

# Impacto respiratorio de la exposición aguda a las cenizas volcánicas en la Patagonia Argentina: un estudio transversal

**Autores:** Zabert Ignacio<sup>#</sup>, Benítez Sergio\*, Zabert Gustavo E<sup>#</sup>

<sup>#</sup>Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

\*CEMER, Bariloche, Argentina

## Resumen

**Antecedentes:** Las personas expuestas a cenizas volcánicas presentan incremento de los síntomas respiratorios. La duración de la exposición, las características y concentración de la ceniza son determinantes en el impacto sobre la salud respiratoria.

**Objetivos:** Describir la prevalencia de sibilancias en el último año en la población adulta expuesta a la caída de ceniza volcánica en dos ciudades con diferente nivel de exposición. Secundariamente describir la prevalencia de síntomas oculares y respiratorios en esas poblaciones.

**Materiales y métodos:** Se realizó estudio de corte transversal cinco días después de la erupción del volcán Calbuco, en dos ciudades patagónicas con diferente nivel de exposición (alta y baja exposición). La prevalencia de sibilancias, síntomas respiratorios y oculares, se evaluaron mediante la encuesta telefónica por sistema interactivo de voz.

**Resultados:** La prevalencia de sibilancias fue similar en las ciudades de baja y alta exposición (30.2% vs. 31.0%; p: 0.82). Los síntomas respiratorios y los síntomas oculares fueron 32% y 57% respectivamente (p: NS).

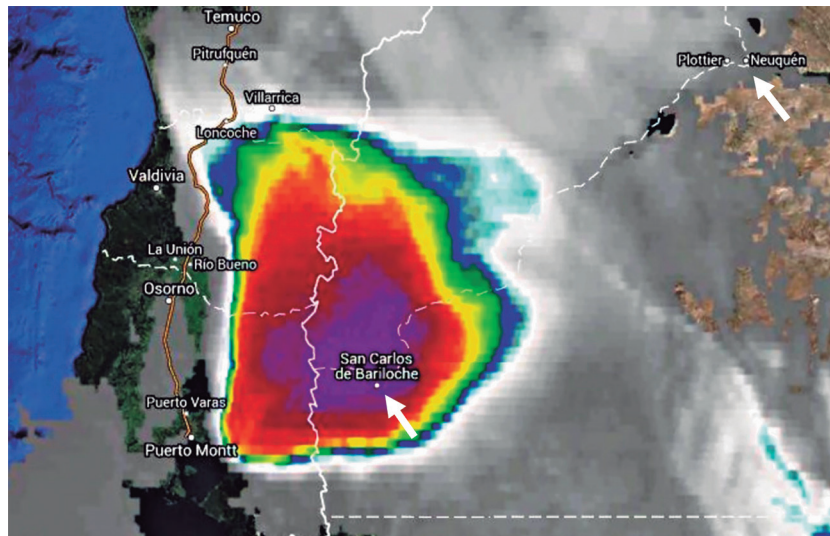
**Conclusión:** Luego de la erupción del volcán Calbuco, una alta proporción de la población expuesta reportó sibilancias, síntomas respiratorios y oculares. No se demostraron diferencias entre las ciudades analizadas. La prevalencia de sibilancias fue mayor en estas ciudades que la reportada a nivel nacional. Síntomas respiratorios, prevalencia de sibilancias en adultos mayor a lo reportado por a nivel nacional.

**Palabras clave:** Ceniza volcánica, Salud respiratoria, Síntomas asma

## Introducción

El 9% de la población humana mundial que reside cerca de volcanes activos conoce y acepta las consecuencias de las erupciones<sup>1</sup>. Las cenizas emitida en los eventos eruptivos volcánicos pueden comprometer a una mayor población que la que habita en las cercanías dada la natural dispersión y cíclica suspensión del material volcánico por efecto el viento y por la propia actividad humana<sup>2</sup>. Por lo tanto, conocer los potenciales efectos perjudiciales sobre la salud derivados de la actividad volcánica es muy importante para la definir acciones y estrategias para enfrentar los problemas sanitarios ocasionados por los volcanes en la población expuesta. A nivel mundial, Indonesia registra el mayor número de muertes relacionadas con erupciones históricas (~61%), y el tercer lugar (~9.5%) pertenece a Sudamérica<sup>3</sup>. La cordillera de los Andes contiene 66 de los 550 volcanes activos del mundo, ocupando el tercer lugar en frecuencia de volcanes que se registran erupciones al menos una vez en la historia, después

de Indonesia y Japón. Recientemente se produjeron dos eventos volcánicos en la región de la Patagonia chilena, Puyehue-Cordón Caulle (2011) y Calbuco (2015). En ambas, la dispersión de la ceniza afectó a la misma zona de la Patagonia argentina (**Figura 1**), ocasionando problemas socio-económicos y sobre la salud de la población<sup>4, 5</sup>.



**Figura 1.** Fotografía satelital de la erupción del volcán Calbuco, se observan las dos ciudades encuestadas (flechas): San Carlos de Bariloche y Neuquén. Fuente Servicio Nacional de Geología y Minería, Ministerio de Minería, Chile ([www.sernageomin.cl/](http://www.sernageomin.cl/)).

La exposición aguda a cenizas volcánicas en suspensión causa síntomas oculares y respiratorios debido principalmente a la respuesta inflamatoria a las partículas inorgánicas<sup>6, 7</sup>. Estudios previos de otros eventos eruptivos, han reportado una mayor tasa de síntomas respiratorios y exacerbaciones de enfermedades respiratorias crónicas en población adulta expuesta a estas cenizas. Esto mismo fue reportado en el caso de Bariloche para la erupción del cordón Puyehue-Caulle en 2011<sup>8-10</sup>.

En 2013, a dos años de la erupción del cordón Puyehue-Caulle, nuestro grupo, utilizando metodología ISAAC<sup>11</sup> reportó una prevalencia de síntomas vinculados a asma del 14% en niños escolarizados de 13 y 14 años expuestos a ceniza volcánica de la ciudad de Bariloche. Esta cifra superaba los valores históricos conocidos para estos síntomas en esta ciudad<sup>12</sup>. Sin embargo, los resultados de la función pulmonar medidos por espirometría no se hallaron afectados en esta población. Esto mismo fue reportado por *Benitez et al* en la población de adultos afectados por el mismo volcán<sup>10</sup>. La erupción del volcán Calbuco brindó una oportunidad única para describir el impacto a corto plazo sobre la prevalencia de síntomas entre dos poblaciones con diferentes niveles de exposición aguda a cenizas.

El objetivo primario de este estudio es explorar la prevalencia de sibilancias al quinto día de la erupción en la población adulta de dos ciudades con diferentes niveles de exposición a ceniza volcánica. Secundariamente evaluar la prevalencia de síntomas respiratorios generales y oculares en esas poblaciones.

## Materiales y métodos

Se desarrolló un estudio transversal de base poblacional, cinco días después de la erupción del volcán Calbuco (30 de abril 2015), comparativo entre dos ciudades de la región noroeste de la Patagonia argentina. Dado que la medición de la calidad del aire hasta el momento de la publicación no estaba disponible, el nivel de exposición se determinó acorde a la distancia de cada ciudad al volcán Calbuco (41.3304° S, 72.6087° O). La ciudad de San Carlos de Bariloche (41.1335° S, 71.3103° O) se ubica a 70

km del foco y la acumulación de cenizas fue evidente y visible por lo que se definió como un ambiente de alta exposición. En contraste la ciudad de Neuquén situada a 500 km de la erupción (38.9517° S, 68.0592° O) presentó una caída de cenizas débil, y fue calificada como de baja exposición (**Figura 1**).

Los sujetos fueron reclutados a través de aleatorización simple, usando una base de datos de teléfonos fijos (no móviles) del área urbana de ambas ciudades. Se aplicó cuestionario de 19 preguntas estructuradas a cada sujeto que contestó la llamada por medio del sistema interactivo de voz (IVR-*Interactive Voice Response*). Se emplearon preguntas del Estudio Internacional sobre Asma y Alergias en la Infancia (ISAAC) previamente validadas y reportadas<sup>12</sup>. El protocolo consideró como sujetos elegibles mayores de 18 años, capaces de responder al sistema de IVR e imposibilitó una segunda llamada por número de teléfono. Se definió “caso completo” como aquel sujeto que completó el cuestionario; los casos incompletos no fueron contemplados para este análisis. Además, el sistema concluyó automáticamente luego de alcanzar el tamaño de la muestra.

La variable principal evaluada fue presencia de sibilancia o silbido en el pecho en últimos 12 meses. Las variables secundarias exploraron: a) síntomas respiratorios globales (sibilancias torácicas, tos o flemas), b) oculares (dolor ocular o lagrimeo), c) percepción de riesgos de salud asociados con el evento volcánico (consulta médica por los síntomas, información respecto a la ceniza, toma de medidas preventivas, consecuencias de la exposición en la salud y salud respiratoria) y d) percepción del grado exposición a cenizas. Se evaluaron datos demográficos: género, edad, nivel escolar alcanzado, Cobertura en salud, percepción del estado actual de la salud del entrevistado (Muy buena, Buena, Mala, Muy Mala o No sabe) y Tabaquismo Activo (¿Fuma Ud. actualmente?). Estas últimas preguntas fueron diseñadas basándose en cuestionarios previos utilizados en estudio piloto.

El tamaño muestral se realizó en base a informes previos prevalencia de sibilancias en el último año en población expuesta comparado a prevalencia en población general no expuesta (26% vs. 10.2%, respectivamente), se calculó 210 sujetos en cada grupo<sup>13</sup>. Se aplicó test dos-colas, con una potencia del 80% y nivel de significación del 95%.

El análisis se realizó mediante paquete estadístico STATA® (Texas, EEUU), aplicándose proporciones para caracterizar a la población y describir la prevalencia de sibilancias, síntomas respiratorios globales, oculares y demás resultados secundarios. Chi cuadrado, la prueba T y la prueba de Wilcoxon se usaron según la distribución y los objetivos. Los resultados se informaron con intervalos de confianza del 95% y valor de p se consideró significativo por debajo de 0.05, en análisis a dos-colas.

*Aprobación ética:* Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Zonal Ramón Carrillo de la ciudad de Bariloche

## Resultados

Se marcaron 2500 números de teléfono para obtener 819 (32.7%) encuestas completas, se encuestaron 420 sujetos de la ciudad de Neuquén y 399 de la ciudad de Bariloche. La edad media de la muestra general fue de  $48.8 \pm 17.7$  años, la población de Bariloche resulto ligeramente mayor que en Neuquén. El género femenino fue más frecuente (67.8%) y el consumo de cigarrillos activos fue similar a la prevalencia general de la población argentina (23.3%). Los otros datos demográficos se muestran en la **Tabla 1**.

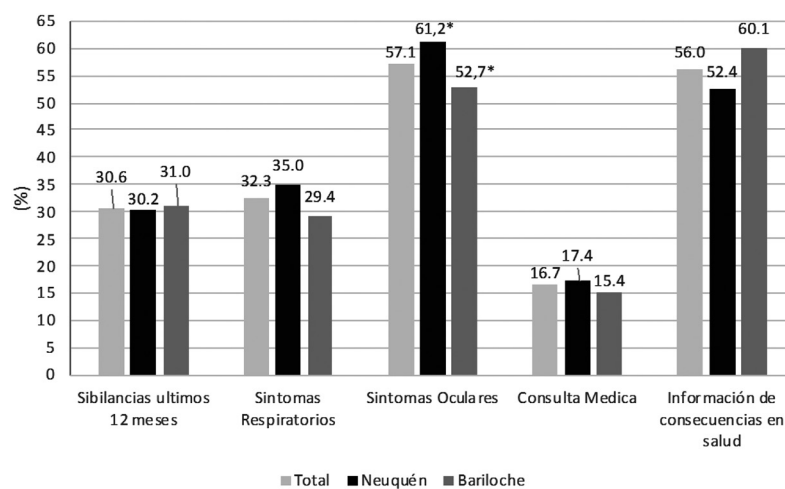
La prevalencia de sibilancias en los últimos 12 meses resulto de 30,6% en la población; sin diferencias estadísticamente significativas entre la ciudad de Neuquén y Bariloche, 30.2% vs. 31.0% respectivamente. Como se muestra en la **Figura 2**, se observaron altas prevalencias en las variables de síntomas respiratorios y oculares post-eruptivos; también la búsqueda de información por parte de la población respecto a consecuencias en salud de la ceniza volcánica resulto con prevalencia elevadas.

El auto reporte de exposición a ceniza volcánica fue elevado en ambas ciudades; aun así, la población de Bariloche tuvo mayor prevalencia en percibir la suspensión aérea de ceniza y uso de medidas preventivas comparado a lo descrito por la ciudad de Neuquén. Otras variables de autopercepción sobre exposición y síntomas en las poblaciones encuestadas se detallan en la **Tabla 2**.

**TABLA 1.** Información demográfica estratificada por ciudad

	Total (n: 819) n (%)	Neuquén (n: 420) % (IC95)	Bariloche (n: 399) % (IC95)
Edad media ( $\pm$ SD)	48.7 ( $\pm$ 17.7)	47.1 ( $\pm$ 17.4)*	50.5 ( $\pm$ 17.8)*
Genero			
Masculino	252 (32.1)	31.5 (27.1-36.2)	32.7 (28.1-37.6)
Femenino	533 (67.9)	68.5 (63.7-72.8)	67.2 (62.3-71.8)
Nivel Escolar			
Primaria	84 (10.39)	7.3 (5.1-10.3) <sup>λ</sup>	12.5 (9.5-15.2) <sup>λ</sup>
Secundaria	322 (39.7)	39.4 (34.3-43.9)	40.7 (35.8-45.7)
Terciaria/Universitaria	405 (50.0)	53.6 (48.7-58.5) <sup>§</sup>	46.8 (41.8-51.9) <sup>§</sup>
Cobertura Salud			
Mutual	389 (47.6)	57.6 (52.8-62.3) <sup>λ</sup>	37.0 (32.4-41.9) <sup>λ</sup>
Privado	158 (19.3)	13.3 (10.4-16.9) <sup>§</sup>	25.7 (21.6-30.2) <sup>§</sup>
Jubilación	132 (16.2)	12.1 (9.3-15.6) <sup>λ</sup>	20.4 (16.7-24.6) <sup>λ</sup>
Sin cobertura	138 (16.9)	16.9 (13.6-20.8)	16.9 (13.4-20.9)
Percepción de Nivel Salud			
No se	40 (4.9)	4.0 (2.4-6.4)	5.8 (3.0-7.5)
Muy buena	243 (29.7)	31.4 (27.3-36.4)	27.9 (23.9-33.0)
Buena	459 (56.1)	56.7 (52.2-62.0)	55.5 (50.8-60.8)
Mala	63 (7.7)	6.9 (4.1-8.9)	8.5 (6.3-12.1)
Muy mala	13 (1.6)	0.9 (0.4-2.6)	2.3 (1.2-37.4)
Tabaquismo activo			
Sí	189 (23.3)	22.4 (18.5-26.8)	25.0 (20.9-29.6)
No	621 (76.7)	77.6 (73.2-81.4)	75.0 (70.4-79.1)

IC95: Intervalo Confianza 95%.  $\lambda$ :  $p \leq .05$  §:  $p < .01$  \* $p < .001$ .



\* $p < 0.05$

**Figura 2.** Síntomas respiratorios y oculares, consulta médica e información de consecuencias en salud; estratificado por ciudad.

**TABLA 2.** Información descriptiva del cuestionario de percepción de riesgo de enfermedad respiratoria, estratificado por ciudad

	Total (n: 819) n (%)	Neuquén (n: 420) % (IC95)	Bariloche (n: 399) % (IC95)	p
Exposición a ceniza	686 (84.1)	86.5 (82.8-89.5)	81.8 (77.6-85.3)	0.09
Suspensión aérea de ceniza.	704 (86.1)	83.8 (79.6-86.9)	88.5 (82.1-93.6)	0.05
Consecuencias en la Salud	688 (84.1)	85.3 (81.2-88.2)	84.3 (80.4-87.6)	0.89
Período que lleva a la ceniza afectar al pulmón				
Corto tiempo	173 (21.1)	22.4 (18.6-26.8)	20.2 (16.5-24.5)	0.38
Mediano tiempo	359 (43.8)	46.6 (41.8-51.5)	40.5 (35.7-45.5)	0.29
Largo tiempo	254 (31.0)	27.7 (23.5-32.2)	34.6 (30.0-39.5)	0.95
No lo afecta	33 (4.0)	3.2 (1.9-5.5)	4.6 (2.9-7.2)	0.60
Consecuencias en Salud Respiratoria	210 (26.4)	29.9 (25.6-34.6)	23.1 (19.1-27.5)	0.06
Uso de medidas preventivas	544 (66.6)	59.1 (54.2-63.8)	75.1 (70.6-79.1)	< 0.01

Respuestas afirmativas de las preguntas realizadas. IC95: Intervalo de Confianza 95%. Se utilizó Pearson's chi square.

## Discusión

Este estudio fue la primera investigación que explora el impacto sanitario y social de la erupción del volcán Calbuco, la importancia de este resultado fue reconocer la prevalencia de síntomas y la percepción del riesgo de salud por la población durante la exposición aguda a cenizas volcánicas. Localmente, la información del impacto en salud luego de cada erupción volcánica es limitada; todos los datos reportados fueron posteriores a la erupción del Cordón Puyehue-Caulle en 2011<sup>10, 11</sup>. El resultado principal que observamos fue, en el total de la muestra estudiada, la alta prevalencia de sibilancias en últimos 12 meses, sin diferencia estadística entre las dos ciudades; similar a lo reportado por *Carlsen et al* que demostró en estudio poblacional una prevalencia de 43% síntomas respiratorios en población expuesta a cenizas volcánicas Eyjafjallajökull, sin correlación con la función pulmonar<sup>14</sup>. Una semana previa al desarrollo de nuestro estudio, se llevó a cabo la encuesta nacional de prevalencia de asma en población adulta de Argentina, que reportó una prevalencia 13.9% sibilancias en últimos 12 meses; utilizó similar tecnología y variable primaria<sup>15</sup>. Al compararse los resultados de ambos estudios, se evidencia una significativa diferencia de prevalencias de sibilancias en el último año entre zonas expuestas y no afectadas, este contraste podría explicarse por la exposición a ceniza volcánica.

Las prevalencias halladas de síntomas respiratorios y oculares posteruptivos fueron altas, al igual que la percepción de exposición, suspensión aérea y percepción de riesgo de salud. A pesar de esto, resulta interesante observar que la consulta médica por estos síntomas en ambas ciudades fue baja. Estas variables exploradas deben ser tomadas con cautela, reconociendo que todas de ellas tienen algún nivel de sesgo determinado por la exposición; consideramos que ellas pueden ser facilitadoras para decisiones sanitarias en las zonas afectadas.

En la ciudad de Bariloche se tomaron mayores de medidas preventivas y reportaron mayor búsqueda de información sobre consecuencias en salud de la ceniza volcánica respecto de la ciudad de Neuquén, estos resultados podrían influenciar los resultados obtenidos de la variable primaria. La menor prevalencia de síntomas oculares en Bariloche respecto de Neuquén podría tener que ver con la aplicación de estas medidas preventivas tanto respecto de utilización de técnicas de barrera cuando la exposición

era inevitable, así como una menor exposición cuando esta podía evitarse. De este modo la difusión de medidas preventivas consideramos de vital importancia para evitar la sintomatología asociada.

Nuestro estudio tiene limitaciones, su diseño fue factible en el marco de un evento ambiental abrupto y no permite obtener conclusiones de causalidad entre la exposición y enfermedad. El efecto “Healthy worker bias” podría influenciar nuestro resultado, frente a estos eventos los sujetos con padecimientos crónicos que potencialmente podrían ser afectados toman medidas extraordinarias y evitan la exposición. Por otro lado, la ausencia de información de la concentración aérea de partículas en cada localidad, causa un importante vacío en la interpretación de los resultados de síntomas reportados. Esto se explica por el déficit de medidores de calidad de aire ambiental de organismos gubernamentales; aun así existiendo esta aparatología en ambas ciudades, la solicitud de datos fue y es hasta hoy dificultosa<sup>16, 17</sup>. Consideramos que disponer de esta información es de vital importancia y estaciones de análisis del aire permanentes son necesarias. Este tipo de mediciones son habituales en otras ciudades potencialmente expuestas a estos eventos<sup>7, 18</sup>.

Este estudio fue diseñado y desarrollado durante la caída de cenizas, periodo de exposición aguda, no logrando obtener apoyo económico apropiado para diseñar estudio más adecuado. Como virtudes de estos resultados, tienen una validación externa aceptable a nivel poblacional; la prevalencia del tabaco reportada fue similar a la de la población argentina<sup>19</sup>. Entendemos que los resultados podrían haber sido sobreestimados y limitados para determinar si la ceniza volcánica como factor de riesgo para la exacerbación de la enfermedad respiratoria crónica. Sin embargo y afortunadamente, estos datos mostraron que la población expuesta estaba bien informada y tomaron medidas preventivas para evitar problemas de salud. Esta diferencia podría justificar la ausencia de discrepancia en síntomas respiratorios entre las poblaciones.

Es necesaria una mejor comprensión de los efectos respiratorios que acontecieron luego de la erupción del volcán Calbuco. Por esa razón, alentamos a aumentar la investigación científica de la salud después de estos eventos que contribuya a establecer la interacción entre las partículas volcánicas y los seres humanos.

**Reconocimiento:** Este trabajo fue apoyado por la Universidad Nacional del Comahue, proyecto n° PIN: n24/04

**Conflictos de interés:** los autores no declaran tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Small C, Naumann T. The global distribution of human population and recent volcanism. *Glob Environ Chang Part B Environ Hazards*. 2001; 3(3-4): 93-109.
2. Horwell CJ, Baxter PJ. The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bull Volcanol*. 2006; 69 (1): 1-24.
3. Tilling RI. Volcanism and associated hazards: the Andean perspective. *Adv Geosci*. 2009; 22: 125-37.
4. Wilson T, Stewart C, Bickerton H, Baxter P, Outes V, Villarosa G, et al. Impacts of the June 2011 Puyehue-Cordón Caulle volcanic complex eruption on urban infrastructure, agriculture and public health. *GNS Science Report*. 2013.
5. Pons MJ, Impiccini A, Pettinari G, Gonzalez PD, Baschini M, Ruedas M, et al. [Pyroclastic ejections of Calbuco volcano falls in the Northern Patagonia, Argentina]. 3rd Symposium Igneous Petrology and Associated metallogenesis. 2015. p. 127-8.
6. Buist AS, Bernstein RS, Johnson LR, Vollmer WM. Evaluation of physical health effects due to volcanic hazards: human studies. *Am J Public Health*. 1986; 76 (March): 66-75.
7. Buist A, Martin T, Shore J, Butler J, Lybarger J. The development of a multidisciplinary plan for evaluation of the long-term health effects of the Mount St. Helens eruptions. *Am J Public Health*. 1986; 76 (Suppl. 3): 39-44.
8. Forbes L, Jarvis D, Potts J, Baxter PJ. Volcanic ash and respiratory symptoms in children on the island of Montserrat, British West Indies. 2003; 207-12.
9. Gudmundsson G. Respiratory health effects of volcanic ash with special reference to Iceland. A review. *Clin Respir J*. 2011; 5: 2-9.
10. Benítez S, Sobrino E, Calandrelli M, Gutiérrez L, Irazola VE, Rubinstein AL. Effects of Volcanic Ash on Lung Function in a Cohort of People over 45 Years of Age in Bariloche (Argentina). *Rev Am Med Respir*. 2014; (4): 411-6.
11. Asher M, Keil U, Anderson H, Beasley R, Crane J, Martinez F, et al. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC): rationale and methods. *Eur Respir J*. 1995; 8(3): 483-91.

12. Zabert I, Benítez S, Zabert GE. Asthma Prevalence among Children Exposed to Volcanic Ashes. *Rev Am Med Respir.* 2015; (4): 269-76.
13. Mallol J, Solé D, Baeza-Bacab M, Aguirre-Camposano V, Soto-Quiros M, Baena-Cagnani C. Regional variation in asthma symptom prevalence in Latin American children. *J Asthma.* 2010; 47 (6): 644-50.
14. Carlsen HK, Gislason T, Benediktsdottir B, Kolbeinsson TB, Hauksdottir A, Thorsteinsson T, et al. A survey of early health effects of the Eyjafjallajökull 2010 eruption in Iceland: a population-based study. *BMJ Open.* 2012; 2: 343.
15. Arias SJ, Neffen H, Bossio J, Calabrese C, Videla A, Armando G, et al. Prevalence and Features of Asthma in Young Adults in Urban Areas of Argentina. *Arch Bronconeumol.* 2018; 54: 134-9.
16. Buist AS, Johnson LR, Vollmer WM, Sexton GJ, Kanarek PH. Acute Effects of Volcanic Ash from Mount Saint Helens of Lung Function in Children. *Am Rev Respir Dis.* 1983; (127): 714-9.
17. Buist AS, Bernstein RS. Health Effects of Volcanoes: An Approach to Evaluating the Health Effects of an Environmental Hazard. *AJPH.* 1986; 76: 1-2.
18. Fisher JA, Puett RC, Hart JE, Camargo CA, Varraso R, Yanosky JD, et al. Particulate matter exposures and adult-onset asthma and COPD in the Nurses' Health Study. *Eur Respir J.* 2016; 94: ERJ-00845-2015.
19. Konfino J, Ondarsuhu D, Goldberg L, Linetzky B, Caixeta R, Ferrante D. Global Adult Tobacco Survey, 2012: Results of the First Implementation in Argentina. *Rev Argent Salud Publica.* 2013; 4 (16): 6-15.