

que el residuo gaseoso que el alcali no podia absorber era realmente aire atmosférico introducido durante la operacion, y no hidrógeno ó azoe, que podian hallarse mezclados á los vapores del volcan; y para demostrar con exactitud que aquellos dos gases no existian era preciso hallar que el gas no absorbido era aire, y aire perfectamente puro. Para ello llené del gas del volcan un frasco cerrado herméticamente. Despues de haber absorbido el gas ácido carbónico, analizé el residuo en el eudiometro de fósforo á mi llegada al pueblo de Puracé, y encontré que el oxígeno absorbido por el fósforo llegaba justamente á 0, 21. Por consiguiente no queda la menor duda de que este residuo era aire atmosférico puro.

El azufre que aparece á la superficie del terreno en donde existen las grietas merece que nos detengamos un instante. Este azufre se halla en masas cristalinas en forma de agujas trasparentes entreveradas, pegado á las piedras esparcidas por donde quiera, y se forma sin cesar; así es que, si se deja un pedazo de madera abandonado por algunos dias sobre el terreno en el azulral, se cubre de cristales de azufre. Esta volatilizacion del azufre á una temperatura tan baja (86°5) no es fácil de explicar ¹. Es posible que la produccion de este combustible dependa de la combustion lenta del gas ácido hidrosulfúrico. Así es, por ejemplo, que, quemando en un tubo ácido hidrosulfúrico, el azufre que no se inflama á la temperatura á que arde el hidrógeno aparece al estado sólido en el tubo ². Los flúidos elásticos que salen del volcan de Puracé son :

- 1° Vapor de agua;
- 2° Gas ácido carbónico;
- 3° Gas ácido hidrosulfúrico;

Volcan de Pasto.

Lat. norte, 1°. Longitud oeste 79° 44.

El volcan de Pasto domina la ciudad del mismo nombre y el

¹ Sábese que el azufre requiere para fundirse un calor de 109°, y para volatilizarse 316°. (*El Traductor*).

Sólido sí, pero pulverulento y no cristalizado. (*El Traductor*).

grupo de montañas traquíticas en cuyo promedio está situado; se encuentra dividido por dos torrentes célebres por la profundidad de sus lechos y lo escarpado de sus márgenes, el Guaitara y el Juanambrú. Las erupciones de este volcan son frecuentes; muchas veces despide, á una altura considerable, pedazos enormes de rocas incandescentes. Este fenómeno es acompañado á menudo de violentas detonaciones; pero lo que es singular es que los terremotos son raros en Pasto, y, á pesar de que los ruidos subterráneos (los bramidos) se oyen casi todas las noches, la tierra tiembla pocas veces. Un Indio Pastuzo me decia que esto consistia en que, como la boca del volcan era grande y bien abierta, él podia respirar sin dificultad.

Desde Genoi, lugarcillo al pié del volcan, hasta el cráter gasté siete horas siempre subiendo, y hallé que su altura absoluta es de 4,100 metros. El terreno que rodea el volcan presenta barrancas y escarpados notables de donde se arrojan las aguas formando cascadas muy hermosas. Estas aguas son ácidas, y recuerdan el sabor del agua del rio Vinagre. Atravesando la pampa de Rumichaca, ántes de parar á la Quiebra del Peligro, mis Indios me mostraron en el suelo hoyos de cinco á seis piés de profundidad y de cuatro á cinco de diámetro, diciéndome que eran causados por piedras arrojadas por el volcan. Se veia efectivamente en el fondo de cada hoyo un fragmento de roca traquítica bien escorificado. En un lugar muy inclinado en que habia acumulados pedazos de rocas de todos tamaños, observé una grieta ancha en la roca dura traquítica; esta grieta tendrá tres á cuatrocientos metros de largo; la roca, aunque rajada, no presenta indicio alguno de estratificacion. La direccion de la grieta es del sudoeste al nordeste. Esta enorme hendidura, llena en parte de piedras, exhala por muchos puntos vapores que indican una accion volcánica muy intensa. Continuamente se oia un ruido subterráneo que infundia terror. De cuando en cuando salian rápidamente los vapores produciendo un silbido que anunciaba una fuerte compresion, y la piedra enorme sobre la cual yo estaba parado tenia un movimiento casi continuo. Aun fuera de la grieta, al salir el vapor hacia subir el termómetro á 102° cent., lo que probaba, ó que habia estado comprimido, ó en contacto con rocas de una temperatura muy

elevada, puesto que la altura del barómetro (472 mm.) indicaba una presión bajo la cual el máximo de tensión del vapor de agua no excede de la temperatura de 86 á 87° cent. El estaño se derritió á la entrada de la grieta, como también el bismuto, que introduje algo más, suspendido de un alambre; más el plomo en el mismo lugar no se fundió. De aquí puede deducirse que, á la entrada de la grieta, la temperatura de la roca debía estar entre 256° y 334° cent. ¹.

Condensé el vapor acuoso que salía del volcán con el auxilio de un vaso lleno de agua muy fría, y el resultado me dió una agua que no contenía ácido hidrocórico. Una solución de potasa que puse en la corriente del vapor tampoco me indicó la menor señal de este ácido.

A causa de la abundancia del vapor acuoso y de su alta temperatura, no podían examinarse los gases en la grieta grande, y por tanto lo hice en una corriente de vapor cuya temperatura no pasaba de 90° 5 centígrados que se exhalaba de otra grieta. En este vapor se percibía un leve olor de ácido hidrosulfúrico, mientras que en la grande no lo había. El azufre es pues escaso en el volcán de Pasto. Cien partes de gas recogidas en la grieta se redujeron por la absorción de la sosa cáustica á 22, lo que muestra que el gas contenía 78/100 de ácido carbónico. A mi regreso á Pasto reconocí que el gas que no había sido absorbido era aire puro. El gas del volcán oscurecía la disolución de acetato de plomo, sin disminuir en su volumen de un modo perceptible, de modo que puede sacarse la consecuencia que no contiene sino una pequeñísima cantidad de ácido hidrosulfúrico. Así pues el volcán de Pasto produce:

- 1° Vapor de agua á 102° cent.;
- 2° Gas ácido carbónico;
- 3° Gas ácido hidrosulfúrico.

¹ El estaño exige para fundirse la temperatura de 228° centígr.
 El bismuto, 246°.
 El plomo. 322°.

(El Traductor.)

Volcán de Tuquerres (cerca del Ecuador).

Tuquerres es una pequeña ciudad de la provincia de los Pastos. Su elevación sobre el nivel del mar es de 3107 metros. A tres horas de camino al occidente del pueblo, en la ruta que conduce al mar del Sur, se descubre el volcán de Tuquerres, que presenta una variedad de colores por cierto sorprendente. La vista se reposa en primer lugar sobre un lago espacioso cuyas aguas son tan verdes, que apenas puede creerse que aquello sea realmente agua. La laguna verde, que es el nombre que le dan los Indios, está rodeada de altas murallas circulares de traquita, y el color de esta roca varía del negro al blanco y de este al rojo.

En la orilla oriental del Lago se levanta una cúpula casi enteramente formada de azufre, rajada por todas partes y exhalando una multitud de fumaradas que esparcen un fuerte olor de ácido hidrosulfúrico aun á largas distancias.

El agua del lago contiene una pequeña cantidad de sulfato de alumina. Al pié de la cúpula, el agua tenía una temperatura de 27° cent.; dos metros más al centro de la laguna, el termómetro indicaba solamente 10°. Por mis observaciones barométricas, la altura del Lago Verde sobre el nivel del mar será de 3908 metros. Fijé particularmente mi atención en una grieta que exhalaba una corriente de vapor muy fétido, cuya temperatura llegaba á 86° c. El agua obtenida condensando este vapor no contenía ácido hidrocórico. Cien partes de gas recogidas en la misma grieta me dieron 0,86 de ácido carbónico, y me persuadí de que el aire que quedaba por residuo después de la absorción por medio del alcali había sido introducido durante la operación. Analizando el vapor de otras hendiduras menos calientes que me permitían sacar con facilidad el tubo graduado, hallé que era todo ácido carbónico que la sosa absorbía completamente. Cien partes á la misma temperatura y presión analizadas con el acetato ácido de plomo me dejaron por residuo 99,5. Así es que puede admitirse que hay hasta 0,05 de ácido hidrosulfúrico en este gas. Sin duda de esta circunstancia

depende la inmensa cantidad de azufre que se encuentra en la Solfatarra de Tuquerres.

Los fluidos que exhala el volcan de Tuquerres son pues :

- 1° Vapor de agua á la temperatura de 86° c.;
- 2° Gas ácido carbónico;
- 3° Gas ácido hidrosulfúrico.

Volcan de Cumbal, muy cerca de la línea equinoccial.

Cumbal es quizas el pueblo mas elevado de la provincia de los Pastos; su altura, segun mis observaciones barométricas, es de 3219 metros. El volcan está situado al occidente del lugar. Dos horas fueron suficientes para subir al cráter. Despues de haber trepado una serie de rocas escarpadas, llegué adonde hay cierta especie de cúpula rodeada de una cintura de hielo. De esta cúpula se desprenden en abundancia vapores fétidos. El barómetro indicaba allí una altura de 4761 metros sobre el nivel del Océano. Un poco mas abajo, al occidente del punto en donde observé el barómetro, se veía levantarse una columna de vapor denso que esparcía un olor fuerte de ácido sulfuroso. Bajando al lugar de donde salen estos vapores, escuché un ruido considerable como el que hace un coche pesado en el empedrado. El viento del Este, que comenzó á soplar con violencia, se llevó los vapores, y entónces pude reconocer un espacio circular cóncavo de cerca de veinte metros de diámetro. Eran tantos los vapores que salian, que luego que el viento cesaba algo, aquel espacio parecia ocupado por el humo de un vasto incendio, y entónces era preciso retirarme prontamente para no ser sofocado. Mas luego que el viento soplaba podia recorrer el terreno del cráter, que es una mezcla de azufre y de lodo volcánico. El suelo retumbaba al caminar como cuando se anda sobre una bóveda, pero era preciso moverme sin cesar para no quemarme los piés. Cavando hasta la profundidad de algunas pulgadas, al instante salia una llama larga de azufre que ardia por algunos minutos. En diferentes puntos de la superficie cóncava del cráter, se distinguia el azufre ardiendo continuamente y el vapor de agua que se exhalaba. En los lugares ménos calientes se veian pedazos grandes de azufre. El agua que recogí condensando los vapores se sentia algo ácida, pero esto pro-

venia del ácido sulfuroso, puesto que el nitrato de plata manifestó que no habia ácido hidroclórico. Examinando el gas sacado del terreno en donde el azufre ardia, hallé que se componia en gran parte de ácido carbónico y en parte de ácido sulfuroso. El álcali cáustico me dejaba un residuo que variaba entre 0,08 y 0,05, y este residuo no era aire puro, porque apagaba los cuerpos que ardian. Analizado con el fósforo resultó ser ázoe casi puro. Mas este ázoe no me parece que deba ser considerado como producto del volcan de Cumbal, sino como consecuencia de la existencia del gas sulfuroso, que tambien es un producto accidental. En efecto, cuando el vapor de azufre llega al contacto del aire con una temperatura suficientemente elevada, arde, y, ardiendo, quita el oxígeno al aire atmosférico que puede encontrarse en el cráter. A la misma causa, es decir á la temperatura de los orificios, debe atribuirse la falta de ácido hidrosulfúrico en los gases del Cumbal; este ácido al arder se trasforma en agua y en ácido sulfuroso. Así, en los productos gaseosos de la parte superior del volcan, en donde la temperatura de las grietas ú orificios no excede de 85° cent., no se halla ni ácido sulfuroso ni ázoe; el gas que yo extraje de allí era ácido carbónico, con casi 0,001 de ácido hidrosulfúrico. Segun estas experiencias, el volcan de Cumbal produce :

- 1° Vapor de agua;
- 2° Vapor de azufre;
- 3° Gas ácido carbónico;
- 4° Gas ácido hidrosulfúrico.

Y como productos accidentales, ácido sulfuroso y ázoe.

En el volcan de Cumbal terminaron mis indagaciones, á causa de las dificultades que hallé para darles mayor extension. Al cráter del Rucu Pichincha, que domina á Quito, no pude bajar, pero me acerqué bastante para reconocer que estaba en completa actividad, lo que es tanto mas particular, cuanto que hace cerca de un siglo, á la época en que Bouguer y La Condamine visitaron á Quito, este volcan parecia enteramente extinguido.

El Tunguragua y el Antisana, que, en el tiempo en que M. de Humboldt recorrió aquellas regiones, mostraban indicios nada equivocados de actividad, se hallan hoy en calma perfecta.

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-