carbonato de cal.	0,00010
Silica.	0,00005

El agua de Coconuco deja en asiento una concrecion sobre cuya naturaleza trataré de un modo especial en otro lugar.

Fuentes de los alrededores del volcan de Pasto.

Agua de Pandiaco. — Altura, 2571 metros ; temperatura, 36° cent.

Gas ácido carbónico.	
Bicarbonato de cal.	0,00005
Carbonato de sosa.	0,00061
Carbonato de magnesia.	Indicios.
<i>id.</i> de fierro.	<i>id.</i>
Silica.	<i>id.</i>

El agua de Pandiaco ha formado una concrecion caliza bastante considerable para poderse beneficiar como cal, y efectivamente hay hornos en que se calcina.

Volcan de Tuquerres.

En el camino de Tuquerres à Guachucal, se ve una fuente de agua fria de donde se desprende gas ácido hidrosulfúrico.

Volcan de Cumbal.

Entre el volcan de Cumbal y el nevado de Chiles hay una agua termal muy abundante, y bastante caliente para cocer huevos. Esta agua exhala gas ácido hidrosulfúrico y ácido carbónico.

Volcan de Antisana.

En la hacienda de Lisco, à una altura de 3549 metros, se observa una fuente ferruginosa cuya temperatura es de 27°, 2 cent. El agua de esta fuente contiene mucho ácido carbónico, y forma, como en Pandiaco, un asiento calcareo que se beneficia tambien como cal.

Volcan de Cotopaxi.

En el pueblo de indigenas de Alangasi, al pié del Cotopaxi, hay muchas aguas calientes. La del manantial de Belermos tiene una temperatura de 36° 7 cent. Esta agua es casi pura ;

no contiene sino algunos indicios de cloruros de sodio, de magnesia y de calcio. En los contornos del Cotopaxi hay muchas fuentes sulfurosas.

Volcan de Tunguragua.

El Tunguragua ofrece muchas fuentes termales en su base.

El agua de los Baños es ferruginosa; esta fuente tiene mucha reputacion en el pais; su temperatura es de 54° 4 cent.; ella exhala en abundancia gas ácido carbónico, y deja sentar un sedimento de ocre mezclado con carbonato de cal. La aldea de los Baños tiene de altura 1909 metros sobre el nivel del mar, y está situada en el camino de Quito á las misiones del Rio Amazonas.

Se conoce tambien cerca del Tunguragua una agua de la cual se extrae cierta sal purgante á la que se atribuyen grandes virtudes medicinales. La fuente está situada en el torrente de Batcun.

El agua de Batcun contiene :

Sulfato de cal.	0,00072
Sulfato de magnesia.	0,00120
Sulfato de sosa.	0,00443
Cloruro de sodio.	0,00158
Silica.	Indicios.

El Chimborazo, que es ciertamente un volcan antiguo, presenta cerca de Mocha algunas fuentes de las cuales se desprenden los gases ácidos hidrosulfúrico y carbónico. Finalmente, en las inmediaciones de Cuenca, en un terreno de arenisca levantado por el pórfido conexionado con las traquitas del volcan de Sangay, existe un manantial muy caliente, que produce grande cantidad de los mismos gases.

Los hechos que acabo de mencionar me parece que bastan para asegurar que generalmente los gases que acompañan las aguas termales situadas en las inmediaciones de los volcanes, son de la misma naturaleza que los que se encuentran en el cráter de los mismos volcanes, á saber : gas ácido carbónico y gas ácido hidrosulfúrico. Es pues verisimil que las aguas calientes del terreno traquítico de las cordilleras deben su temperatura al fuego subterráneo, y es tambien bastante natural

creer que las sales disueltas ó acarreadas por las aguas provienen de lo interior de los volcanes. Suponiendo que las sales contenidas en las aguas termales existen en el interior de los volcanes de las cordilleras, puede explicarse entónces de un modo satisfactorio la presencia de los gases ácidos hidrosulfúrico y carbónico en el cráter de cada uno de ellos. Así el ácido carbónico puede considerarse como producto de los carbonatos de cal ó de sosa. En el primer caso el calor solo seria suficiente para que se desprendiera el ácido; en el segundo, además de una temperatura elevada, el carbonato alcalino para descomponerse necesita del contacto de una sustancia silizosa ó aluminosa, como las que contienen las mismas rocas traquíticas.

En cuanto al ácido hidrosulfúrico, puede concebirse que proviene de la reaccion del vapor acuoso sobre el sulfuro de sodio; en efecto el resultado de esta reaccion seria sulfato de sosa, sal que se encuentra en la mayor parte de las aguas termales, y gas hidrosulfúrico, que se presenta tanto en las aguas termales como en el cráter de los volcanes. Siguiendo este raciocinio hasta en sus últimas consecuencias, es preciso averiguar las reacciones que produciria el cloruro de sodio, porque esta sal, que existe en la mayor parte de las aguas termales, deberia tambien, segun la hipótesis que nos ocupa, existir igualmente en los volcanes. Mas cuando los cloruros alcalinos se calientan fuertemente en contacto con el vapor de agua y la materia silizosa, se produce gas ácido hidroclicórico, que no he podido encontrar entre los flúidos elásticos que exhalan los volcanes del Ecuador. Es posible que la falta de este ácido en los productos gaseosos de los volcanes dimanen de la misma causa que impide hallarlo libre en las aguas termales, es decir en la existencia de los carbonatos. Concibese en efecto que el ácido hidroclicórico no puede coexistir con los carbonatos sin descomponerlos; luego, si estos carbonatos entran en la composicion de las sustancias contenidas en los centros volcánicos, se comprende tambien que el ácido hidroclicórico, á medida que se produce, debe atacar los carbonatos con los cuales está mezclado el cloruro de sodio, y formar nuevos cloruros terrosos ó alcalinos, con desprendimiento de ácido carbónico. Si, por el con-

trario, en un volcan existieran cloruros sin mezcla de carbonatos, podria entonces producirse el ácido hidrocórico. Así, según esta hipótesis, los ácidos carbónico é hidrocórico no coexisten sino en el caso en que hay exceso de cloruros alcalinos mezclados con los carbonatos.

Terminaré estas consideraciones sobre las aguas termales, examinando si la temperatura de estas aguas está sujeta á variaciones.

En 1800, M. de Humboldt halló la temperatura de la fuente de Mariara de 59° 3. En 1823 el señor Rivero y yo hemos visto que el termómetro subía en el mismo manantial á 64°. Una diferencia tan considerable como 4°, 8 no puede atribuirse á error de instrumento, tanto mas cuanto que nuestras observaciones termométricas de la Guaira y de Caracas están de acuerdo con las de M. de Humboldt en las mismas ciudades. Mas bien seria de temer que, como la fuente de Mariara forma un extenso arroyo, pueden las observaciones no haber sido hechas exactamente en el mismo lugar, aunque, por lo general, un observador que desea averiguar la temperatura de una agua termal no observa en un solo punto, sino que busca aquel en que el agua es mas caliente. Por otra parte las objeciones, á que podrian dar lugar las observaciones de Mariara, desaparecen enteramente por lo que hace á las que se hicieron en la fuente de las Trincheras, cerca de Puerto Cabello. En las trincheras el agua sale de dos albercas pequeñas, la una situada cerca de la otra, hechas de granito. La mas grande tiene una capacidad de casi dos pies cúbicos; M. de Humboldt da al agua de las Trincheras una temperatura de 90° 4 cent. Veintitres años despues nosotros encontramos 92° 2 en una de las albercas, y 97° cent. en la otra. Tanto nuestras observaciones como las de M. Humboldt se hicieron en el mes de febrero. Parece pues que en el corto espacio de veintitres años la temperatura de las aguas termales de Mariara y de las Trincheras ha aumentado en muchos grados. Es de notar que en el intervalo de tiempo que separa el viaje de M. de Humboldt del nuestro ocurrió el gran terremoto de 26 de marzo de 1812, cuyos sacudimientos destruyeron la ciudad de Caracas y todas las que estaban situadas sobre la cordillera oriental, con muerte de treinta mil habitan-

tes. Las aguas calientes que salen por entre el granito de la cordillera del litoral son casi puras; no contienen sino una pequeña cantidad de silica en disolucion, y gas ácido hidrosulfúrico mezclado con gas azoe. La composicion es idéntica con la que resultaria de la accion del agua sobre el sulfuro de silicio. Cuando se vierte agua sobre el sulfuro de silicio, hay manifestacion de calor, parte del agua se descompone, y sus elementos se combinan con los elementos del sulfuro para formar ácido silíceo soluble y ácido hidrosulfúrico; en una palabra resulta agua caliente con silica en disolucion é hidrógeno sulfurado. Tal es tambien la composicion de las aguas termales del terreno granítico de Venezuela.

Agua mineral de Coconuco. — Exámen químico de cierta sustancia mineral que existe en las aguas termales de Coconuco.

El pueblo de Coconuco está situado en el camino que de Popayan conduce al volcan de Puracé, y ofrece uno de los parajes mas pintorescos del mundo. Los accidentes del terreno son los mas extraordinarios y caprichosos, las habitaciones aparecen como asomadas en los declivios de las montañas vecinas. Desde allí se descubren por una parte los valles ardientes del Cauca, y por la otra las nieves del Puracé y del Huila. La hermosa cascada del rio Vinagre, una vegetacion vigorosa y un delicioso clima de primavera contribuyen á porfia á volver agradable aquel sitio. A la entrada misma del pueblo se halla la fuente termal; el agua sale impetuosamente de la roca traquitica (que es la que constituye el piso de toda aquella comarca), y al mismo tiempo se desprenden los gases ácidos hidrosulfúrico y carbónico con tal abundancia, que es imprudencia exponerse á aquellas exhalaciones. La cantidad de agua es considerable, y su temperatura de 72°, 8 centigrados. Al enfriarse esta agua pierde su sabor hepático. Hervida, deja sentar algun carbonato de cal y de manganesa, y conserva un sabor alcalino que depende de las sales de sosa que contiene. Cuando en las aguas minerales no hay sino sales de sosa, el modo mas pronto de analizarlas es tratando de descubrir en ellas los ácidos, y calculando despues la

composicion de las diversas sales, sin dejar por esto, como medio de verificacion, de evaporar una cantidad considerable del agua mineral para descubrir en masa la suma de sales que en ellas existen. Así lo hice, y el análisis del agua de Coconuco me dió por resultado :

Sulfato de sosa. . .	0,00389
Cloruro de sodio. . .	0,00275
Bicarbonato de sosa. .	0,00069
<i>id.</i> de cal. . .	0,00010

Acidos hidrosulfúrico y carbónico en grande abundancia, y algunos indicios de magnesia, de silica y de manganesa.

A pesar de las propiedades sulfurosas del agua de Coconuco, y de que las enfermedades cutáneas son casi universales en el valle del Cauca, los habitantes de estas provincias no hacen de ellas el uso conveniente, y un Indio enfermo á quien exhorté á que se bañara en aquella fuente me contestó que la agua era demasiado caliente y hedionda para venir de buen paraje.

La concrecion que cubre la roca de donde sale la fuente, y que deja la misma agua, es de color blanquecino, algo traslucida, de una dureza media entre el carbonato y el fluato de cal; su peso específico es de 2,77. Esta sustancia se disuelve con eferescencia en los ácidos, pero mas despacio que el carbonato de cal, de una manera análoga á la dolomia. Si se expone al fuego del soplete, adquiere un color negro; y exhala cloro añadiéndole ácido hidrocórico. Estos dos últimos caracteres son indicios ciertos de la presencia del manganesa en la concrecion.

Disolví 3^{as} 75 de este mineral en el ácido hidrocórico, y no me quedó residuo alguno. Agregué á esta solucion, que no es muy ácida, sal amoniaco, y luego precipité el manganesa por medio del hidrosulfato de amoniaco. Recogí el sulfuro de manganesa con el menor contacto de aire posible; lo lavé con agua que contenia algunas gotas de hidrosulfato; despues lo disolví en el ácido hidrocórico. Precipité luego el metal bajo la forma de carbonato, y lo trasformé en óxido mangano-mangánico. Este óxido pesó 0^{as},49, que corresponden á 0,46 de óxido manganeso, que en el mineral debe constituir 0^{as},79 de carbonato manganeso.

Obtuve la cal bajo la forma de carbonato que pesó 2^{as},79. La

disolucion en la cual se habia destruido el exceso de hidrosulfato añadido para descubrir el manganesa, y privada despues de la cal por medio del carbonato de amoniaco, fué evaporada y el residuo calcinado. Me quedó 0^{as},10 de una materia blanca, que, lavada, se redujo á 0^{as},07 de magnesia, equivalente á 0,15 de carbonato. Los 0,03 de materia soluble eran sulfato de sosa, que es natural hallar en una concrecion formada por agua que contiene esta sal en abundancia. No hallé el fluato de cal en la concrecion ó depósito del agua termal de Coconuco, que contiene en resumen :

Carbonato de cal. . . .	0,742
<i>id.</i> de manganesa. . .	0,210
<i>id.</i> de magnesia. . .	0,040
Sulfato de sosa. . . .	0,008

O, si se consideran solamente carbonatos de cal y de manganesa ,

Carbonato de cal. . . .	0,77	4 át.
<i>id.</i> de manganesa. . .	0,23	1 átomo.

Aunque no debe olvidarse que estos dos carbonatos son isomorfos.

Dejo que los mineralogistas decidan si la combinacion quimica que resulta del depósito de una agua mineral puede constituir una especie en el sistema mineralógico.

Antes que yo, Bergman habia hallado el manganesa en una agua mineral, y Berzelio encontró indicios de carbonato manganeso en un depósito calizo de los baños de Carlsbad, pero no creo que hasta hoy se haya encontrado una agua termal tan rica de manganesa como la de Coconuco. Esta circunstancia me decidió á publicar esta noticia.

Análisis del agua del Rio Vinagre.

Un fenómeno que llama mucho la atencion de los viajeros que visitan Popayan es la acidez de las aguas del rio Pasambió, llamado por esta razon en el pais Rio Vinagre. Este rio

nace cerca de las bocas del volcan de Puracé, á una elevacion de cerca de 4,300 metros. Hasta el pueblo de Puracé el curso de este torrente es subterráneo, y su acceso no es fácil sino en la chorrera de San Antonio, que es una cascada admirable, de mas de 300 piés de elevacion, que forma el Pasambio precipitándose en medio de un vasto anfiteatro cortado en la roca traquítica. Tres millas mas abajo, el Pasambio, despues de haber recibido el torrente de Anambio, se arroja en el Cauca.

Del pueblo de Puracé se va sin mucho trabajo á lo bajo de la Chorrera; pero no es posible permanecer allí mucho tiempo, porque la lluvia continua de agua acidulada ocasiona en los ojos una picazon insoportable. Mas abajo de la cascada hallé que el rio Pasambio tenia 72 piés de anchura, y de hondo cuatro pulgadas, y que la velocidad de su curso era de tres piés por segundo.

El agua del rio Vinagre es de una trasparencia perfecta; su densidad es de 1,0015; tiene un sabor ácido muy caracterizado, acompañado de cierta astringencia que indica una sal aluminosa; enrojece fuertemente la tintura de tornasol, aun despues de haber hervido largo tiempo; las limaduras de zinc determinan un desprendimiento de hidrógeno. Los reactivos indican que en esta agua hay ácidos sulfúrico hidroclórico, cal, alumina, é indicios de fierro y de magnesia.

Daré cuenta aqui de los resultados de un análisis cuantitativo de esta agua que hice en abril de 1831 en Puracé.

422 gramas de agua del Rio Vinagre dieron con el nitrato de plata 2^{os} 01 de cloruro, equivalente á 0^{os} 384 de ácido hidroclórico.

422 gramas de agua por medio del cloruro de bario produjeron 1^{os} 35 de sulfato de barita, que contienen 0, 464 de ácido sulfúrico.

422 gramas reducidos por la evaporacion dieron por medio del amoniaco cáustico un precipitado de alumina que pesó 0^{os} 17. Esta alumina contenia indicios de fierro y de magnesia. En el líquido asi privado de alumina, con el auxilio del oxalato de amoniaco, precipité la cal; trasformé el oxalato de cal así obtenido en carbonato, que pesó 0^{os} 10 ó 0,056 de cal. Evaporé este líquido, del cual habia sacado la cal y la alumina, y, expulsando las sales amoniacales, me quedó un residuo de sales alcalinas de

sosa. Transformé estas sales en sulfato, que pesó primero 0^{os} 13, pero, disolviéndolo en el agua, abandonó 0^{os} 01 de silica, y quedó por consiguiente reducido á 0^{os} 12, equivalentes á 0,05 de sosa.

Conforme á este analisis el agua del rio Vinagre contiene pues :

Acido sulfúrico.	0,00110
Acido hidroclórico.	0,00090
Alumina.	0,00040
Cal.	0,00013
Sosa.	0,00012
Silica.	0,00023
Oxido de fierro y magnesia. . .	Indicios.

Si se admite que la alumina y la cal se encuentran combinadas en esta agua con el ácido sulfúrico, puede representarse la composicion del rio Vinagre como sigue :

Sulfato de alumina	0,00131
Sulfato de cal.	0,00031
Cloruro de sodio.	0,00022
Silica.	0,00023
Acido hidroclórico.	0,00081

Mas esto es solo una suposicion, y es mas probable que el agua del Pasambio debe su acidez mas bien al ácido sulfúrico que al ácido hidroclórico, porque me ha sido imposible descubrir ácido hidroclórico libre en los productos del volcan de Puracé. En el cráter del volcan de Pasto descubrí una masa considerable de sulfato ácido de alumina que comunica al agua un sabor ácido y astringente; el análisis de este sulfato, de que pienso ocuparme pronto, dará, me parece, alguna luz sobre la composicion de las sales contenidas en las aguas del Rio Vinagre, y sobre la naturaleza del ácido que se encuentra libre ¹.

¹ El 15 de marzo de 1847 leyó M. Boussingault una memoria dando cuenta á la Academia de ciencias del análisis que hizo por su recomendacion el señor Lewy del agua de una fuente termal hallada por M. Degenhardt en el páramo de Ruiz, cerca del volcan del mismo nombre, á una altura de 3800 metros, en las cabeceras del rio Guali, provincia de Mariquita. Esta agua contiene tres veces mas ácido sulfúrico que la del Pasambio ó Vinagre de Popayan por lo ménos en el punto de la cascada de San Antonio, en donde ya va mezclada con las aguas de la nieve derretida. Calculando por la masa de las aguas del Rio Vinagre y por el resultado de su análisis, M. Boussingault computa que cada veinticuatro horas se pierden 38,611 kilogramas de ácido sulfúrico y 31,654 de ácido clorhídrico, y como es probable que esta cordillera tenga muchas otras fuentes de estos ácidos, por hallarse sus solfataras en las mismas circunstancias que el Puracé y el Ruiz, se observará que el