



PAPEL DEL HIERRO Y LA ABRASIVIDAD DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS EN LA SALUD RESPIRATORIA. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

Claudio VAAMONDE^{1, 2}, Ricardo NIEVAS², Diego FRIDMAN³, Eugenio ARAGÓN⁴,
Pablo Diego GONZÁLEZ⁵, Claudia CAVAROZZI⁴, José Eduardo STEVENAZZI²,
Sindy PÉREZ², Roberto BARROS⁶, Cynthia MIODOWNIK²

¹Hospital Británico de Buenos Aires. Perdriel 74 - CP 1280AEB - Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Licenciatura en Geología- Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, calle 60 y 122, C.P. 1900. La Plata, Buenos Aires. Enviar correo a: cvaamonde@intramed.net

²Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina. Gestión de Riesgos de Desastres. Sede Central Rosario 532 C1424 CCL. rnivas@iupfa.edu.ar; stevenazzi.iupfa@gmail.com; abogmiodownik@gmail.com; sindybtperez@gmail.com

³Stamboulia Servicios de Salud, Buenos Aires. dfridman@stamboulia.com.ar

⁴Centro de Investigaciones Geológicas Centro de Investigaciones Geológicas, Diag. 113 N°275, B1900. La Plata, Buenos Aires, Argentina. UNLP- FCNyM Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, calle 60 y 122, C.P. 1900. La Plata, Buenos Aires. earagon@cig.museo.unlp.edu.ar; cavarozzi@cig.museo.unlp.edu.ar

⁵Instituto de Investigaciones en Paleobiología y Geología. Universidad Nacional de Río Negro - CONICET Av. J. A. Roca 1242. R 8332 EXZ. General Roca (Río Negro), Argentina. pdgonzalez@unrn.edu.ar

⁶ProRED Asesoría y Capacitación, Gestión Integral de Riesgos. San Martín de los Andes, (Neuquén), Argentina. gestionderiesgosma@gmail.com

RESUMEN

Este proyecto busca estudiar el mecanismo y el alcance real por el cual aparecen, después de una erupción y emisión de cenizas volcánicas recientes, patologías respiratorias en las poblaciones afectadas. Específicamente, nos centraremos en aquella población que habita la zona de Gral. Roca y que presenta síntomas de neumonía.

En primer lugar estudiaremos la peligrosidad geológica de las cenizas volcánicas de dos volcanes chilenos como son el Caulle (Puyehue-Cordón Caulle) y el Calbuco. Estudiaremos la composición química, mineralógica, granulométrica, morfológica (abrasividad) de las cenizas emitidas en el año 2011 y 2015 por los aparatos volcánicos que afectaron a las inmediaciones de la localidad de General Roca, Pcia de Río Negro, Argentina.

En segundo lugar, estudiaremos el crecimiento de colonias bacterianas en medios de cultivos específicos, con ceniza volcánica, de forma tal de poder analizar la influencia del hierro y de la Lactoferrina en el tamaño de las colonias. Se comparará además, las texturas de las cenizas volcánicas a fin de determinar la abrasividad de las mismas y su potencial efecto negativo en la salud respiratoria.

Por último, analizaremos la incidencia de la Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC) en la población de General Roca luego de la erupción del 2015, específicamente en la población etaria mayor de 18 años y en aquella que se considera de alto riesgo como es la mayor de 65 años.

Nuestro estudio es un aporte, desde la perspectiva de la geología y la gestión de riesgos de desastres, a la prevención de las sociedades vulnerables.

Palabras clave: Sistema Respiratorio, Cenizas Volcánicas, Gestión de Riesgo. .

ABSTRACT

Iron paper and the Abrasiveness of Volcanic ash in Respiratory health. Disaster risk Management Research Project. This project seeks to study the mechanism and the actual extent to which, after a recent eruption and emission of volcanic ash, respiratory pathologies appear in affected populations. Specifically, we will focus on the population that lives in the Gral. Roca area and has symptoms of pneumonia.

In the first time, we will study the geological hazards of volcanic ash from two Chilean volcanoes, such as Caulle (Puyehue-Cordón Caulle) and Calbuco. We will study the chemical composition, mineralogical, granulometric,

morphological (abrasivity) of the ashes emitted in 2011 and 2015 by the volcanic apparatuses that affected the vicinity of the locality of General Roca, Pcia of Rio Negro, Argentina.

Second, we will study the growth of bacterial colonies in specific culture media, with volcanic ash, in order to be able to analyze the influence of iron and Lactoferrin on the size of the colonies. The volcanic ash textures will also be compared in order to determine the abrasiveness of the volcanic ash and its potential negative effect on respiratory health.

Finally, we will analyze the incidence of Community Acquired Pneumonia (NAC) in the population of General Roca after the eruption of 2015, specifically in the population aged over 18 years and in that which is considered high risk as is the Over 65 years old.

Our study is a contribution, from the perspective of geology, and disaster risk management, to the prevention of vulnerable societies.

Keywords: volcanic ash, innate immunity, risk management. .

INTRODUCCIÓN

La ceniza volcánica es un agente polucional constituido por una mezcla heterogénea de fragmentos, menores a 2 mm, de roca pulverizada. Se genera durante erupciones volcánicas explosivas cuando la pluma del volcán alcanza grandes distancias impulsada por la actividad del viento predominante del oeste (Caselli et al. 2011).

Está compuesta por partículas de vidrio volcánico, que es la propia lava enfriada en forma muy rápida, casi instantánea, y por minerales que ya estaban formados en la lava antes de la erupción volcánica.

Durante la erupción, la lava transformada en vidrio se fragmenta, se "astilla" de la misma forma que lo hace el vidrio de una ventana, o un espejo cuando se rompe, adoptando formas angulosas muy puntiagudas, algunas con formas de estrellas, otras con formas de agujas (González et al. 2015a; González et al. 2015b). Es por esta morfología puntiaguda de las partículas de ceniza que si se las aspira, pueden impactarse en la nariz, garganta, ojos, causando irritación (Caselli et al. 2011). Los asmáticos y personas con problemas respiratorios preexistentes pueden experimentar reacciones a menores concentraciones de cenizas inhaladas que otros (Caselli et al. 2011; Stambouljan, 2012).

Cuando ese material particulado presenta un tamaño comprendido entre 2.5 y 10 micras, se adentran en el pulmón y se asocian con padecimientos respiratorios como neumonías y exacerbación de otras patologías preexistentes, como por ejemplo, asma bronquial y/o patologías cardiovasculares (Horwell y Baxter, 2006; Zabort et al. 2009; Caselli et al. 2011; Montenegro y Azzinari, 2011; Stambouljan, 2012).

El sistema respiratorio cuenta, como primera línea de defensa, con la lactoferrina, una glicoproteína sintetizada por la propia mucosa del aparato respiratorio (Baker y Baker, 2005; Pruiomboom et al. 2017).

La lactoferrina es una potente proteína de alta afinidad por el hierro. Un efector humoral no específico, que cumple un papel estratégico en los mecanismos innatos de protección del huésped. Es capaz de secuestrar el hierro de ciertos patógenos inhibiendo su crecimiento. Tiene una acción bactericida y bacteriostática en las bacte-

rias. (Baker y Baker, 2005; Drago et al. 2006; Actor et al. 2009). Es encontrada principalmente en la leche (Baker y Baker; 2005; Pruiomboom et al. 2017). Por su capacidad de unir Fe^{3+} reversiblemente, la Lf puede existir como holo Lf (asociada a Fe^{3+}) o apo Lf (libre de Fe) (Drago Serrano, 2006; González Chávez et al. 2009; Pruiomboom et al. 2017).

De los diferentes patógenos, frecuentes en Argentina, informados en varios estudios son el *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* y dentro de las neumonías adquiridas graves la *Pseudomonas aeruginosa* (Drago Serrano, 2006; Bantar et al. 2010; Lopardo et al. 2015).

El tamaño menor a 10 micras, identifica a las partículas que pueden llegar suspendidas en el volumen inspirado hasta los pulmones, las mayores quedan depositadas en el exterior del organismo se filtran en las fosas nasales o se adhieren a las vías respiratorias alta al impactar por inercia. Si bien el mecanismo de depósito en los pulmones es complejo debemos recordar que constituye la mayor superficie de intercambio con el medioambiente ($70 m^2$ de superficie alveolar) y con volúmenes de intercambio muy elevados (entre 6.000 y 10.000 litros de aire por día), de manera que no se debe menospreciar la potencialidad de consecuencias ante la exposición a polutantes (Zabort y Bergna, 2009).

La vía aérea inferior normal no es estéril sino que se encuentra colonizada por una flora que consiste en un gran número de organismos que interactúan entre sí y con el huésped de manera muy compleja (Craven y Everard, 2013). Los microorganismos ganan acceso al árbol respiratorio inferior mediante aspiración de secreciones orofaríngeas y flora bacteriana asociada, inhalación de aerosoles contaminados y diseminación hemática.

Las bacterias cuentan con un sistema de transporte especializado para el hierro, para su incorporación al citoplasma celular, que es mediado por un receptor específico de membrana. (Crosa, 1989).

El hierro es una sustancia nutritiva, vital para la bacteria, un regulador global de funciones celulares. Un sustituto específico para el crecimiento, desarrollo del biofilm y su proliferación. (Videla 2002; Taracido 2009).

En junio del 2011 hizo erupción el Volcán Cautle del

Complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle (PC-Caulle) y en abril del 2015 el volcán Calbuco. Ambas plumas volcánicas atravesaron la República Argentina, dejando a docenas de localidades bajo los depósitos piroclásticos y afectando la vida de la población. La localidad de General Roca (Río Negro, República Argentina) fue una de las afectadas por ambas erupciones explosivas. (González et al. 2015a; González et al. 2015b).

En términos químicos, las cenizas del Volcán Calbuco contienen más hierro que las cenizas del cordón Caulle. Las cenizas caídas en la Ciudad de General Roca, del volcán Calbuco (del 23 de abril 2015) son de color castaño grisácea, de tamaño de grano muy fino, con formas blocosas. A grandes rasgos si se la compara con la ceniza volcánica del PC-Caulle (4 de junio 2011) predominan las formas puntiagudas, (Dagaet al. 2011; González et al. 2015a, González et al. 2015b). Es posible interpretar que presenta una textura más abrasiva para el Sistema Respiratorio.

En términos prácticos estas diferencias en los niveles de hierro (Fe) están dadas por ser la del Calbuco de composición andesítica y la del PC-Caulle riolítica. (Daga et al. 2011; González et al. 2015a, González et al. 2015b, Botto et al. 2015).

Asimismo las cenizas después de emitidas comienzan su propia ruta de degradación física y química, al estar expuestas a la intemperie sobrevolando por el tránsito vehicular. Por este intemperismo se producen aún más cantidades de iones de hierro expuestos (Flórey Parra, 2010). El viento cumple un rol fundamental en la removilización de esas cenizas depositadas en las calles de las ciudades, que continuarán el movimiento durante año. (Horwell y Baxter, 2006; Caselli et al. 2011).

Estas nuevas acumulaciones asociadas a la extensa removilización de las cenizas por la actividad humana y los fuertes vientos del oeste que prevalecen en la región afectada, mantienen expuesta a la población a altos niveles de material volcánico respirable.

La Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC) es la infección respiratoria bacteriana aguda que compromete el parénquima pulmonar y es ocasionada por microorganismos adquiridos fuera del ambiente hospitalario, correspondiendo a un proceso incubado en el ambiente comunitario (Lopardo et al. 2013; Lopardo et al. 2015).

En la localidad de General Roca se registró una incidencia global neumonías agudas de 8,4 (IC 95% 2,4-14,4) casos por 1.000 habitantes para mayores de 18 años y de 34 (IC 95% 15,5-52,5) casos por 1000 habitantes >65 años de edad, con una mortalidad del 17,31% en ese grupo etario de mayor riesgo. Diagnosticada por radiografía de tórax por infiltrado lobar o segmentario, con o sin derrame pleural. (Lopardo et al. 2013; Lopardo et al. 2015). Esta incidencia corresponde al período de enero de 2012 y agosto de 2013, que es posterior a la erupción del Volcán chileno Caulle, en 2011.

La población aledaña a volcanes activos, puede ser particularmente vulnerable a ciertas bacterias que no

fueron abatidas por la lactoferrina, en una primera instancia.

El hecho por el cual las partículas de cenizas tengan “tamaños respirables”, que se adentren en los alveolos respiratorios, resultaría nocivo para la salud. En consecuencia, si a esto, se le agrega la presencia de un alto contenido de Fe, en las mismas, sería el responsable de la menor actividad de la lactoferrina frente a la agresión microbiana causando una mayor sensibilización bacteriana. La presencia de hierro, provocaría un efecto inhibitorio directo en la lactoferrina presente en el tracto respiratorio, por este mayor aporte de sustrato para su desarrollo. Esto daría como resultado un mayor número de casos de pacientes con afecciones respiratorias. Esto correspondería a algunos de nuestros cuestionamientos planteados en el proyecto.

A partir de lo dicho, afirmamos que las cenizas volcánicas con hierro o sin él, con tamaño de grano respirable (2.5 y 10 micras) y/o textura abrasiva aumentarían la incidencia de neumonías bacterianas agudas en la población de General Roca luego de la erupción del 2015. Sobre todo en la población etaria mayor de 18 años y en la de alto riesgo (mayor de los 65 años).

METODOLOGÍA Y RESULTADOS ESPERADOS

Nuestro período de estudio abarca desde 2011 a la actualidad. Se evaluará y comparará las muestras de cenizas de erupciones recientes (Vn Calbuco 2015 y Complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle 2011). Muestras recolectadas, bajo condiciones estrictas, en la localidad de General Roca, Provincia de Río Negro.

Se identificarán y cuantificarán su contenido químico de elementos, óxidos de Fe, tamaños de partículas, caracterización del material particulado y su análisis textural (grado de redondeamiento de la partícula y potencial grado de abrasividad), subfracciones granulométricas e identificando y cuantificando los tamaños respirables. Se nombran algunas de las técnicas analíticas que serán utilizadas son microsonda (EDS) y microscopio electrónico (SEM: Scanning Electron Microscopy). Junto con las técnicas de Superficie Específica, Difracción de Rayos X, Espectroscopía de Absorción Atómica, Sedigrafía, Volumetría Redox.

Se analizarán diversos cultivos en medios adecuados para *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, bajo diferentes variables como concentración de hierro, según ceniza volcánica involucrada y presencia o ausencia de lactoferrina. Se evaluará el crecimiento y tamaño de las colonias bacterianas. El desarrollo de su biofilms, en superficies duras con óxidos de hierro como titanomagnetita y hematita, contenidos en las cenizas volcánicas.

CONCLUSIONES

La Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC) es una infección respiratoria aguda que compromete al pa-

rénquima pulmonar yes ocasionada por microorganismos adquiridos en el ambiente comunitario. Se ha observado, en la localidad de General Roca, Pcia. de Río Negro, Argentina, en un estudio de vigilancia epidemiológica, una alta incidencia de NAC, en pacientes mayores de 18 años y en aquellos de alto riesgo, mayores de 65 años. El período observacional fue desde enero del 2012 y agosto del 2013. Temporalmente es posterior a la erupción del Volcán chileno Caulle, ocurrida en el 2011.

Estudiar el mecanismo y el alcance real por el cual aparecen, después de una erupción y emisión de cenizas volcánicas recientes, patologías respiratorias en las poblaciones afectadas, nos lleva a evaluar el papel del hierro y su diferente contenido, en las cenizas, su propia abrasividad y la de la lactoferrina del tracto respiratorio. Esta última frente a cultivos de bacterias comunes responsables de Neumonías en Argentina. Evaluar también los datos de vigilancia epidemiológica, posteriores a la última erupción ocurrida en el 2015, del Volcán chileno Calbuco, en la misma localidad antes nombrada.

Este proyecto es un aporte, desde la perspectiva de la geología, la medicina y la gestión de riesgos de desastres, a la prevención de las sociedades vulnerables. Las conclusiones de la investigación constituirán un aporte a la gestión de riesgos de desastres incrementando las alternativas de prevención y nuevas posibilidades terapéuticas en el tratamiento de los efectos patológicos del fenómeno estudiado.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Actor, J. K.; Hwang, S.A.; Kruzel, M. L. 2009. Lactoferrin as a Natural Immune Modulator. *Curr Pharm Des.*; 15(17): 1956–1973.
- Baker, E.; Baker, H.; 2005. Molecular Structure, binding properties and dynamics of lactoferrin. *Cell Mol Life Sci*; 62: 2531-2539.
- Bantar, C.; Curcio, D.; Jasovich, A.; Bagnulo, H.; Arango, A.; Bavestrello, L.; Famiglietti, A.; García, P.; Lopardo, G.; Losanovsky, M.; Martínez, E.; Pedreira, W.; Piñeyro, L.; Remolif, Ch.; Rossy, F.; Varón, F.; 2010. Neumonía aguda adquirida en la comunidad en adultos: Actualización de los lineamientos para el tratamiento antimicrobiano inicial basado en la evidencia local del Grupo de Trabajo de Sudamérica (ConsenSur II). *Rev. Chil. Infectol. Jun. v.27 supl.1.*
- Botto, L.; Barone, V.; Canafoglia, M. E.; Rovere E.; Violante, R.; González, D.; Gazzoli, M. J.; Schalamuk, I.; 2015. Pyroclasts of the First Phases of the Explosive-Effusive PC-CVC Volcanic Eruption: Physicochemical Analysis. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 5, 302-315.
- Caselli, A.; Velez, M.; Agosto, M.; 2011a. Manual de procedimientos ante caída de cenizas volcánicas. Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos Proyecto “Exactas con la Sociedad” Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires.
- Craven Vanessa, Everard Mark L. (2012). Review. Protracted bacterial bronchitis: reinventing an old disease. *Arch Dis Child* 2013; 98:72-76.
- Crosa J. H. 1989. Genetics and Molecular Biology of Siderophore-Mediated Iron Transport in Bacteria. *Microbiological reviews*, Dec. 517-530.
- Daga, R.; Serquis, A.; Cotaro, C.; Ayala, C.; Wilberger, D.; Scerbo, E.; Moggi, L.; Caneiro, A.; Tolley, A.; Condó, A.M. 2011. Congreso; XI Congreso Interamericano de Microscopia, CIASEM 2011.
- Drago Serrano, M. 2006. Actividades antibacterianas de lactoferrina. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*. Año 2006 Vol. 26, 2 abril-junio.
- Flórez, M. T.; Parra, L. 2010. Characteristics of alteration in minerals of volcanic ashes of the north of the “Cordillera Central” of Colombia. *Bol. Cienc. Tierra* Año 10 no.27 Medellín Jan. /June.
- González, P.; Ison, J. I.; Suárez, R.; 2015a. Análisis petrográfico preliminar de las cenizas volcánicas caídas en Roca (Río Negro), entre el 23 y 24 de abril de 2015. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Universidad Nacional de Río Negro – Conicet. Roca, Río Negro, Argentina.
- González, P. 2015b. La Química del Calbuco comparada con el Caulle. *Tiempo Patagónico*. Disponible en: <http://www.tiempopatagonico.com/a/plantillas/1/includes/modulos/imprimir.asp?id=4104&tipo=noticia>
<http://www.tiempopatagonico.com/2015/5/5/volcan-calbuco-4104.html>.
- González Chávez, S. A.; Arévalo Gallegos, S., Rascón Cruz, Q.; 2009. Lactoferrin: structure, function and applications. *Int J Antimicrob Agents.*; 33(4):301.e1-301.e8.
- Horwell, C. J. y Baxter, P. 2006. The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bulletin of Volcanology*, Review Article. Received: 6 June 2005 / Accepted: 30 November.
- Lopardo, G.; Fridman, D.; Raimonde, E.; Bagnulo, H.; Albornoz, H.; Goleniuk, D.; Sanabria, M.; Báez, E.; Stamboulia, D. 2013. Special Issue 9th International Symposium on Pneumococci and Pneumococcal Diseases. Preliminary results of a prospective population-based surveillance: burden of community-acquired pneumonia in adults, in south cone of Latin-American. *Hyderabad India* 9 -30 march.
- Lopardo, G.; Basombrío, A.; Desse, J., De Vedia, L.; Di Libero, E.; Gañete, M.; López Furst, M.; Mykietiuik, A.; Nemirovsky, C.; Osuna, C.; Pensotti, C.; Scapellato, P.; 2015; Neumonía adquirida de la Comunidad en Adultos. Recomendaciones sobre su atención. 75: 245-257.
- Montenegro, R., Azzinnari N. 2011. Las cenizas volcánicas no son inofensivas. Informe sobre los efectos de las cenizas volcánicas sobre la salud y el ambiente con sugerencias para que las personas y gobiernos actúen en forma preventiva. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Pruimboom, L.; Casanova, A.; Hernández, I.; Burrel, A.; de la Serna, D.; Ortín Pérez, B.; Cervantes, L.; 2017. Lactoferrina. Terapia ortomolecular. *Revista científica en red [en línea]*Natura Foundation. Disponible en: <http://www.natura-foundation.es/monografie/Lactoferrina.html>
- Stamboulia y equipo. 2012. *Revista científica en red [en línea]*Revista Reflexiones. Publicación Semestral. N° 9. Disponible en: <http://www.stamboulia.com.ar/revista-reflexiones/Revista%20-Reflexiones-9.pdf>.
- Taracido Lourdes Jiménez. (2009). Caracterización biológica del biofouling marino mediante métodos moleculares. Aislamiento y determinación de actividad quórum sensing de las especies implicadas en el proceso. Tesis Doctoral Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias del mar y Ambientales Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente. Año 9 Marzo.
- Videla, H.; 2002. Prevention and control of biocorrosion. *Inter-*



XX CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO
7-11 de agosto de 2017 | San Miguel de Tucumán



national Biodeterioration & Biodegradation 49, 259 – 270.
Zabert; G. Bergna M.; 2009. Asociación Argentina de Medicina Respiratoria. Emanaciones Volcánicas y sus consecuencias para la salud respiratoria. Comunicado on line. Medi-

cina Respiratoria en los Medios. Disponible en:
http://www.aamr.org.ar/comunidad/medicina_respiratoria_medios_1.php