

## Los Gases Más Comunes en Volcanes de Costa Rica. (Nota Técnica. 06 de diciembre de 2010) E. Duarte, E. Fernández.

Los gases volcánicos alcanzan la superficie del planeta y la atmósfera luego de ser emitidos desde cuerpos magmáticos o de intrusiones bajo los volcanes. Estos son liberados de diferentes modos y en distintos ambientes relacionados con el edificio volcánico como: fumarolas, grietas, fallas e incluso del mismo suelo.

En Costa Rica, al igual que en otras partes del mundo, el ascenso de fluidos y gases hacia la superficie volcánica produce presión en las capas internas por el aumento de volumen de las burbujas de gas en movimiento. Cuando esa presión es alta comparada con la presión circundante pueden producirse explosiones violentas en las cimas o flancos de los volcanes. Esta nota pretende clarificar los aspectos más comunes sobre los gases que se producen en distintos puntos de nuestros volcanes y que son desplazados por los vientos hasta comunidades o zonas de interés ecológico y económico. El impacto de esos gases en contacto con elementos de la superficie provocan efectos adversos severos cuando la exposición a ellos es continuada o bien las concentraciones se hacen intolerables. Algunos de los efectos más comunes se dan en la salud humana, animal y vegetal así como el efecto económico agudo sobre estructuras metálicas en forma de corrosión. *Fig. 1.*



*Fig. 1. Pluma sobre cima del V. Turrialba y efectos agudos en sus cercanías.*

Se intentará evacuar algunas dudas y curiosidades que se reciben en el OVSICORI-UNA durante todo el año con respecto a gases específicos de cada volcán activo que se monitorea

por parte del grupo de vigilancia volcánica. En distintas secciones se abordará el tema de los colores y olores, las medidas de prevención y reducción de efectos así como los modos de impacto más común derivados de la presencia de ellos. Asimismo, se tratará de distinguir el modo de dispersión, y ataque, de los gases en diferentes modalidades: aerosoles y particulados, con el fin de comprender de mejor modo los principios dinámicos en cada caso.

El OVSICORI-UNA se dedica a la vigilancia de 5 volcanes activos en el país (Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y Turrialba) los cuales en distintos períodos de actividad han presentado gases. Por tratarse de volcanes tan heterogéneos, se abordará el tema en modo general detallando algunos casos si fuera necesario.

También aunque se pueden distinguir decenas de gases derivados de la actividad volcánica solo haremos hincapié en los más abundantes, los más agresivos y los más comunes en la literatura vulcanológica. Los efectos de la acidificación por presencia de lluvia acida tampoco serán tratados aquí aunque coincidimos en que son sostenidos y variados.

Se debe aclarar que para la caracterización y comprensión de gases particulares para cada volcán se requieren campañas específicas que los puedan detectar, muestrear y analizar en el sitio mismo donde se producen. En el futuro se espera que a través de colaboraciones y de esfuerzo instrumental y humano esos estudios se puedan realizar con alguna frecuencia. *Fig. 2.*



*Fig. 2. Salida de gases en el V. Turrialba. La pluma rasante en la foto a la izquierda produce los efectos más severos en vegetación, infraestructura y fauna.*

### **Generalidades de los gases volcánicos.**

Entre los gases más comunes se pueden citar: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). En menores cantidades pero corrosivos y ácidos se pueden citar: Sulfuro de Hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), hidrogeno ( $\text{H}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), Cloruro de Hidrogeno ( $\text{HCL}$ ), fluoruro de hidrogeno ( $\text{HF}$ ), y helio ( $\text{He}$ ). En cualquiera de los casos es el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); el mas abundante de todos.

Entre los gases mas nocivos se deben anotar: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y el fluoruro de hidrogeno ( $\text{HF}$ ) para la salud humana, animal y vegetal.

**Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):** Se espera que en un futuro se pueda realizar un inventario del  $\text{CO}_2$  que los volcanes de Costa Rica liberan a la atmósfera. De hecho esto podría hacerse en forma comparativa con las emisiones vehiculares producidas por una determinada ciudad. Este gas es inodoro, incoloro y posee una amenaza baja debido a su capacidad de diluirse rápidamente en el medio. Sin embargo el peligro más severo es debido a su peso. Por ser más pesado que el aire se acomoda en depresiones y zonas bajas cercanas a los volcanes lo que puede inducir rápidamente a la inconciencia y posterior fallecimiento. Debido a estas características físico-químicas la detección del  $\text{CO}_2$  es muy importante y el moverse hacia terrenos altos puede hacer la diferencia entre la vida y la muerte. De acuerdo a Hathaway et al 1991 los efectos por concentración de este gas pueden variar desde imperceptibles (5% de  $\text{CO}_2$  en el aire) hasta la muerte cuando el porcentaje excede el 30%.

**Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ):** El dióxido de azufre genera procesos de acidificación que altera todos los elementos de la superficie con los cuales entra en contacto. Este gas es tambien

incolore pero posee un agudo olor a podrido. Los efectos pueden variar dependiendo de las condiciones locales como velocidad del viento, cantidad del gas disponible y presencia de humedad (lluvia, niebla, llovizna, etc.). Cuando entra en contacto con humanos o animales produce irritación en la piel, tejido blando, mucosas, membranas de los ojos, nariz y garganta. Por esta razón es que afecta principalmente el aparato respiratorio superior y los bronquios. La OMS recomienda no exceder las 0.5 ppm en un periodo de 24hrs. Concentraciones de 6-12ppm pueden causar irritación de nariz y garganta y arriba de los 10,000 ppm la piel húmeda se irrita en cuestión de minutos.

Este es uno de los gases culpables del efecto invernadero principalmente cuando se combina con altos niveles de cloro o fluoruro carbonos disponibles en la atmósfera. Las reacciones químicas desencadenan en la destrucción del ozono; responsable de la protección planetaria de los rayos solares mas nocivos.

**Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S):** Este gas es incoloro, inflamable y con un olor ácido y agresivo al olfato. Algunas veces se le conoce como gas séptico. En solo pequeñas dosis puede causar irritación a los ojos y actuar como un somnífero. En mas altas concentraciones puede causar irritación del sistema respiratorio superior o incluso causar edema pulmonar. Una exposición al H<sub>2</sub>S de 30 minutos a 500ppm resultara en dolor de cabeza, mareo, alteración nerviosa y diarrea; a veces seguido de bronquitis y bronco-neumonía.

**Cloruro de Hidrogeno (HCL):** Este gas clorado se emite en forma de ácido hidrocórico (HCL) e irrita las membranas mucosas y del tracto respiratorio. Concentraciones arriba de 35ppm causan irritación a la garganta después de periodos cortos de exposición. Concentraciones mayores a 100 ppm resultan en edema pulmonar y a menudo en espasmos de la laringe. Este gas es otro de los causantes de la lluvia ácida debido a su alta solubilidad en presencia de humedad actuando como un ácido-corrosivo altamente agresivo.

**Fluoruro de hidrogeno (HF):** El fluoruro es un gas amarillo pálido que se adhiere al particulado que procede de fumarolas o columnas de ceniza y recubre la superficie que toca. Es una fuente de contaminación importante para tomas de agua y áreas cubiertas de vegetación o pasto. Un exceso de exposición a este cáustico puede causar conjuntivitis, irritación de la piel, degeneración de los huesos y desgaste en los dientes. El consumo excesivo de flúor ha resultado en algunos volcanes en la muerte y daño severo en los hatos ganaderos. Tan solo una capa fina de ceniza que exceda los 250 ppm puede provocar envenenamiento en los animales que se alimentan del pasto contaminado. El consumo continuado de flúor puede provocar; fluorosis; un mal que puede matar los animales por la destrucción de sus huesos. Finalmente este es otro agente que contribuye con la acidificación del medio circundante al volcán donde las plumas de gas y ceniza hacen contacto.

### **Rincón de la Vieja.**

Similar al V. Poás, este volcán ha mantenido un callejón de acidificación que se extiende por unos 4 km a partir del punto de emisión de gases. En periodos de actividad gaseosa extraordinaria los efectos se hacen sentir a grandes distancias y se reciben reportes de olores fuertes en la dirección predominante de los vientos. Debido a las condiciones meteorológicas difíciles que son características a la cima de este volcán, las observaciones son menos frecuentes o detalladas que en otros volcanes. *Fig.3.*



*Fig. 3. La salida continua de gases desde el cráter activo produce una zona de aniquilamiento que varía entre 3 y 5km, hacia el oeste. A la derecha Von Seebach.*

### **Volcán Arenal.**

La producción de gases se mantiene constante desde su reactivación en 1968. El tamaño y altura de las plumas de gases varían dependiendo de las condiciones atmosféricas y de la energía que las lleva a superficie. Cuando el transporte de estas plumas de gas sucede en forma horizontal se reciben en el OVSICORI-UNA llamadas preocupantes por parte de vecinos, visitantes y guardaparques. La variación de color es completamente normal dependiendo de las concentraciones de los distintos compuestos químicos que predominan. Incluso ese color puede variar dependiendo de las condiciones de luz o del ángulo mismo de donde se observan en el campo. A pesar de que tenemos gases corrosivos y ácidos visitando (preferentemente el oeste) los flancos, la vegetación ha logrado surgir en las partes bajas del edificio volcánico para dar pie a una vegetación que ahora parece más resistente y tolerante a sus efectos. *Fig. 4.*



*Fig. 4. Gases predominantes del Arenal hacia el oeste.*

### **Volcán Poás.**

En repetidos periodos de actividad gaseosa extraordinaria se reciben reportes de vecinos y guardaparques sobre nubes de gas azulejo que deambula por las zonas de visitación y mas allá hasta las partes de las comunidades al SW y W. Efectivamente la degasificación vigorosa produce altas concentraciones de CO<sub>2</sub> que en condiciones especificas de luz y de volumen dan un tono azulejo. Una situación semejante se sucede en las urbes con alta concentración vehicular. La emisión por combustión produce concentraciones semejantes y en condiciones confinadas el efecto es similar al producido naturalmente por este volcán.

La producción de gases letales se ha mantenido por mas de 60 años (solo para mencionar tiempos recientes) después del ultimo periodo freatomagmático a principio de los 50's. Su efecto es evidente por la anulación de vegetación en una franja o callejón en rumbo oeste que mide un poco más de 1km de ancho y más de 4km de largo. *Fig. 5.*



*Fig. 5. Gases rasantes hacia el oeste impiden el progreso de vegetación en el V. Poás.*

Respecto al volcán Irazú; fuera de las emanaciones de su última actividad freatomagmatica (a principio de los 60's), otras se consideran puntuales. Tal es el caso de una explosión hidrotermal, centrada en la pared NW a finales del año 94. Por tanto no se producen

plumas volcánicas sostenidas de este volcán aunque si ha tenido energía abundante para ser proyectadas por muchos Km. en la atmósfera. En los 60's, gases y cenizas azotaron prácticamente todo el Valle Central y sirve de recordatorio de lo que un volcán como este puede hacer. *Fig. 6.*



*Fig. 6. Emanaciones cargadas de ceniza y gases; comunes entre 1963 y 1965.*

### **Volcán Turrialba.**

Los niveles de emisión de SO<sub>2</sub> en este volcán han entrado en picos entre el 2007-2008 alcanzando promedios entre 700 y 3000. La curva creciente de este gas es tan dramática que mostró 1t/d en el 2001 hasta mostrar picos en el 2008 cercanos a las 6000 t/d.

Un factor que explica lo agresivo de este gas sobre la vegetación y la infraestructura en las zonas donde alcanza la superficie es la rápida conversión que sufre en presencia de agua. La humedad lo transforma en ácido sulfúrico rápidamente provocando lesiones directas y rápidas en el tejido vegetal y en las superficies metálicas. No vamos a analizar el efecto de los gases sobre el suelo aunque se sobreentiende el impacto en las características físico-químicas de estos.

En estos últimos 5 años se ha producido el conocido VOG (smog de origen volcánico) que combinado con polvo, oxígeno, rayos solares y humedad conducen a disminuir severamente la calidad del aire alrededor del edificio volcánico. (*Sutton and Elias 1993*).

Por el mecanismo de quemaduras en las hojas anchas de la vegetación mas afectada en los alrededores de este volcán se cree que la deposición (húmeda y seca) del HCL juega un rol muy importante.

Dada la observación de adherencias amarillentas en la cima del V. Turrialba, principalmente hacia el SW y W hasta unos 800m, pendiente abajo, se puede creer que tenemos una presencia importante de HF en la vegetación y superficie rocosa.

Finalmente se puede decir que las columnas verticales de un blanco brillante sobre la cima del V Turrialba obedecen a grandes concentraciones de agua en ellas. Las micro-gotas actúan como diminutos espejos y devuelven la luz del sol que las ilumina, especialmente en condiciones de luz oblicua (por la mañana o por la tarde) que coincide con condiciones atmosféricas más estables en el volcán y alrededores. *Fig. 7.*



Fig. 7. A más altura de los gases, mayor dispersión por parte de los vientos.

**Composición de los gases volcánicos en concentración por volumen (%).**

<b>Volcán</b> Región. Ambiente tectónico Temperatura	<b>Cima del Kilauea</b> Hawaii Punto Caliente 1170°C	<b>Erta` Ale</b> Africa del este Divergente 1130°C	<b>Momotombo</b> Centroamérica Convergente 820°C
H <sub>2</sub> O	37.1	77.2	97.1
CO <sub>2</sub>	48.9	11.3	1.44
SO <sub>2</sub>	11.8	8.34	0.50
H <sub>2</sub>	0.49	1.39	0.70
CO	1.51	0.44	0.01
H <sub>2</sub> S	0.04	0.68	0.23
HCl	0.08	0.42	2.89
HF	---	---	0.26

(Tomado de [Symonds et. al. 1994](#))

En resumen los gases volcánicos se producen como un cóctel que interactúa para mutar según las condiciones climáticas, presión, temperatura, etc. Los efectos más severos se producirán donde su presencia es constante y las concentraciones más abundantes. Por razón de su presencia en las cercanías de los edificios volcánicos el impacto más agudo se da en esas regiones donde el viento es predominante.

En términos de la investigación aplicada para caracterizar esos gases y asociarlos a efectos en la salud humana, animal y vegetal; todavía hace falta mucha inversión y trabajo. Tal trabajo multidisciplinario se debe realizar en el futuro próximo para así identificar la calidad del aire y las condiciones en que diversas comunidades se desarrollan. Más aún, el aporte de algunos volcanes en las cercanías del Valle Central ya aportan cientos y miles de toneladas diarias de contaminantes que se mezclan con la contaminación industrial y vehicular y aún no hay modo de distinguir uno del otro.

Una forma de aumentar la calidad de vida urbana y rural es conociendo las características ambientales que nos rodean. La inversión en educación e investigación debe mantener estos grandes conceptos como prioridad.

### **Referencias.**

*Hathaway, G.L., Proctor, N.H., Hughes, J.P., and Fischman, M.L., 1991, Proctor and Hughes' chemical hazards of the workplace: Van Nostrand Reinhold, New York, 3rd ed.*

*Sutton, A.J., and Elias, T., 1993, Volcanic gases create air pollution on the Island of Hawaii: U.S. Geological Survey Earthquakes and Volcanoes, v. 24, no. 4, pp. 178-196.*

*USGS. Volcanic Gases and their Effects. Página web del Volcano Hazards Program.*

Más lectura en: <http://pubs.usgs.gov/of/1997/of97-262/of97-262.html>  
<http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/hazards/primer/gas.html>

Más información sobre volcanes en Costa Rica: [www.ovsicori.una.ac.cr](http://www.ovsicori.una.ac.cr) .

*Agradecimiento: A los Srs. G. Chávez y S. Miranda por sus comentarios y revisión.*