



Población y Salud en Mesoamérica

Revista electrónica publicada por el
Centro Centroamericano de Población,
Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica
<http://ccp.ucr.ac.cr>

Población y Salud en Mesoamérica

Revista electrónica semestral, ISSN-1659-0201

Volumen 12, número 1, artículo 8

Julio -diciembre, 2014

Publicado 1 de julio, 2014

<http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>

Susceptibilidad y síntomas respiratorios asociados a la exposición a dióxido de carbono y dióxido de azufre provenientes del volcán Turrialba, Costa Rica

Marisol Yglesias-González

Horacio Alejandro Chamizo-García



Protegido bajo licencia Creative Commons
Centro Centroamericano de Población

Susceptibilidad y síntomas respiratorios asociados a la exposición a dióxido de carbono y dióxido de azufre provenientes del volcán Turrialba, Costa Rica

Marisol Yglesias-González¹, Horacio Alejandro Chamizo-García²

RESUMEN

El volcán Turrialba ha mantenido en los últimos años una actividad de desgasificación, y paulatinamente se han mostrado los efectos de este dinamismo sobre la vegetación e infraestructuras de las comunidades aledañas. Entre las sustancias que conforman esta actividad de desgasificación se encuentra el dióxido de carbono y el dióxido de azufre que se han ido incrementando y son capaces de afectar la salud respiratoria de quienes se exponen a ellas. El objetivo de esta investigación es analizar la proclividad de las poblaciones aledañas de desarrollar síntomas respiratorios ante las exposiciones vía aérea de dióxido de carbono y dióxido de azufre provenientes del volcán Turrialba. La investigación consistió en un estudio transversal, descriptivo, analítico y cuantitativo. Se trabajó con ocho comunidades, y se obtuvo una muestra de 502 personas. Las comunidades estudiadas fueron: Hacienda La Fuente, La Central, La Silvia, Miravalles, Finca El Retiro, Guayabo Arriba, Las Virtudes y La Alegría. Esta última fue la comunidad control. Los estratos con mayor riesgo de presentar molestias en la garganta cuando hay exposición a gases volcánicos fueron los niños y adultos mayores (OR=1,93), mujeres (OR=1,86), personas que emplean varios tipos de cocina (OR=2,07), individuos con ocupaciones al aire libre (OR=1,51) y personas con ingresos iguales o mayores a los USD \$475 (OR=2,09). Los estratos con mayor riesgo de presentar molestias en la nariz fueron los niños y adultos mayores (OR=1,37), mujeres (OR=1,83), personas que emplean cocina eléctrica (OR=2,23), individuos con ocupaciones dentro de edificaciones (2,12) y personas con ingresos inferiores a los USD \$475 (OR=2,30).

Palabras clave: sistema respiratorio, enfermedades respiratorias, contaminación atmosférica, salud pública, epidemiología, medio ambiente, riesgo.

Fecha de recibido: 5 febrero del 2014

Fecha de aceptado: 17 marzo del 2014

Fecha de corregido: 7 abril del 2014

¹ Universidad de Costa Rica. COSTA RICA. sol.yglesias@gmail.com

² Universidad de Costa Rica. COSTA RICA. horacio.chamizo@ucr.ac.cr

Susceptibility and respiratory symptoms associated to carbon dioxide and sulphur dioxide exposure from Turrialba volcano, Costa Rica

ABSTRACT

In the past years, the Turrialba volcano has kept a degassing activity. Gradually, this dynamic has shown its effects on the vegetation and infrastructure of the communities surrounding the volcano. Some of the substances of this degassing activity include increasing concentrations of carbon dioxide and sulfur dioxide that are capable of affecting the respiratory health of those exposed to them. The objective of this research is to analyze the proclivity of the surrounding populations to develop respiratory symptoms due to aerial exposure of carbon dioxide and sulfur dioxide from the Turrialba volcano. The research consisted of a cross-sectional, descriptive, analytical and quantitative study. The study was conducted in eight communities, obtaining a sample of 502 people. The interviewed communities were: Hacienda La Fuente, La Central, La Silvia, Miravalles, Finca El Retiro, Guayabo Arriba, Las Virtudes and La Alegría, the latter being the control community. The strata with higher risk of throat discomfort when exposed to volcanic gases were children and the elderly (OR = 1.93), females (OR = 1.86), people who cook with several types of cook stoves (OR = 2.07), individuals with outdoor occupations (OR=1.51) and those with incomes equal to or greater than \$ 475 (OR = 2.09). The strata with higher risk of throat discomfort were children and the elderly (OR = 1.37), females (OR = 1.83), people who cook with electric stove (OR = 2.23), individuals with occupations within buildings (2.12) and those with incomes lower than \$ 475 (OR = 2.30).

Keywords: respiratory system, respiratory diseases, atmospheric pollution, public health, epidemiology, environment, risk.

1. INTRODUCCIÓN

El volcán Turrialba está ubicado en la Cordillera Volcánica Central, aproximadamente a 3340 m.s.n.m. En las faldas de este volcán se ha desarrollado actividad económica de tipo agropecuaria y se han construido asentamientos cercanos. La actividad de este coloso posterior a la erupción de 1866 y hasta 1995, ha sido de tipo fumarólica con aportes sulfurosos (Alvarado, 2011). La actividad de este estratovolcán se ha venido incrementando progresivamente desde el 2000. A partir del 2007, la presencia de gases se hace evidente en la vegetación, marchitada y quemada por el aumento de las emanaciones, así como en la lluvia, que ha experimentado cambios físico-químicos importantes a nivel de pH y de concentración de aniones de origen volcánico (Martini, 2009). Por otra parte, en enero del 2010 “el volcán entra en un período de inestabilidad termodinámica lo cual se refleja en la aparición de erupciones freáticas. En 2012, vuelven las erupciones formando un nuevo boquete en enero de ese mismo año” (González-Ilama, Mora, Alpízar, Ramírez, Mora y Taylor, 2013, p. 2).

Los cambios ambientales producidos en el volcán Turrialba y sus zonas aledañas desde el año 2000, suponen una amenaza a la salud de las personas que habitan en las faldas del coloso. A nivel general, el riesgo a la salud de las personas aumenta con la exposición a un ambiente volcánico activo; en este caso se trata de un medio ambiente cuyas características han sido alteradas por la inserción de contaminantes biogénicos en el aire. Según datos del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI), en los últimos años el nivel de CO₂ se ha incrementado en aproximadamente un 90% (Martini, 2009), el flujo mediano de SO₂ ha aumentado dos órdenes de magnitud, y las emisiones pasaron de 1 ton/día en el 2002 a 740 ton/día en enero de 2008 (Martini et al., 2008). Estos dos gases, dióxido de azufre y dióxido de carbono, son capaces de producir efectos adversos en las poblaciones expuestas. Desde años atrás, vecinos de las zonas aledañas al Turrialba han afirmado sentir molestias en la nariz y garganta, y tener tos y dificultades para respirar (López, 3 de abril de 2011), lo cual manifiesta una calidad del aire inadecuada para los seres humanos.

Respecto a lo anterior, existen varios estudios a nivel internacional en donde se asocian diferentes factores de susceptibilidad a presentar enfermedades y síntomas respiratorios con condiciones ambientales en donde existen contaminación atmosférica y concentraciones de dióxido de azufre o dióxido de carbono. A continuación, se exponen algunos de estos antecedentes. Acerca de la predisposición a enfermedades asociadas a la exposición a gases volcánicos, Sierra (2012) menciona algunas condiciones de los grupos más propensos a presentar sintomatologías respiratorias: “el riesgo más importante de problemas respiratorios lo presentan los niños, las personas de la tercera edad y aquellas que se encuentran o trabajan al aire libre; pero sobre todo los que padecen alguna enfermedad pulmonar crónica” (p. 133). La autora hace referencia al Monte Aso en Japón, cuya actividad volcánica fue asociada la muerte de seis personas y la hospitalización de 56 por exposición a SO₂. El común denominador de los casos que requirieron atención médica fue la existencia previa de enfermedades respiratorias crónicas.

Las personas con problemas cardiorrespiratorios preexistentes tienen mayores posibilidades de desarrollar otros síntomas y/o enfermedades, ya que su sistema está más vulnerable. Si personas con enfermedades de fondo se exponen a determinadas concentraciones de gases, su respuesta no será la misma que la de una persona que carece de problemas preexistentes a nivel cardíaco y respiratorio. Lo anterior es reforzado en el estudio de Longo (2013) donde se concluyó que “los participantes con enfermedades cardiorrespiratorias reportaron dificultades respiratorias, que van desde opresión en el pecho y falta de aire durante los niveles diarios de neblina volcánica y hasta altos niveles de estrés cuando hay eventos de alta contaminación” (p. 4), por lo que si una persona ya posee una enfermedad respiratoria de fondo, esta puede exacerbarse debido a la contaminación del aire.

Algunos grupos etarios presentan una mayor vulnerabilidad y riesgo al desarrollo de sintomatología respiratoria. Por ejemplo, el estudio de Prieto et al. (2003) concluyó que en un distrito de Santiago de Chile, los niños menores de 15 años fueron los más afectados por síndrome bronquial obstructivo y neumonía en comparación con la población control. Adicional a esto, los adultos mayores de 65 años y más, fueron el grupo con mayor número de casos de enfermedades agudas y crónicas de la vía aérea inferior.

Aparte de la existencia de enfermedades de fondo, así como de formar parte de grupos etarios vulnerables, el sexo es otra variable que debe analizarse como posible factor asociado a una mayor proclividad al desarrollo de molestias y enfermedades en el aparato respiratorio. Algunos de los hallazgos que sustentan lo anterior se pueden ilustrar en el estudio efectuado por Amaral y Rodríguez (2007). Estos investigadores señalan que las mujeres de la isla volcánicamente activa de Furnas, Portugal, fueron más propensas a presentar bronquitis crónica que los hombres, principalmente aquellas entre los 0-14 años y las mayores de 64 años. Los datos obtenidos sobre edad y casos de bronquitis crónica fueron estandarizados, según lo cual se obtuvo una mayor tasa de incidencia a padecer esta enfermedad en los hombres.

No obstante, según la estimación de riesgo relativo (RR) realizada para establecer la relación entre ambientes volcánicos activos y la presencia de bronquitis crónica, fueron las mujeres quienes presentaron un mayor riesgo (RR=10.74) de enfermarse que los hombres (RR=3.99). Asimismo, al calcular el RR por edades en ambas poblaciones, fueron las mujeres entre 45 y 64 años las que presentaron mayor riesgo (RR=27,14) y los hombres entre los 15 y 24 años (RR=7,35). Estos resultados indican una asociación positiva entre el factor de riesgo y una mayor cantidad de casos de bronquitis crónica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El propósito del estudio es aportar una línea base sobre los síntomas asociados a la exposición de la actividad del volcán Turrialba, así como colaborar con conocimiento científico que permita asociar el estado de salud de las personas a las concentraciones de dióxido de azufre y dióxido de carbono emanados por aparatos volcánicos. En la investigación se analiza la proclividad para enfermarse de las personas en las diferentes comunidades, ante las exposiciones vía aérea de dióxido de carbono y dióxido de azufre.

Para lo anterior se diseñó un estudio transversal que estima la prevalencia de síntomas respiratorios asociados a la exposición a gases provenientes del volcán Turrialba. Se trabajó con dos grupos: un grupo de comunidades expuesto a los gases del volcán Turrialba y otro de una comunidad no expuesta. El trabajo de campo se realizó durante el mes de noviembre del 2010. Los criterios de inclusión en el grupo de personas expuestas fueron que se trataran de comunidades aledañas al volcán Turrialba monitoreadas por el OVSICORI, y ubicadas respecto al coloso, en el sector oeste, suroeste y sureste dentro de un radio aproximado de 10 km.

Las comunidades consideradas como expuestas fueron La Silvia, La Central, Finca El Retiro, Hacienda La Fuente, La Esperanza, Las Virtudes y Guayabo Arriba, en las cuales se realizaron mediciones previas para constatar la exposición. Se trabajó con varias poblaciones, ya que el número de habitantes por comunidad era muy reducido para estudiar solamente una.

El grupo utilizado como control fue una comunidad rural donde no hubo concentraciones de dióxido de azufre ni de dióxido de carbono en el aire, los cuales son considerados contaminantes. Se determinó como comunidad no expuesta La Alegría de Siquirres, en

Limón, debido a que está localizada hacia el noreste y se estima que no hay influencia de las emisiones del volcán.

Para analizar la proclividad a enfermarse, se procedió a estratificar el análisis de riesgo. El análisis estratificado utiliza estratos para calcular la *odds ratio* (OR) ponderada de Mantel y Haenszel, la cual mide el efecto y permite observar la diferencia con la OR cruda producto del análisis simple. Asimismo, con este tipo de análisis se puede determinar la influencia de los factores de riesgo asociados a la vulnerabilidad de la población.

Con este análisis es posible observar la distribución del riesgo de acuerdo con las condiciones de exposición para cada uno de los estratos que conforman los factores de riesgo del proceso de enfermar. Además, permite estandarizar la influencia de dichos factores sobre la relación entre el nivel de exposición y los síntomas. Para esta investigación se identificaron los siguientes factores de riesgo que interactúan con la enfermedad y con la exposición a gases volcánicos: edad, sexo, tipo de cocina utilizada, ocupación, condición socioeconómica y hábito de fumado.

La obtención de los datos relativos a los factores de riesgo se llevó a cabo con un cuestionario que permitiera conocer las características sociales y de salud de los participantes del estudio. El cuestionario fue elaborado por los investigadores de acuerdo con los tópicos de interés del estudio. Se empleó como referencia el formulario ATS-DLD-78 de la American Thoracic Society, elaborado específicamente para la investigación epidemiológica de enfermedades respiratorias (American Thoracic Society, s.f.). La información sobre la presencia de síntomas respiratorios se obtuvo a partir de la percepción de los sujetos mediante el mismo cuestionario.

Para asegurar la mayor precisión, se procuró tener una muestra lo mayor posible, por lo que se trabajó con 502 personas de las ocho comunidades. Respecto de los sesgos presentes en la investigación que afectan la validez interna, uno de ellos es el de información. Esto se debe a que la recolección de datos fue llevada a cabo, en algunos casos, por los investigadores, factor que no pudo controlarse. Por otra parte, se considera que el sesgo de memoria pudo haberse presentado debido a algunas de las preguntas del cuestionario epidemiológico. Para controlar este sesgo, se elaboró un cegado simple, con el fin de que los entrevistados no conocieran la hipótesis del estudio y no identificaran de qué grupo formaban parte (expuestos o control).

3. RESULTADOS

El estudio abordó varios síntomas y enfermedades asociadas a la exposición aérea a gases volcánicos, tales como tos, molestias en la garganta (picazón, ardor, resequedad), molestias en la nariz (picazón, ardor, enrojecimiento), sibilancia (en presencia de resfrío, ocasionalmente y la mayoría de días y/o noches), sensación de asfixia o ahogo, bronquitis crónica, asma y otros padecimientos (gripe, agitación, alergias, infecciones en los pulmones). No obstante, se hará referencia únicamente a los resultados obtenidos en los estratos de cada factor de riesgo que interaccionan potencialmente con la exposición a gases de origen volcánico (dióxido de carbono y dióxido de azufre), asociada al desarrollo de molestias en la garganta y la nariz. Se hará énfasis en estos dos síntomas dado que

fueron los que presentaron mayor riesgo de aparición en presencia de los gases volcánicos en estudio.

Los cuadros mostrados contienen los siguientes datos: la primera y segunda columna contienen los factores de riesgo y sus estratos. Para cada estrato, las columnas tres, cuatro y cinco muestran los valores obtenidos de la OR (*odds ratio*), el IC (intervalo de confianza) y la significancia. La columna seis muestra la OR cruda, o bien, la OR obtenida en el análisis simple. Se indica también el valor de la OR Mantel-Haenszel (OR_{MH}), OR estandarizada y su respectivo intervalo de confianza. Se debe aclarar que la OR_{MH} u OR estandarizada indica el riesgo global a presentar el síntoma, controlando el efecto producido por el factor de confusión.

De acuerdo con los datos presentados en el cuadro 1 sobre los resultados obtenidos al estratificar los factores de riesgo a enfermar relacionados con el desarrollo de molestias en la garganta, se puede observar que los niños y adultos mayores que viven en las comunidades expuestas presentan 1,93 veces mayor probabilidad de percibir molestias en la garganta.

Asimismo, las personas de sexo femenino presentan 1,86 veces más probabilidad de percibir síntomas en la garganta y los sujetos que utilizan varios tipos de cocina como cocina de gas, eléctrica y/o de leña tienen 2,07 más probabilidad de percibir molestias en la garganta. De igual manera, los individuos con una ocupación al aire libre en las comunidades expuestas a gases volcánicos perciben 1,51 veces más las molestias en la garganta. No obstante, cabe resaltar que la relación entre el estrato de ocupación al aire libre y exposición a dióxido de azufre y dióxido de carbono no fue estadísticamente significativa ($p=0.116$). Por otra parte, se ha visto que las personas con salarios superiores a los USD \$475 y los fumadores, presentaron exceso de riesgo adicional en las comunidades expuestas a los contaminantes de origen volcánico. Este último estrato (fumadores), pese a no tener significancia estadística ($p=0.537$), mostró 1,82 veces más riesgo de presentar molestias en las comunidades expuestas a gases volcánicos en comparación con la población no expuesta.

Con base en el cuadro 2 sobre los resultados obtenidos al estratificar los factores de riesgo de enfermar relacionados con el desarrollo de molestias en la nariz, se observa que los niños y adultos mayores de las comunidades expuestas a la actividad del volcán Turrialba tienen 2,04 veces mayor riesgo de presentar síntomas en la nariz. Respecto de las personas del sexo femenino que viven en las comunidades expuestas, el riesgo fue de 1,83 veces más probabilidad. En cuanto al tipo de cocina empleada, el riesgo de percibir molestias en la nariz al haber exposición volcánica y utilizar cocina eléctrica fue 2,33 veces mayor ($OR=2,33$). Igualmente, tener una ocupación dentro de una edificación implica 2,12 veces mayor probabilidad de presentar molestias en la nariz. Se encontró que tener un salario inferior a los USD \$475 incrementó el riesgo en las comunidades expuestas en 2,30 veces ($OR=2,30$), y no tener el hábito de fumado, en 1,92 veces.

4. DISCUSIÓN

Respecto de los hallazgos mostrados en el cuadro 1 sobre variables con mayor riesgo de presentar molestias en la garganta, para el factor edad se observa que, de los sujetos expuestos a los gases volcánicos, el grupo de niños y adultos mayores es el estrato con mayor riesgo, en comparación con los adultos jóvenes y maduros, ya que se obtuvieron riesgos de 1,93 y 1,37, respectivamente. Lo anterior es sustentado por los estudios de Hansell (2004), Morales y Liao (1999), y Sierra (2012). Estos indican que los niños y adultos mayores pertenecen a grupos con mayor riesgo de desarrollar síntomas y problemas respiratorios, además de ser más sensibles al dióxido de carbono y dióxido de azufre. Respecto del efecto que tiene el factor de exposición a los gases y el desarrollo de molestias en la garganta, se observa que la OR estandarizada es muy similar a la cruda, y se potencia levemente por el factor de riesgo.

En cuanto al factor sexo, se observa que son las mujeres quienes tienen mayor riesgo de desarrollar molestias en la garganta, en comparación con los hombres. Las mujeres expuestas a los gases del volcán Turrialba tienen 1,86 veces más de probabilidad de sentir irritación, resequedad y/o malestar general en la garganta, mientras los hombres presentan un riesgo 1,37 veces mayor de probabilidad de padecer molestias en la garganta. En este caso, se puede apreciar que el sexo femenino sí es más afectado.

Tal y como lo indican Guyton. y Hall (2006), la mujer, por su fisiología, tiende a tener más capacidad de captación y resguardo de los gases inhalados, provocando una mayor adhesión de estos a las membranas de los alvéolos. Por tanto, su fisiología, aunada a la exposición a los gases, a que la mayoría se dedica a las tareas del hogar y al empleo de cocina de leña, el cual es común en la zona de estudio (67% de las familias entrevistadas emplean cocina de leña), ha propiciado un mayor riesgo a nivel de molestias respiratorias en ellas que en los hombres. La vulnerabilidad respiratoria de la mujer se ve sustentada también con los hallazgos de Amaral y Rodríguez (2007), en los cuales se encontró que las mujeres que habitan ambientes volcánicamente activos presentan más riesgo ($RR=10,74$) de desarrollar bronquitis crónica respecto de los hombres ($RR=3,99$) que se exponen a gases volcánicos. Cabe mencionar que la OR_{MH} o estandarizada se mantuvo con un valor similar a la OR cruda; la primera es de 1,61, mientras que la segunda es de 1,60; se provoca así una leve atenuación del efecto del factor de riesgo que interviene en el proceso de enfermar.

En cuanto al tipo de cocina, el estudio de Pérez-Padilla et al. (1996) realizado en México, demostró una relación entre el uso de leña como combustible para cocinar y el desarrollo de bronquitis crónica y EPOC. Asimismo, el estudio de Carmo et al (2013, p. 611-612) identifica la aparición del EPOC tras periodos prolongados de exposición al humo de las cocinas de leña, así como la presencia de tos crónica en el 40% de las mujeres entrevistadas que utilizan cocina de leña y a las cuales no se les diagnosticó EPOC. Sin embargo, contrario a lo esperado, en la presente investigación se obtuvo un mayor riesgo en el uso de varios tipos de cocina para los sujetos expuestos a los gases volcánicos, que en el de utilizar leña. Quienes usan varios tipos de cocina tienen un riesgo de desarrollar molestias en la garganta de 2,07. Las personas que utilizan leña únicamente, tienen una probabilidad de presentar este síntoma de 1,56.

En cuanto a la ocupación, se observa que, de los sujetos expuestos a los gases emanados por el volcán Turrialba, los que ejercen una ocupación al aire libre tienen un mayor riesgo (OR=1,51, $p=0.116$) de presentar molestias en la garganta que aquellas personas que realizan labores dentro de una edificación (OR=1,32). Al estandarizar la OR, se obtuvo que el factor de riesgo estaba potenciando el efecto de los gases, ya que la ORMH fue de 1,45, mientras que la cruda mostraba un riesgo de desarrollar molestias en la garganta de 1,60. Asimismo, se debe tomar en cuenta que las personas dedicadas a labores al aire libre en las comunidades expuestas alrededor del volcán Turrialba, en su mayoría corresponden a al sexo masculino, de las cuales el 30% tiene el hábito de fumado.

Cabe recalcar que la relación entre ocupación al aire libre y molestias en la garganta no fue estadísticamente significativa para el presente estudio. No obstante, es importante resaltar antecedentes a nivel internacional que han establecido una relación causal entre la exposición a gases volcánicos cuando se está al aire libre, como el estudio de Longo (2013, p. 6) en Hawaii, donde se mostró altos riesgo de presentar tos (OR=32,95), sibilancia (OR=14,95), dificultad para respirar (OR=15,56) y molestias en la nariz (OR=53,11).

El factor ingresos mensuales mostró que las personas dentro del estrato de ingresos mayores a los USD \$475 tienen un riesgo mayor (OR=2,09) de presentar molestias en la garganta que aquellos individuos con salarios inferiores al monto indicado (OR=1,32), contrariamente a lo que expone Donoso (2004), quien indica que la proclividad social a padecer afecciones respiratorias depende de la condición de pobreza, entre otros factores. Muy probablemente, las personas con más ingresos tienen más gastos en cigarrillos y, por ello, presentan un riesgo mayor a desarrollar molestias de garganta. Además, es necesario tomar en cuenta que al inhalar humo del cigarrillo mientras se fuma, este va directo a la garganta y, al momento de exhalar, suele utilizarse la boca nuevamente para evacuar el humo en vez de la nariz, por lo cual existe mayor riesgo de percibir molestias en la garganta.

Por último, se encontró que las personas expuestas a los gases volcánicos con hábito de fumado poseen un riesgo de desarrollar molestias en la garganta de 1,82 ($p=0.537$), mientras que quienes no tienen esta costumbre, presentaron una OR de 1,79 ($p=0.004$). Investigaciones a nivel internacional muestran una asociación entre el hábito del fumado con enfermedades a nivel pulmonar (Amaral et al., 2006). Dado lo anterior, es importante mencionar que, pese a que en el presente estudio la relación entre molestias en la garganta y el hábito del fumado no fue estadísticamente significativo, existe una relación causal relevante de exponer en estudios de este tipo.

Continuando con el análisis estratificado, en el cuadro 2 se muestran los hallazgos sobre las variables con mayor riesgo de presentar molestias en la nariz. Se puede observar que en el factor edad, son nuevamente los niños y adultos mayores los que tienen mayor riesgo de desarrollar molestias en la nariz. Estos presentan 2,04 veces más de probabilidad al exponerse a los gases volcánicos. Por otra parte, los adultos jóvenes y adultos maduros presentaron un riesgo de 1,37.

Según OMS et al. (2003), la niñez es una etapa donde el individuo es proclive a desarrollar enfermedades respiratorias, ya que la persona se encuentra en una etapa de desarrollo, mientras que en la vejez existe un detrimento en el aparato respiratorio, lo cual hace más vulnerable al sujeto. Respecto del efecto de los gases volcánicos sobre este síntoma, se observa que el factor edad estaba atenuando levemente la relación entre estas variables, ya que se obtuvo una OR cruda de 1,64, mientras que la estandarizada fue de 1,65.

En cuanto a los resultados obtenidos del factor sexo, se encontró que personas del sexo femenino que viven en la zona de exposición a gases, tienen 1,83 veces más riesgo de tener molestias en la nariz respecto a los hombres, quienes presentaron un riesgo de 1,46. Según lo investigado por Hansell (2004), dos estudios ecológicos realizados en Nueva Zelanda indican que las mujeres en Maori evidenciaron una alta mortalidad por enfermedades respiratorias y riesgo de padecer cáncer. Esto sugiere una posible proclividad a enfermar en personas de este sexo, la cual se presentó para ese mismo síntoma en las mujeres de las zonas aledañas al volcán Turrialba.

Contrariamente a lo planteado en el estudio de Pérez-Padilla et al. (1996), el uso de leña no generó mayor riesgo de desarrollar molestias en la nariz respecto a los otros tipos de cocina. Se encontró que las personas expuestas a los gases volcánicos que utilizan cocina eléctrica tienen 2,23 veces más de riesgo de tener este síntoma; sin embargo, los individuos que emplean cocina de leña no queda exentos de presentarlo, ya que tienen un riesgo de 2,13. El utilizar varios tipos de cocina genera 1,29 veces más riesgo de sentir molestias en la nariz.

Pese a que no hay antecedentes de relación entre el empleo de una cocina eléctrica o de gas y sintomatología respiratoria, esta asociación podría deberse a que las familias de las zonas expuestas a los gases volcánicos pudieron haber utilizado cocina de leña en algún momento y, por el desarrollo socioeconómico de hoy en día, pudieron acceder después a cocinas de gas y/o eléctricas. Es decir, al momento de la investigación los participantes del estudio pudieron haber reportado empleo de cocinas que no implican el uso de leña, no obstante, eso no significa que en algún momento no la hayan utilizado.

Otro de los hallazgos se enfoca en el factor ocupación, en donde se encontró mayor riesgo de desarrollar molestias en la nariz en aquellos sujetos expuestos a los gases del volcán Turrialba que laboran dentro de una edificación. El riesgo obtenido fue de 2,12, mientras trabajar en sitios que implican estar al aire libre produce 1,47 veces más riesgo de presentar el síntoma. Es importante mencionar que la mayoría de las ocupaciones dentro de una edificación en las comunidades expuestas a gases volcánicos, corresponden a labores del hogar llevadas a cabo por personas del sexo femenino. Se debe acotar que, según la revisión bibliográfica, las mujeres son más vulnerables a nivel respiratorio a los gases volcánicos que los hombres, por lo que esa proclividad biológica, aunada a emisiones de las cocinas de leña, podrían estar elevando el riesgo a desarrollar molestias en la nariz en sitios cerrados.

Consistentemente con la premisa planteada por Donoso (2008) respecto de la condición socioeconómica, se encontró que las personas expuestas a los gases volcánicos con salarios inferiores a los USD \$475 mensuales, tienen 2,30 veces más riesgo de tener molestias en la nariz, a diferencia de individuos con ingresos mayores a ese monto (OR=1,44).

Finalmente, respecto al factor hábito de fumado, se encontró que las personas que no fuman tienen 1,92 veces más riesgo de tener molestias en la nariz. En el estrato de los que sí fuman parece no haber relación entre la exposición a gases y este síntoma, debido a que la OR fue de 0,67.

Con base en los datos y la información presentada anteriormente, se observa que los factores de riesgo de los síntomas estudiados fueron levemente atenuados y potenciados en el análisis simple; no obstante, las diferencias entre ellos no fueron muy altas al estratificar. Al tomar en cuenta los diversos factores de riesgo que influyen sobre la relación entre la exposición a gases y la presencia de síntomas, se encontró que la mayoría de las variables generan riesgo de desarrollar el padecimiento respiratorio cuando paralelamente hay exposición a gases volcánicos.

Asimismo, se observa que los estratos de casi todos los factores de riesgo tienen una OR superior a 1,00. Lo anterior sugiere que, independientemente de la condición de susceptibilidad descrita, y a pesar de que se ha observado cómo interactúan los factores mencionados con la exposición a los gases volcánicos, existe exceso de riesgo en las comunidades expuestas localizadas en los alrededores del volcán Turrialba.

5. REFERENCIAS

- Alvarado, G. (2011). *Los volcanes de Costa Rica: geología, historia, riqueza natural y su gente* (tercera edición). San José, Costa Rica: EUNED.
- Amaral, A., y Rodríguez, A. (2006). Chronic exposure to volcanic environments and chronic bronchitis incidence in the Azores, Portugal. *Environmental Research*, 103, 419-423.
- Amaral, A., Rodríguez, V., Oliveira, J., Pinto, C., Carneiro, V., Sanbeto, R., Cunha, R., y Rodríguez, A. (2006). Chronic exposure to volcanic environments and cancer incidence in the Azores, Portugal. *Science of the Total Environment*, 367, 123-128.
- American Thoracic Society. (s.f.). *Recommended Respiratory Disease Questionnaires for Use with Adults and Children in Epidemiological Research*. Recuperado de <http://www.thoracic.org/statements/resources/archive/rrdquacer.pdf>
- Carmo, M.A., Alves, M., Jardim, J.R., Cam, M.C., y Uchôa, L. (2013). Doença pulmonar obstrutiva crônica em mulheres expostas à fumaça de fogão à lenha. *Associação Médica Brasileira*, 59(6), 607-613.
- Donoso, E. (2004) Desigualdad en mortalidad infantil entre las comunas de la provincia de Santiago. *Rev Méd Chile*, 132(4), 461-466.
- González-Ilama, G., Mora, R., Alpízar, Y., Ramírez, C., Mora, M. y Taylor, W. (2013) *Informe anual sobre la actividad de los volcanes activos de Costa Rica*. San José: Red Sismológica Nacional, Universidad de Costa Rica.
- Guyton, A. y Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiología Médica* (11ª ed). Madrid: Elsevier España.
- Hansell, A. (2004). Health Hazards from Volcanic Gases: A Systematic Literature Review. *Archives of Environmental Health*., 59(12), 628-639.
- López, A. (3 de abril de 2011). *Volcán Turrialba arrasa bosques*. Recuperado de http://www.aldia.cr/ad_ee/2011/abril/03/noticias-del-dia2732868.html
- Longo, B.M. (2013). Adverse Health Effects Associated with Increased Activity at Kilauea Volcano: A Repeated Population-Based Survey. *ISRN Public Health*, 2013, 1-10.
- Martini, F. (2009). *Proyecto: Efecto de las emisiones de gases volcánicos y acidificación del medio ambiente sobre la salud humana en las comunidades en los alrededores del Volcán Turrialba*. Heredia: OVSICORI-UNA.
- Martini, F., Van Der Laat, R., del Potro, R., Brenes, J., Duarte, E., Fernández, E., et al. (2008). Unrest of Turrialba volcano (Costa Rica) after 143 years of quiescence: Geophysical, Geochemical and Geodetical data during ten years of monitoring. En Sumario de las presentaciones orales del día Martes de la Asamblea General del IAVCEI "Understandig Volcanoes" (Comp.) (p. 14). Reykjavík, Islandia.
- Morales, R., y Liao, A. (1999) Amenazas volcánicas en Costa Rica: una estrategia de prevención. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 8(15), 37-56.
- Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, Asociación Caribeña de Agua y Aguas Residuales, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Organización de los Estados Americanos, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Oficina Regional para América Latina y el Caribe (2003). *Protejamos a nuestros niños; limpiemos el aire*. Recuperado de <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/handle/123456789/382>

- Pérez-Padilla, J.R., Regalado, J., Vedal, S., Paré, P., Chapela, R., Sansores, R., y Selman, M. (1996). Exposure to biomass smoke and chronic airway disease in Mexican women: A case-control study. *American Journal of Respiratory and Critical Medicine*, 154(3).
- Prieto, M.J., Mancilla, P., Astudillo, P., Reyes, A., Román, O. (2007). Exceso de morbilidad respiratoria en niños y adultos mayores en una comuna de Santiago con alta contaminación atmosférica por partículas. *Revista Médica de Chile*, 135(2), 221-228.
- Sierra, M.P. (2012). Las cenizas, gases volcánicos y la salud respiratoria. *Neumol Cir Torax*, 71(2), 132-138.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo brindado por el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), la Escuela de Tecnologías en Salud de la Facultad de Medicina de la Universidad de Costa Rica, M.Sc. Xinia Alvarado Zeledón y Licda. Ingrid Behm Ammazzini.

7. TABLAS, CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1

Magnitud del riesgo correspondiente a factores que interactúan con la exposición a gases volcánicos y la presencia de molestias en la garganta

| Factor de riesgo | Estratos | OR por estrato | IC por estrato | P por estrato | OR/IC cruda | OR _{MH} | IC | Valor de p |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|-----------|------------|
| <i>Edad</i> | Niños y adultos mayores | 1,93** | 1,05-3,56 | 0.023 | 1,60 (1,08-2,37) | 1,59 | 1,07-2,37 | 0.020 |
| | Adultos jóvenes y adultos maduros | 1,37 | 0,80-2,35 | 0.222 | | | | |
| <i>Sexo</i> | Femenino | 1,86** | 1,07-3,25 | 0.019 | | 1,61 | 1,08-2,40 | 0.018 |
| | Masculino | 1,37 | 0,75-2,48 | 0.271 | | | | |
| <i>Tipo de cocina</i> | Leña | 1,56 | 0,40-6,17 | 0.475 | | 1,59 | 1,06-2,39 | 0.025 |
| | Mixto | 2,07** | 1,23-3,51 | 0.004 | | | | |
| | Eléctrica | 0,88 | 0,38-2,00 | 0.738 | | | | |
| <i>Ocupación</i> | Al aire libre | 1,51 | 0,87-2,61 | 0.116 | | 1,45 | 0,93-2,26 | 0.110 |
| | Dentro de una edificación | 1,32 | 0,59-2,96 | 0.464 | | | | |
| <i>Ingresos mensuales</i> | Inferior a 240,000 colones | 1,32 | 0,73-2,39 | 0.332 | | 1,65 | 1,09-2,51 | 0.018 |
| | Mayor a 240,000 colones | 2,09** | 1,13-3,85 | 0.011 | | | | |
| <i>Hábito de fumado</i> | Sí | 1,82** | 0,21-18,16* | 0.537 | 1,79 | 1,19-2,71 | 0.005 | |
| | No | 1,79** | 1,17-2,73 | 0.004 | | | | |

*Corrección de Yates

(**) Indica un aumento en la OR estratificada en comparación con la OR cruda obtenida por medio de análisis simple.

Fuente: Elaboración propia, 2011.

Cuadro 2

Magnitud del riesgo correspondiente a factores que interactúan con la exposición a gases volcánicos y la presencia de molestias en la nariz

| Factor de riesgo | Estratos | OR por estrato | IC por estrato | P por estrato | OR/IC cruda | OR _{MH} | IC | Valor de p |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|-----------|------------|
| <i>Edad</i> | Niños y adultos mayores | 2,04** | 1,13-3,69 | 0.012 | 1,64 (1,10-2,45) | 1,65 | 1,11-2,47 | 0.012 |
| | Adultos jóvenes y adultos maduros | 1,37 | 0,79-2,40 | 0.234 | | | | |
| <i>Sexo</i> | Femenino | 1,83** | 1,05-3,19 | 0.024 | | 1,65 | 1,10-2,46 | 0.014 |
| | Masculino | 1,46 | 0,81-2,66 | 0.180 | | | | |
| <i>Tipo de cocina</i> | Leña | 2,13** | 0,55-8,53 | 0.220 | | 1,59 | 1,06-2,40 | 0.025 |
| | Mixto | 1,29 | 0,76-2,20 | 0.318 | | | | |
| | Eléctrica | 2,23** | 1,01-4,91 | 0.030 | | | | |
| <i>Ocupación</i> | Al aire libre | 1,47 | 0,84-2,59 | 0.152 | | 1,67 | 1,07-2,63 | 0.024 |
| | Dentro de una edificación | 2,12** | 0,97-4,62 | 0.039 | | | | |
| <i>Ingresos mensuales</i> | Inferior a 240,000 colones | 2,30** | 1,26-4,20 | 0.003 | | 1,82 | 1,20-2,77 | 0.004 |
| | Mayor a 240,000 colones | 1,44 | 0,78-2,64 | 0.212 | | | | |
| <i>Hábito de fumado</i> | Sí | 0,67 | 0,05-8,73* | 0.717 | 1,85 | 1,22-2,81 | 0.003 | |
| | No | 1,92** | 1,26-2,93 | 0.001 | | | | |

*Corrección de Yates

(**) Indica un aumento en la OR estratificada en comparación con la OR cruda obtenida por medio de análisis simple.

Fuente: Elaboración propia, 2011.