

## **Los volcanes activos de la Cordillera Volcánica Central y el impacto ambiental en su entorno.**

E. Duarte, E. Fernández.

*Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI). Universidad Nacional.  
P.O. Box 2346--3000 Heredia-Costa Rica; email: eduarte@una.ac.cr*

### **Resumen.**

Los volcanes activos, Poás, Irazú y Turrialba, en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC), circundan al Valle Central con una variedad de modalidades eruptivas. Por su posición clave con respecto a la topografía, localización de comunidades, dirección de los vientos y otros elementos deben ser considerados una amenaza intermitente para la mayoría de los habitantes de esta región.

El impacto ambiental pasivo y a largo plazo, es sin embargo una condición permanente en las cimas y cercanías de los macizos volcánicos. En ese entorno el impacto se podría dividir en dos grandes grupos; por actividad directa y por efectos secundarios. A su vez podemos concentrarnos en tres naturalezas distintas de los elementos que promueven tal impacto; sólidos, líquidos y gaseosos. En este ensayo nos concentraremos en estas variedades dando énfasis a aquellas que son más comunes y no basados en actividad extraordinaria o en erupciones mayores. No se incluyen los efectos de la sismicidad volcánica asociada a picos de actividad.

Para los tres volcanes existen ejemplos históricos de actividad dramática aunque el efecto diario de los contaminantes, supera con creces tales eventos esporádicos.

Analizaremos detalles relativos a los efectos de la lluvia ácida, la acidificación del aire y la alta corrosión en los macizos volcánicos. También se revisará el efecto tóxico de las aguas ácidas y calientes que derivan de algunos de estos volcanes, sus consecuencias para el consumidor y su impacto en la agricultura y ganadería.

Finalmente se hará una discusión donde se pueda balancear los aspectos negativos y positivos de estas fuentes contaminantes naturales, el rol del azufre en el medio y la capacidad de la flora y fauna para sobrevivir.

### **Introducción.**

Uno de los grandes logros del siglo pasado, de la mentalidad humana, respecto de su prolongación como especie en este planeta, fue la conciencia de conservar su entorno. Celebres movimientos ecologistas, partidos verdes y toda suerte de proyectos en pro del medio ambiente forma un factor común, en nuestras sociedades, hoy día. Por tanto uno de los mayores enemigos de esa iniciativa lo fue y sigue siendo la contaminación industrial y residencial. Sin embargo son pocas las fuentes bibliográficas que mencionan a los volcanes como fuente de contaminación natural y menos aun se han tomado iniciativas para reducir tal impacto. Tratándose de un elemento natural que se sale del control de individuos o colectividades, este efecto se debe estudiar con mayor profundidad para pensar en formas de coexistir o incluso de sacar provecho de él.

Durante miles de años los volcanes Poás, Irazú y Turrialba han mantenido actividad sostenida afectando su entorno. En ocasiones de actividad aumentada el alcance y gravedad de los efectos excede en mucho la zona geográfica que regularmente afectan.

El hecho de que por milenios los volcanes hayan generado condiciones de fertilidad en sus cercanías, promueve el asentamiento de grupos humanos. Sin embargo son pocos los casos donde se mencionan las condiciones agresivas en que muchas de las comunidades aprenden a vivir y a resistir. El caso de

ecosistemas naturales y de especies animales afectados por actividad permanente esta mucho menos documentado.

Aunque se trata de una fuente de polución natural, los volcanes y su actividad seleccionan especies florísticas y faunísticas en sus cercanías. En los casos más severos someten a duras pruebas a toda especie viviente que se ubique al alcance de sus emisiones.

### **Impacto ambiental de origen natural**

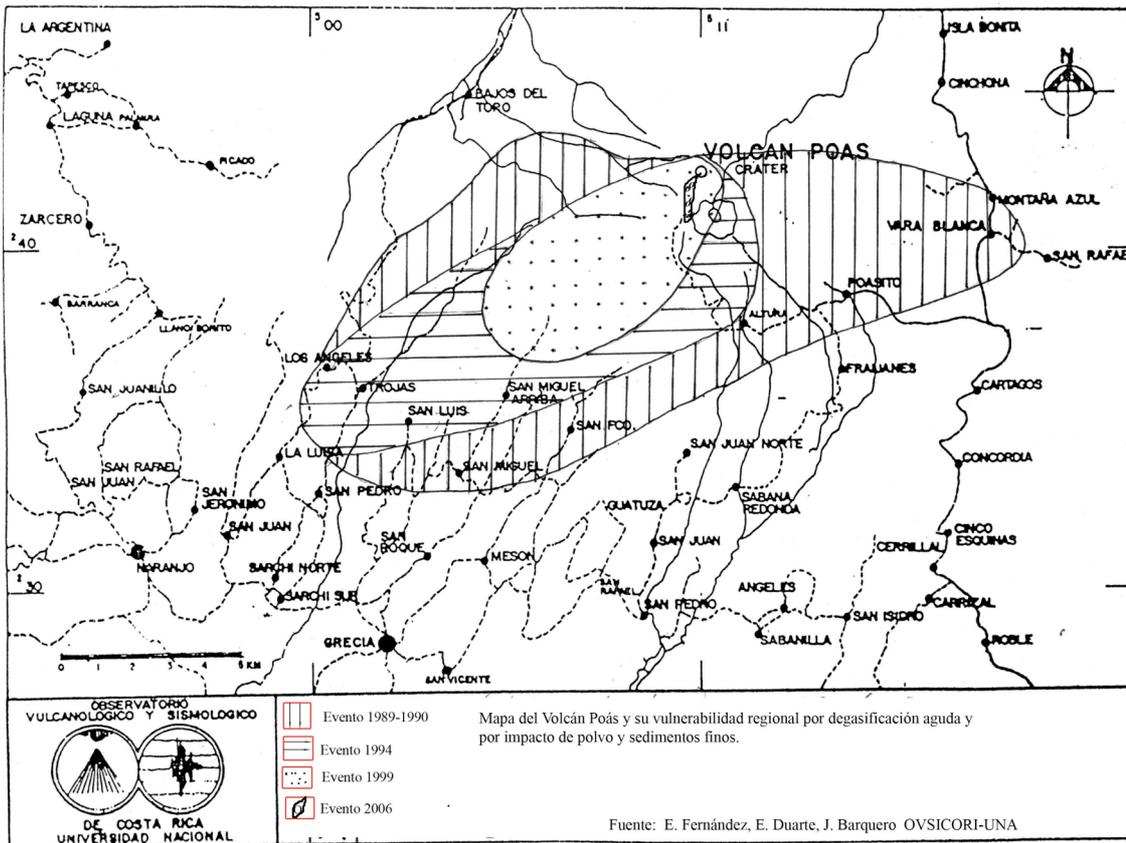
El impacto ambiental por materiales sólidos es tal vez el más dramático y más explotado por medios de comunicación donde reflejan imágenes de torrentes calcinantes de lava descendiendo rápidamente hasta los pueblos cercanos. O bien se asocia a la salida de coladas voluminosas y pastosas de lava que se mueven lentamente por las laderas de los volcanes sepultando todo a su paso. También es común ver en documentales o películas grandes explosiones cargadas de materiales que se proyectan amenazantes en trayectorias parabólicas, alcanzando grandes distancias. Este tipo de actividades es más bien esporádico o incluso raro en muchos de los volcanes que mantienen largos periodos de reposo. En la realidad el alcance de estos materiales sólidos enormes es reducido. El polvo y la ceniza, que tienen la capacidad de dar la vuelta al planeta, deberían ser observados con más preocupación.

La evacuación de lagos cratéricos es otra forma de contaminación común. Emisiones cipsoidales o tipo géiser en ocasiones alcanzan impactar zonas cubiertas de vegetación importante. De mayores efectos es el recorrido de aguas emanadas en fuentes termales, a veces generadas desde la misma fuente de emisión, o bien fuentes íntimamente ligadas a sistemas hidrotermales y a los mismos lagos cratéricos.

Para el caso de los tres volcanes en discusión, el efecto de acidificación del medio por aire es el más prevaleciente. Las emisiones fumarólicas también ocasionan una acentuada acidificación de la lluvia en las cimas y sus alrededores. La afectación por gases es mucho más sostenida y severa en los 3 volcanes en mención. El área de influencia de tales gases es semipermanente por lo que el impacto es a veces irreversible.

#### **1. El Volcán Poás.**

Se localiza a unos 30 km al norte de la ciudad de Alajuela y durante la mayor parte del año sus gases se mueven con la dirección predominante de los vientos, hacia el sur y suroeste. Ahí se ubica un abanico importante de comunidades que se localizan viento abajo. Fig. 1.



Aunque este volcán mostró actividad freatomagmática (caracterizada por materiales preexistentes combinados con magma fresco) a principios de los 50s sus emisiones posteriores se basan en periodos extraordinarios de aumentada actividad gaseosa con aislados casos de erupciones freáticas (donde predominan los sedimentos, lodos y agua del lago). En al menos 4 ocasiones recientes su actividad ha escalado a un nivel de importancia tal que ha afectado o su entorno o aun poblaciones tan lejanas como Grecia, Sarchí, Naranjo y otras intermedias.

Entre 1989-90 se produjeron emisiones vigorosas de gases y cenizas que alcanzaron hasta unos 18 Km. en sus efectos, en dirección SW. Columnas apreciables de sedimentos finos y secos del fondo del lago se elevaron sobre la cima para ser dispersados por los vientos pendiente abajo.

Durante el año 1994, de nuevo, la emisión de gases y sólidos finos se dispersaron en un área de cientos de km<sup>2</sup>, alcanzando comunidades de importancia numérica y económica. El lago ácido se seco completamente y los efectos de los gases se agudizaron en animales, vegetación y personas.

En menor escala, entre finales de 1999 y principios del 2000 se produjeron efectos en la vegetación circundante al cráter. Hubo algunas molestias para visitantes y funcionarios que tienen permanencia prolongada en la cima. La mayor documentación de efectos se dió hacia el SW, sobre la vegetación natural.

Finalmente, a fines de marzo de 2006 se producen al menos 3 explosiones freáticas (bien documentadas) de las cuales solo una tiene un impacto de materiales sólidos mayores, más allá del perímetro cratérico. La segunda erupción lanzo sedimentos preexistentes finos que se limito a un sector cercano al cráter.

Los productos sólidos, de pasadas erupciones extraordinarias, se pueden observar en todos los ángulos de la cima, enormes balísticos, fragmentos de lava, bombas y una gran variedad de granulometrías menores han alcanzado varios kms. desde el punto de origen. El impacto en este caso es directo. Quemaduras de la vegetación y sepultamiento de especies menores. Las capas de cenizas y polvo volcánico afectan mas lentamente todo lo que se encuentre en el área de influencia. La degradación física o química de esos materiales a veces es lenta y se producen daños apenas lentamente reversibles con el tiempo.

En los casos en que el lago ácido y caliente ha sido evacuado totalmente ha sucedido de modo gradual y se ha expresado en forma de columnas de materiales y sedimentos finos que viajan con los vientos predominantes. En ocasiones volúmenes significativos del lago han sido evacuados en forma violenta pero el alcance es bastante limitado.

La emisión de gases es definitivamente la modalidad más común para el V. Poás. Bien sea en periodos de actividad aguda o por degasificación pasiva, los efectos en áreas cercanas a la cima, son permanentes. La calidad del aire y de la lluvia fue monitoreada a fines del 99, durante un periodo de pronunciada actividad gaseosa, y se encontró una relación inversa entre la concentración de cloruros y sulfatos y la distancia a la fuente. De modo opuesto se encontró un aumento de nitratos en lluvia conforme la muestra se aleja de la fuente. Concentraciones de dióxido de azufre y sulfuro de hidrogeno superaron en mucho los estándares internacionales, en estaciones de muestreo junto a poblaciones de importancia. Por lo tanto no sorprende el hecho de que los residentes de esas zonas reportaran problemas en su salud. El callejón de acidificación es un ejemplo de un ambiente agresivo, en coincidencia con los vientos predominantes, que no permite el desarrollo de especies vegetales.

En no pocas ocasiones, los gases, han afectado la salud y seguridad de los guardaparques que solían habitar cerca de la cima y a pesar de que se han mudado para zonas más seguras, en caso de inversión de vientos, todavía son alcanzables. El impacto en los cultivos de fresa y en los pastos, el ambiente agresivo ha afectado fuertemente esas actividades de altísimo valor económico para la región.

Otro efecto agudo, que varia en magnitud, dependiendo de condiciones climáticas y de la distancia de la fuente, es la corrosión. En un estudio reciente se confirmó que la corrosión provocada por las emisiones volcánicas es mayor que aquellas en zonas industriales y mayor que las de origen marino. El impacto en los elementos metálicos empleados en obra pública o residencial es rápido y sostenido. En el área de mayor influencia de los gases se notan los alambres de púas, tanques de agua y techos con graves daños a poco tiempo de ser instalados. En las condiciones de vientos fuertes y húmedos, típicos en los ambientes volcánicos, la dispersión de los gases conlleva una velocidad de corrosión que no ha sido estudiada a profundidad en otros volcanes.

La lluvia ácida y la deposición seca derivada de actividades gaseosas, ha producido clorosis, necrosis, marchitamiento y muerte degradacional de muchas especies vegetales naturales. En la mayoría de los periodos extraordinarios, mencionados arriba, se han documentado efectos sobre cultivos de fresa, café y pastos así como en las plantaciones de ornamentales.

En el caso de la salud humana se han repetido en distintas ocasiones efectos alérgicos, problemas respiratorios e irritación de ojos. Aunque no se ha dado un seguimiento sistemático por parte de las instituciones encargadas de la salud social, si se conocen datos aislados de funcionarios sensibles al tema, que muestran la magnitud de estos efectos cuando los contaminantes han alcanzado poblaciones importantes.

Todavía del impacto de materiales finos y gases en los sistemas de agua potable se ha profundizado poco, sin embargo, se conoce de muchas fuentes que se encuentran bajo esta amenaza.

Las especies de animales domésticos han sufridos de cuadros de diarreas, abortos prematuros y fluorosis. También se asocian efectos a la reducción de la producción de leche y al aumento de muertes de terneros. En suma, el V. Poás posee todos los ingredientes para afectar un área muy apreciable, en su cima así como en áreas de influencia habitadas.

## **2. El Volcán Irazú**

Este volcán tuvo un episodio de actividad estromboleana sostenida por poco más de 2 años a inicios de los 60s. El impacto de las cenizas es una de las calamidades más serias que enfrentó nuestro país en la segunda mitad del siglo pasado. Asociado a estos materiales se produjeron avalanchas de lodo y escombros que sepultaron comunidades distantes a unos 25 kms. de la cima. Hoy día se puede apreciar en el sector de Taras edificios parcialmente sepultados como prueba de este hecho. Fig.2.



Los flancos sur y suroeste del Irazú siempre han sido ricos en producción de hortalizas y legumbres. No obstante por una larga temporada esas tierras quedaron desoladas. El efecto sobre los pastos y cultivos fue devastador. El proceso de degradación de tóxicos en las cenizas tomó varios años hasta integrarse a los suelos que al final recuperaron con creces su fertilidad.

La industria lechera de la zona también ha sobresalido siempre. Hatos enteros debieron evacuarse a zonas más seguras no sin lamentables pérdidas por inanición, fluorosis y otras complicaciones digestivas. Sin embargo los recuerdos más nefastos de esta actividad se refieren a las cenizas y gases. Columnas de hasta 8 Km. de altura se elevaban desde la cima para luego ser dispersadas por fuertes vientos hacia el Valle Central. Se tienen recuentos de caída de cenizas finas a más de 130 Km. en las zonas costeras del Pacífico. Desde entonces, El Volcán Irazú mantiene actividad fumarólica, al pie de su pared norte, en ese sector debido a la inestabilidad física así como a la rápida meteorización de los materiales, el avance de la vegetación natural es muy lento. En 1994 una pequeña explosión hidrotermal produjo una columna de materiales finos que fueron llevados hasta las cercanías de la ciudad capital. Por su posición estratégica con respecto al valle Central este volcán puede detener el tránsito aéreo nacional e internacional que fluye por el mayor aeropuerto del país. Columnas de cenizas como las que se presentaron en los 60s son capaces de detener la mayor industria con que cuenta el país; el turismo.

En términos de los líquidos, algunas fuentes termales (ácidas y calientes) emergen asociadas al sistema hidrotermal y al lago cratérico y fluyen hacia el norte. De hecho la propia cabecera del río sucio inicia en una de estas fuentes. Muchos de los contaminantes que este río propaga a lo largo de muchos kms. están íntimamente ligados a los vertidos de esta y otras fuentes termominerales a lo largo de su recorrido. El efecto por gases es menos severo sin embargo permanente. Cuando los vientos se dirigen hacia el sur o sureste se reciben reportes de fuertes olores por parte de guardaparques, turistas y el personal que habita en la cima y zonas cercanas.

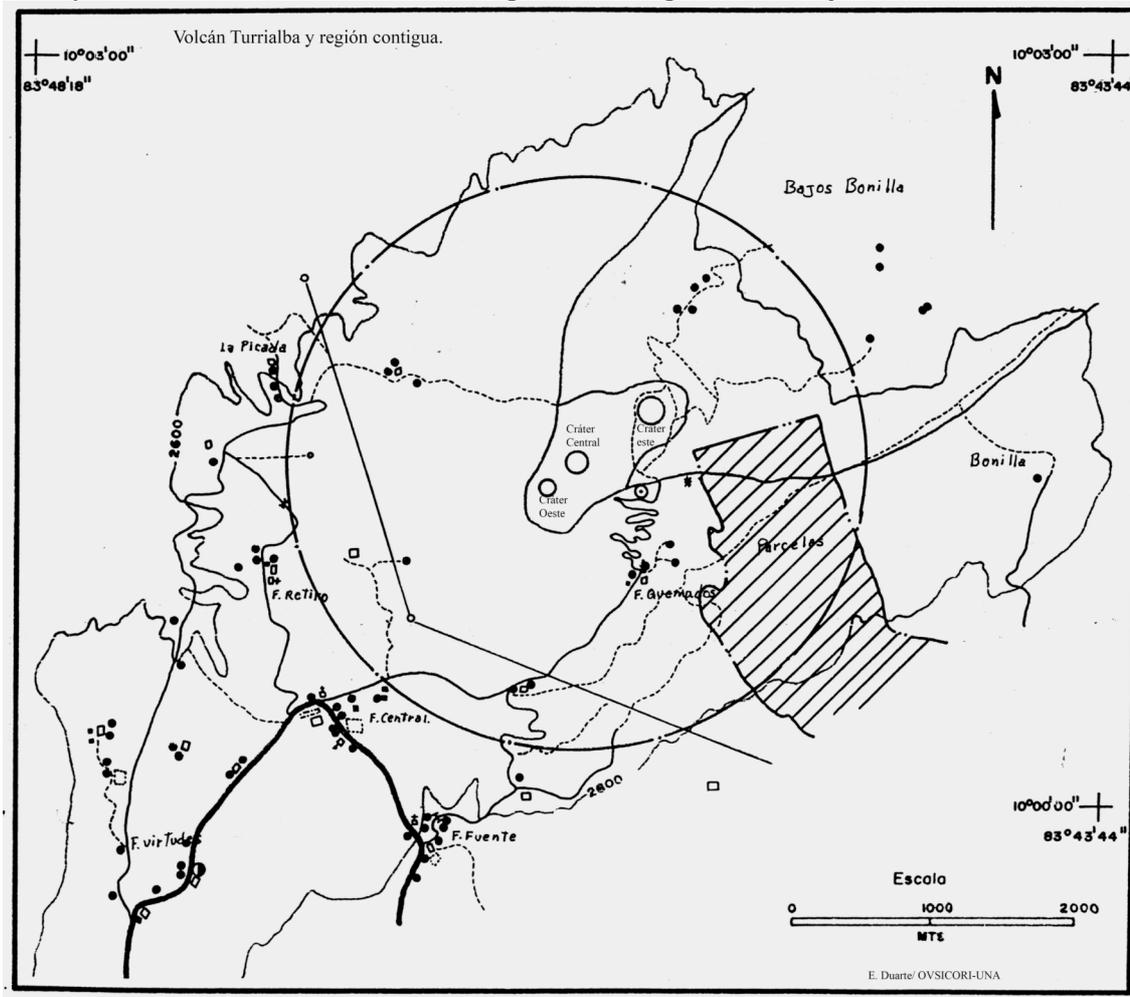
Debido a la agresividad del medio en la cima, a la presencia de materiales frescos y a lo inestable de su emplazamiento, esta permanece casi totalmente desprovista de vegetación. El último evento que arrastró materiales finos hasta las cercanías de San José se produjo en diciembre de 1994.

### 3. El Volcán Turrialba.

La actividad magmática más reciente en este volcán data de 1864, sin embargo a lo largo de todas estas décadas posteriores ha mantenido actividad fumarólica intermitente.

Las cenizas asociadas a ese distante episodio se dice llegaron hasta la costa pacífica. Alto e imponente como el Irazú, este volcán es capaz de sumir al valle central en una calamidad similar a la presentada por ese volcán en años recientes. Su potencial explosivo, altura, dirección predominante de los vientos y posición respecto de las mayores urbes del país lo colocan como una amenaza considerable en caso de reactivación violenta. Por los indicadores históricos se puede deducir que la última actividad estromboleana afectó vastas extensiones de zonas cultivadas y de parajes con vegetación natural. Las molestias producidas en la población todavía se encuentran en antiguas crónicas en los archivos nacionales.

Los materiales sólidos de la última actividad se pueden diferenciar en la cima así como en zonas a considerable distancia hacia el oeste. Enormes bloques y fragmentos son testigos de tal actividad. Amplias capas de ceniza se distribuyen por decenas de kms. en distintas direcciones confirmando la naturaleza impulsiva de este volcán. Por tanto es de suponer el impacto directo que han tenido estos materiales en la flora y fauna circundantes así como en pobladores que vivían bajo la zona de influencia. Fig. 3.



La actividad fumarólica permite, apenas en forma intermitente, el crecimiento de parches de vegetación. La rápida erosión, el débil sustrato y las severas condiciones climáticas mantienen la cima como un

verdadero paisaje lunar. En los últimos años se ha documentado efectos directos en especies menores que crecen en la cima así como en especies forestales que progresan más allá de los flancos. Especies de gran resistencia ceden ante una dosis excesiva de gases tóxicos aunados a temperaturas elevadas del suelo. Recién en el 2005 se documentó marchitamiento de un sector de jaúles (*alnus acuminata*) ubicados al NW coincidiendo con el aumento de salida de gases y movilización hacia en esa dirección. Una serie de enjambres sísmicos coinciden en los últimos 10 años, con vigorización gaseosa que ha sido capaz de alarmar hasta los vecinos más escépticos. Hasta hace pocos años una red de monitoreo de lluvia acida producía algunas muestras levemente acidas a distancia de varios kms. de la cima, en las pequeñas poblaciones al suroeste. El fenómeno de la lluvia acida es un elemento que aumenta cada vez que las emisiones fumarolicas se acentúan.

## **Conclusiones.**

Aun en nuestros días no se considera a los volcanes como fuentes contaminantes del medio. En buena parte este sentimiento se disminuye por el factor benéfico que produce el azufre en el ambiente. No obstante muchas de las especies químicas que son liberadas al ambiente cercano a las cimas en forma, sólida, líquida o gaseosa producen efectos negativos en flora, fauna, infraestructura social o civil. Si bien el V. Poás es el que mantiene mayores niveles de actividad y esto se refleja en un corredor de acidificación permanente, los otros 2 volcanes promueven diversos grados de afectación en las zonas sumitales.

En distintas ocasiones estos 3 volcanes han mostrado que tienen potencial para escalar en actividad y producir impacto severo en áreas que usualmente no se encuentran bajo su influencia. Los efectos agudos de las cenizas y sedimentos finos es el ejemplo más notable en cuanto a la afectación por sólidos.

En cuanto al impacto por líquidos se encuentra la evacuación rápida o lenta del lago caliente y ácido del V. Poás así como la multitud de fuentes termominerales que prolongan el impacto en diversas direcciones. Similar fenómeno ocurre en el V. Irazú con su lago y sus fuentes termales.

Para el caso del V. Turrialba el efecto por gases es el más relevante sin embargo las condiciones generales de este volcán provocan malos augurios en caso de una crisis volcánica.

Las poblaciones que se encuentran bajo la zona de influencia de estos 3 volcanes han desarrollado diversos grados de tolerancia e incluso una cultura particular de convivencia. Los planes turísticos, agrícolas o lecheros no contemplan la amenaza volcánica por tanto en caso de producirse crisis volcánicas no existen planes de contingencia apropiados para responder adecuadamente a esa situación. El uso de agroquímicos y la selección de especies resistentes debería ser una de las alternativas que visualicen los expertos.

Analizadas las 3 fuentes contaminantes se puede concluir que contribuyen a moldear paisajes característicos en las cimas volcánicas. Aunque sus efectos son menores, son sostenidos en el tiempo y aumentan a niveles críticos durante el aumento de actividad.

## **Bibliografía.**

Barquero, J., Fernández, E., 1990. Erupciones de gases y sus consecuencias en el volcán Poás, Costa Rica. Boletín de Vulcanología N° 21. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. pp. 13 – 17.

Duarte, E. et al.\_ Impact of degassing events on environment and human settings near Poás Volcano; Costa Rica. Presentado en la 4ta Conferencia de Volcanes y ciudades. Quito. Enero 2006.

Duarte, E. et al.\_ Volcanic Ash from Irazú Volcano, Costa Rica: 1963-1965. Presentado en la 4ta Conferencia de Volcanes y ciudades. Quito. Enero 2006.

Fernández, E. et al. Environmental Impact Caused by Volcanogenic Gases, Posa Volcano, Costa Rica. Presentado al Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2006.

Martínez, M. 2006. Chemical emissions from Poás Volcano, Costa Rica: Fluxes and implications for volcano surveillance and environmental impact. *Ph.D. dissertation*. Faculty of Geosciences Utrecht University, the Netherlands. Unpublished.

Martínez, M., Fernández, E., Valdés, J., Barboza, V., van der Laat, R., Duarte, E., Malavassi, E., Sandoval, L., Barquero, J., Marino, T., 2000. Chemical evolution and volcanic activity of the active crater lake of Poás volcano, Costa Rica, 1993 – 1997. *Journal of volcanology and geothermal research*. 97, 127 – 141.

Posla, H., 2001. Efecto de la precipitación ácida sobre los rendimientos económicos del cultivo de café, en la zona del volcán Posa. Tesis Lic. En Economía Agrícola. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p 69.

Saenz, W. et al. Chronicle for a Well Prepared Community: Volcán Turrialba, Costa Rica: Presentado en la 4ta Conferencia de Volcanes y ciudades. Quito. Enero 2006.

Sandoval, L., 1996. Efecto de las emisiones volcánicas sobre la vegetación del parque Nacional Volcán Posa. Tesis Lic. En Biología Tropical. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 106 p.