

# A diez años de la erupción del Puyehue-Cordón Caulle

Sandra Murriello y Gonzalo Barrios García  
Compiladores

Material destinado a autores  
No se permite su distribución



Aperturas  
Serie Sociales  
EDITORIAL  
UNRN



EDITORIAL  
UNRN



**Aperturas**  
Serie Sociales

## **A DIEZ AÑOS DE LA ERUPCIÓN DEL PUYEHUE-CORDÓN CAULLE**

### **Compiladores**

Sandra Murriello  
Gonzalo Barrios García

Marcelo F. Alonso  
Pablo N. Amat  
Gonzalo Barrios García  
Débora Beigt  
Donaldo Bran  
Alberto Caselli  
Héctor Martín Civitaresi  
Evelyn del Valle Colino  
Lucía Domínguez  
Mariana Dondo Buhler  
Mercedes Ejarque  
Anabella Fantozzi  
María Valeria Fernández  
Valeria Fernández Arhex  
Pablo Forte  
Juan Gaitán  
Guido P. Galafassi  
Mailén E. Lallement  
Sofía Lammel

María Rosa Lanari  
Gustavo E. Lippolt  
Pablo Losardo  
Patricio J. Macchi  
Sandra Murriello  
Valeria Outes  
Marcelo Pérez Centeno  
Liliana Pierucci  
Ana Laura Pietrantuono  
Graciela Preda  
Magalí Rechencq  
Pablo A. Salgado  
Alejandro Sosnovsky  
Virginia Velasco  
Pablo H. Vigliano  
Gustavo Villarosa  
Mariana Weigandt  
Eduardo E. Zattara

Material destinado a autores  
**No se permite su distribución**

  
**EDITORIAL  
UNRN**

  
**EDITORIAL  
UNRN**

## **Efecto de la ceniza volcánica en la supervivencia y uso del hábitat en insectos nativos del norte de la Patagonia argentina luego de la erupción del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle**

Ana Laura Pietrantuono, Mariana Weigandt y Valeria Fernández Arhex

### **9.1. Introducción**

La ceniza volcánica tiene diferentes mecanismos de acción en la supervivencia de los insectos. La abrasión y adsorción de las ceras epicuticulares llevan a la desecación y posterior muerte del insecto. Los factores que contribuyen a estos mecanismos son la actividad de salivación excesiva, la limpieza, la oclusión de los espiráculos y la interrupción de la actividad digestiva por acumulación de cenizas en el intestino de los insectos (Wigglesworth, 1944; Wille y Fuentes, 1975; Edwards y Schwertz, 1981; Stadler y otros, 2010).

Las cenizas volcánicas pueden llegar a actuar en forma similar a otros polvos inorgánicos o polvos inertes. Estos actúan a través de fenómenos físicos como la abrasión, la adsorción y la desecación (Subramanyam y Roesli, 2000). La tierra de diatomeas es uno de los polvos inertes ampliamente utilizados como insecticidas, debido a que se compone principalmente por dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) (Ebeling, 1971; Golob, 1997). La actividad insecticida de los polvos inorgánicos, incluidas las cenizas volcánicas, depende del tamaño de las partículas de polvo (por ejemplo, las finas tienden a ser más efectivas que las de mayor tamaño), la forma y estructura (por ejemplo, amorfas, no circulares, cilíndricas; afectan la cinética de deposición, ingreso y traslocación de partículas dentro del cuerpo del organismo), la composición química y electrostática de las partículas de polvo (Jia y otros, 2005; Paull y Lyons, 2008; Stadler y otros, 2010; Buteler y otros, 2011).

Una erupción volcánica afecta también el hábitat de los insectos cambiando la calidad y disponibilidad de su fuente alimenticia, su refugio, las condiciones del microclima en el que se desarrollan e, incluso, puede alterar la superficie de los lugares de oviposición (Del Moral y Grishin, 1999; Ayris y Delmelle, 2012), por lo tanto también pueden modificar la diversidad y abundancia de las poblaciones de insectos de un ambiente al influir en el desarrollo, comportamiento y supervivencia de los individuos.

Material destinado a autores  
No se permite su distribución

 EDITORIAL  
UNRN

## 9. 2. Efecto de la ceniza volcánica en el comportamiento de los insectos

Los insectos tienen la capacidad de buscar y elegir los recursos necesarios para su desarrollo, supervivencia y reproducción. El comportamiento de búsqueda es un movimiento activo mediante el cual los insectos buscan recursos, hospedadores o una fuente de alimento en particular, parejas y sitios de refugio de oviposición o de incubación (Bell, 1990). La ubicación y selección de estos recursos dependen de la integración de tres tipos de factores: (i) las características biológicas y las habilidades de un insecto incluidos sus patrones locomotores y la percepción de información sensorial; (ii) los factores ambientales externos, que determinan los recursos disponibles y los riesgos inherentes a su búsqueda, y (iii) los factores internos, como la privación o la receptividad sexual, que determinan lo que un individuo necesita en un momento determinado (Bell, 1990).

### 9. 3. Ceniza volcánica CVPCC en bosques y mallines

La erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle (CVPCC) liberó mil millones de toneladas de cenizas que cubrieron gran parte de las provincias de Neuquén y Río Negro (Gaitán y otros, 2011) generando distintos tipos de alteraciones en áreas geográficas extensas y ambientes heterogéneos. Las cenizas arrojadas por el CVPCC presentaron una composición mineralógica de abundante vidrio volcánico y escasos aluminosilicatos con predominancia de O, Si, Al, Fe, Na y K siendo extremadamente abrasiva. En cuanto a sus características físicas se trata de un material poroso con buena capacidad de retención de agua. Sus efectos sobre los suelos dependerán del tamaño de las partículas, del espesor de la capa de cenizas depositada y de la estabilización de ese material (Cremona y otros, 2017). En el caso de la deposición de ceniza similar a una arena fina (<500 µm) su incorporación al suelo puede contribuir a mejorar sus propiedades físicas, como la permeabilidad y la aireación mejorando la porosidad y la retención de agua favoreciendo a la vegetación. Mientras que las cenizas de granulometría más fina (<250 µm) podrían generar una reducción en la capacidad de infiltración del suelo, aumentando el escurrimiento superficial (Grosfeld y Puntieri, 2015).

Por otra parte, Nicolás Ferreiro y colaboradores (2020) llevaron adelante un estudio en el que observaron que en los bosques (más cercanos a la zona de erupción) afectados por las cenizas los suelos fueron enterrados por una gruesa capa de arena que limitó la revegetación de especies herbáceas, mientras que en la estepa y los mallines patagónicos (más

Material destinado a autores  
No se permite su distribución

EDITORIAL  
UNIN

alejados de la zona de erupción) los suelos recibieron una fina capa que promovió una mayor retención de agua en los sitios más secos. En tal sentido se ha documentado el efecto de protección del suelo a la pérdida de agua por parte de las cenizas disminuyendo la evaporación y aumentando la infiltración dependiendo del tamaño de grano, porosidad y espesor del depósito (Ayrís y Delmelle, 2012; Edwards y otros, 2017). Estos cambios observados en el suelo, debido a la deposición de ceniza volcánica, impactarían en la vegetación que está directamente relacionada con la capacidad del suelo para retener y almacenar agua. Esto depende de varios factores como la textura del suelo, porosidad, profundidad y cantidad de materia orgánica. Esto afectaría el desarrollo de las comunidades de insectos herbívoros que habitan la región afectada por el Puyehue-Cordón Caulle (PCC).

#### 9.4. Efecto de la ceniza volcánica PCC en insectos herbívoros nativos del bosque Andino-Patagónico

Como mencionamos anteriormente, el efecto de la ceniza volcánica en los insectos es muy variado. Sin embargo, debido a que estos tipos de eventos son muy poco frecuentes, los estudios sobre el efecto de la ceniza en los insectos nativos de las zonas aledañas previas a la erupción del PCC en 2011 son nulos. En la región norte del bosque andino-patagónico (provincia de Neuquén) hay una gran diversidad de insectos herbívoros asociados a los bosques de *Nothofagus* spp. (Fagales: Nothofagaceae) siendo principalmente de los órdenes Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera y Hemiptera. *Sinopla perpunctatus* (Hemiptera: Acanthosomatidae) es una de las especies más estudiadas en Sudamérica (Faúndez y Osorio, 2010). Se ha registrado la presencia de esta chinche verde tanto en Argentina (zona cordillerana de las provincias de Río Negro y Neuquén) como en Chile (desde Vilches Alto-Región del Maule hasta la Isla Bertrand-Región de Magallanes). Un estudio demostró que la ceniza volcánica del PCC no afecta las preferencias de esta chinche nativa al momento de elegir sus plantas hospedadoras o su capacidad de acceder a sus recursos alimenticios (Pietrantuono y otros, 2014). Si bien la ceniza volcánica podría ejercer un efecto negativo en el comportamiento de los insectos, esto no ocurrió en el caso de *S. perpunctatus*, probablemente por la tendencia de este insecto a ubicarse en el envés de las hojas o entre los pliegues de la corteza, que actúan como barreras protectoras y refugio (Dajoz, 2001; Faúndez y Osorio, 2010). Esta conducta puede haber disminuido la exposición y el contacto con la ceniza y su efecto potencialmente abrasivo sobre el tegumento del insecto.

En otro caso de estudio se analizó el efecto de la ceniza en la capacidad de pupación de la larva minadora de hojas *Notofenusa surosa* (Hymenoptera: Tenthredinidae) (Pietrantuono y otros, 2015). Estas larvas se alimentan del parénquima de las hojas de varias especies del género *Nothofagus* (principalmente *N. obliqua* o roble pellín), una vez que alcanza el máximo estado de desarrollo larval emergen de la hoja para pupar en el suelo debajo de la planta hospedadora. Las propiedades físicas y químicas del suelo (concentración de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, capacidad de campo, transparencia y porosidad) determinan el ambiente donde un insecto se desarrollará o no (Prudic y otros, 2005; Martínez y otros, 2008). Por lo tanto, su desarrollo depende en gran medida de las condiciones del sustrato en el que formará la pupa y atravesará la diapausa durante el invierno. La formación de la gruesa capa de ceniza (dura, compacta y altamente abrasiva) del PCC cambiaron las características del sustrato donde pupar (Cremona y otros, 2011). Ana Laura Pietrantuono y colaboradores (2017) evaluaron las elecciones de sustrato de pupación de la larva *Notofenusa surosa*, para ello le ofrecieron sustratos con diferentes propiedades, incluida ceniza de dos tipos de grano del PCC (gruesa  $>500\mu\text{m}$  y fina  $<500\mu\text{m}$ ) (figura 9.1). Los resultados demostraron que las larvas de *N. surosa* son capaces de discriminar entre diferentes concentraciones de materia orgánica en el suelo (figura 9.2) evitando sustratos con ceniza volcánica (que no contiene materia orgánica). Por lo tanto, la ceniza tendría tanto un efecto directo sobre el desarrollo de la pupa como uno a largo plazo en el éxito de las poblaciones naturales afectadas por la deposición de las cenizas. Se cree que la ceniza volcánica PCC también impactó el ciclo de vida de este insecto debido a la senescencia foliar prematura del follaje cubierto por estas cenizas, provocando que las larvas no pudieran completar su máximo desarrollo por falta de alimento.

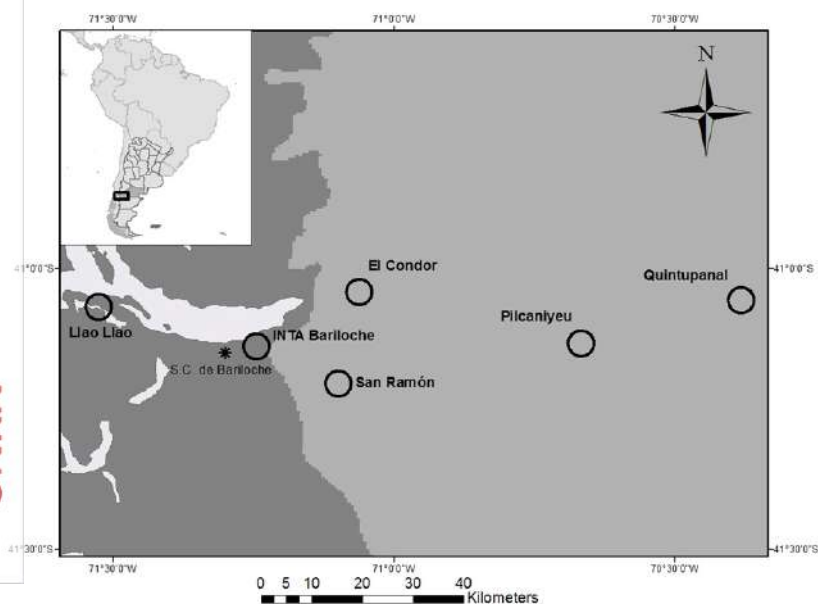
## 5 Efecto de la ceniza volcánica PCC en insectos herbívoros nativos en mallines del norte de la Patagonia

En los mallines de la Patagonia de Argentina y de Chile es común encontrar a las tucuras, insectos herbívoros pertenecientes al orden Orthoptera, cumpliendo un rol importante en el ciclado de nutrientes y de energía. Sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales (como ser sequía o suelos degradados) suelen producir estallidos poblacionales que afectan, en mayor o menor medida, los ecosistemas que habitan.

Es por ello que es muy importante estudiar el impacto de la ceniza sobre la supervivencia de insectos potencialmente plaga. Valeria

Fernández-Arhex y colaboradores (2013) evaluaron la toxicidad de las cenizas volcánicas PCC en la tucura alada nativa, *Dichroplus vittigerum* (Orthoptera: Acrididae) y compararon los resultados con un insecticida orgánico como la tierra de diatomeas. Los resultados demostraron que la exposición constante a la ceniza volcánica y a la tierra de diatomeas induce la mortalidad en las tucuras en estado adulto. Curiosamente, la toxicidad de los dos productos resultó muy similar. Estos resultados sugieren que la erupción volcánica con la suspensión en el aire consiguiente del material piroclástico pudo haber tenido un impacto negativo en las poblaciones de *D. vittigerum* generando la mortalidad de los individuos adultos. En resumen, en este trabajo se demostró que este tipo de ceniza volcánica tuvo un efecto insecticida similar a la tierra de diatomeas (Fernández-Arhex y otros, 2013).

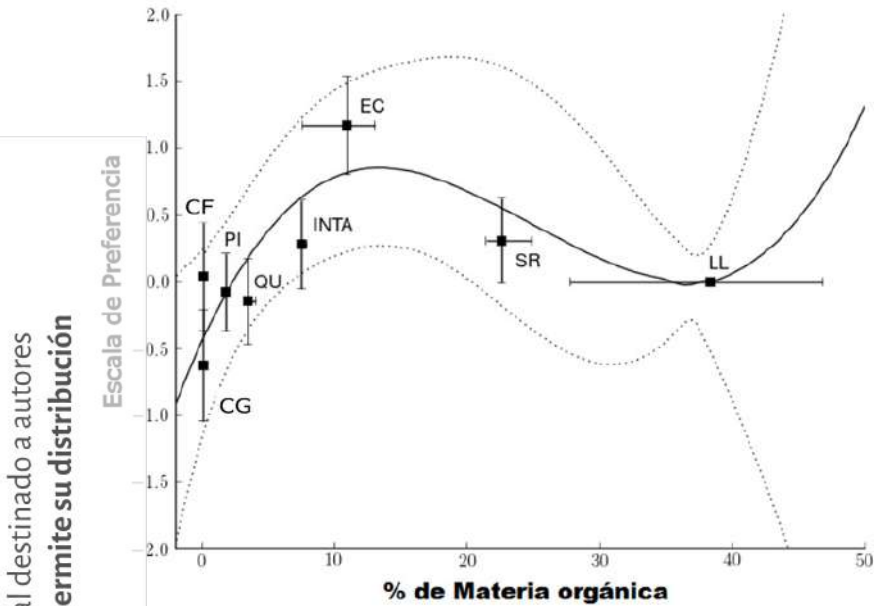
Figura 9. 1. Sitios de muestreo de suelos en la provincia de Río Negro (Argentina)



Fuente: Pietrantuono y otros, 2015

Nota. Los sitios están siguiendo un gradiente de lluvia (oeste-este) y fueron afectados por la erupción volcánica.

Figura 9. 2. Curva de preferencia de pupación en *Notofenusa surosa* en función del porcentaje de materia orgánica del sustrato



Fuente: Pietrantuono y otros, 2015

Nota. Los ejes Y representan la escala de preferencia de Thurstone (modelo estadístico utilizado). El eje X es el porcentaje de materia orgánica en cada sustrato (CF: ceniza fina, CG: ceniza gruesa, QU: Quintupanal, INTA EEA Bariloche: Instituto de Tecnología Agropecuaria, EC: El Cóndor, SR: San Ramón, LL: Llao- Llao). Los valores negativos en los ejes Y indican una menor preferencia por el parámetro. La línea de puntos representa el 95 % de los intervalos de credibilidad.

A su vez, Fernández-Arhex y colaboradores (2017) estudiaron si la presencia de la ceniza volcánica PCC en el alimento de los ortópteros herbívoros *D. vittigerum* y langostas verdes (*Burgilis* sp.) afecta su consumo y cómo esta relación cambia en función del tiempo. Los resultados mostraron que ambas especies evitaron alimentarse de hojas con presencia de cenizas volcánicas y que este comportamiento aumentó en función del tiempo. Resulta interesante mencionar que ambas especies se distribuyen en zonas con un gran potencial de ocurrencia de erupciones volcánicas, y que sus poblaciones no disminuyeron después de la caída de las cenizas del PCC. Los autores hipotetizan que estos ortópteros poseen un

Material destinado a autores  
No se permite su distribución

EDITORIAL  
UNRN



mecanismo de evitación a la exposición de cenizas habitando lugares sin presencia de ceniza volcánica.

Los insectos fitófagos descriptos anteriormente no fueron los únicos cuyo comportamiento se vio afectado por la caída de ceniza volcánica PCC. Los abejorros también modificaron su comportamiento, Morales y colaboradores (2014) encontraron que la actividad de alimentación de estos insectos en parcelas de flores silvestres disminuyó en comparación con los niveles de actividad previos a la erupción. Algo similar se observó en las abejas melíferas, las flores cubiertas con ceniza PCC resultaron menos atractivas y, por lo tanto, menos visitadas por estos insectos (Martínez y otros, 2013).

Los resultados obtenidos del bioensayo de dos especies de Coleoptera, *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae) y *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), expuestos durante siete días a la ceniza volcánica indicaron que la de tamaño de grano fino ( $<500\mu$ ) se adhiere completamente al cuerpo de los insectos (Buteler y otros, 2011). En el caso de la avispa invasora *Vespa* spp., sus poblaciones se vieron gravemente afectadas por la deposición de cenizas provocados por esta erupción. Las poblaciones de esta avispa quedaron completamente devastadas en áreas donde el espesor de la ceniza era  $> 3$  cm (Masciocchi y otros, 2013).

Los insectos se ven afectados, debido a la pérdida de hábitat y recursos alimenticios (Bishop y otros, 2005), por el impacto físico de las cenizas finas en los exoesqueletos y la actividad de alimentación y de locomoción (Edwards y Schwartz, 1981; Buteler y otros, 2011; Elizalde, 2014). Sin embargo, es posible que el cambio de comportamiento también se deba a una disminución en la capacidad de percepción de los recursos o una modificación en su escala de preferencias.

En resumen, las respuestas conductuales de los insectos para con las cenizas volcánicas PCC parecen estar relacionadas con los rasgos de la historia de vida, el tipo de desarrollo, los hábitos, las formas de alimentación (Dale y otros, 2005; Marske y otros, 2007) y, en última instancia, con su capacidad de percepción (Martínez y otros, 2013; Pietrantuono y otros, 2014).

## 9. 6. Diez años después...

Son escasos los trabajos que realizaron un análisis a lo largo del tiempo sobre el efecto de la erupción del PCC en los distintos ambientes dentro del área afectada. Nicolás Ferreiro y colaboradores (2020) observaron que luego de seis meses de ocurrida la erupción la capa de ceniza fue redistribuida o incorporada a los suelos de estepas y mallines. Mientras que luego de seis

años la gruesa capa depositada en los bosques andinos todavía persistía. En muestreos realizados durante marzo de 2021 hemos podido observar a campo, en zonas de estepa y mallines en inmediaciones de la ciudad de San Carlos de Bariloche (provincia de Río Negro), que aún persiste una capa de 5 cm de ceniza cubriendo el suelo que no fue incorporada y que aún sigue siendo desplazada por efecto del viento. Por otra parte, en los bosques que se encuentran en los alrededores de San Martín de los Andes (provincia de Neuquén) se observa que la delgada capa de ceniza caída en esta zona ha sido integrada al suelo (Weigandt y Pietrantuono, obs. pers). En este sentido, podemos inferir que posiblemente todavía haya varias especies de insectos que resultan afectados por la presencia de ceniza volcánica, en especial aquellos que poseen hábitos subterráneos o desarrollan alguna etapa de su ciclo de vida en el suelo (por ejemplo, larvas de algunas especies de coleópteros).

Las consecuencias ecológicas en la dinámica de los ecosistemas frente a una perturbación natural son variables y dependen de su naturaleza, frecuencia y duración (Pickett y White, 1985). Teniendo en cuenta esto, resulta relevante estudiar la dinámica de los insectos que podrían verse afectados por perturbaciones naturales, como es el caso de las erupciones volcánicas.

## 7. ¿La ceniza volcánica tiene el mismo efecto para todos los insectos herbívoros?

La ceniza volcánica PCC no resultó igualmente perjudicial para los diferentes insectos mencionados, en algunos casos provocó cambios en su comportamiento o una disminución en su supervivencia.

Existen dos enfoques diferentes respecto a los efectos de la ceniza en la herbivoría. Según Katharine Maske y colaboradores (2007), las cenizas volcánicas afectan negativamente al insecto provocando una menor presión herbivoría, lo que podría ser beneficioso en la tasa de crecimiento de las plantas, pero frente a un escenario de erupción volcánica estas también se verían afectadas. La acumulación de cenizas volcánicas en la vegetación junto con las lluvias, la alta humedad y el rocío provocan que las partículas de la ceniza se adhieran aún más a la superficie de la hoja e interfieran en la fotosíntesis, transpiración y respiración de las plantas. Sumado a ello, en la región cada vez son más frecuentes los eventos de sequías extremas, como las registradas previa y posteriormente al evento del PCC. La conjunción de ambos tipos de eventos puede ocasionar una sinergia de factores de estrés sobre la vegetación, provocando una mayor vulnerabilidad a sufrir el ataque de fitófagos y patógenos (Dajoz, 2001; Varela y Weigandt,



2009) que, a su vez, se verían afectados por estos mismos disturbios. Por lo tanto, analizar el efecto de una erupción volcánica en sistemas naturales es muy complejo y, por ello, es muy importante desarrollar investigaciones orientadas a estudiar estos interrogantes.

Las investigaciones citadas muestran que las cenizas volcánicas tendrán un efecto diferente según su granulometría (fina o gruesa), la cantidad acumulada, la distancia al evento y dirección de vientos, a las características del sitio (seco o húmedo) y el momento del año en que el volcán entra en erupción. La interacción entre este momento y el taxón de insectos parece ser crucial para determinar el efecto sobre las poblaciones de insectos afectadas por las cenizas. En este caso, el PCC entró en erupción a finales de otoño cuando las temperaturas en la zona eran bajas y no había mucha actividad en las poblaciones de insectos. En el caso de las tucuras, por ejemplo, sus huevos se ubicaron bajo tierra totalmente protegidos del efecto de la ceniza como consecuencia la población del área afectada por la erupción no se vio perjudicada en este estadio. Sin embargo, sí se vio influenciada negativamente en las siguientes temporadas. Al alcanzar el estadio de ninfas estos insectos emergieron en un ambiente cubierto con cenizas y condiciones imperantes de viento y clima cálido, con un efecto negativo en los insectos por su acción abrasiva y desecante (Fernández-Arhex y otros, 2013). En el caso de las hormigas, Gabriela Pirk (2014) citó que su abundancia total tendía a ser menor después de la erupción, pero la riqueza y composición de especies resultaron similares antes y dos temporadas después de la caída de cenizas. Los pequeños efectos en la comunidad de hormigas son principalmente una consecuencia del momento de la erupción, la naturaleza social de las hormigas y el espesor de las cenizas. Cuando ocurrió la erupción, la actividad de las hormigas se redujo debido a las bajas temperaturas. Además, la mortalidad potencial de las obreras durante la fase de deposición aguda no puso en riesgo la supervivencia de la colonia, ya que representan un pequeño porcentaje de la misma (Pirk, 2014). A diferencia de ellas, las poblaciones de avispas chaqueta amarilla (*Vespula* spp.) fueron devastadas en áreas con ceniza volcánica. Estas tienen colonias anuales fundadas en la primavera por reinas que hibernan. Las reinas suelen hibernar en lugares protegidos, que probablemente fueron enterrados bajo las cenizas, matándolas o complicando su emergencia en primavera. Entonces, el momento de la erupción afectó una etapa crucial del ciclo de vida de estas avispas (Masciocchi y otros, 2013; Pirk, 2014).

En síntesis, los efectos de la perturbación volcánica PCC provocada en las comunidades de insectos pueden ser complejos, puesto que dependen de los rasgos del ciclo de vida de las especies afectadas (Marskeet y otros, 2007; Pietrantuono y otros, 2014; 2015), la posición trófica (Parmenter y

otros, 2005) y el momento de la caída de cenizas en relación con la biología del insecto (Pirk y otros, 2014). Además, las condiciones climáticas, la duración de la exposición y la cantidad de ceniza volcánica depositada son factores que pueden impactar en el bienestar y supervivencia de los insectos (Fernández-Arhex y otros, 2013; 2017).

La combinación de todos los factores mencionados anteriormente puede inducir a una serie de efectos directos o indirectos en el individuo. Los directos afectan al insecto en términos de fisiología, supervivencia, comportamiento, etcétera. Mientras que, entre los efectos indirectos, la ceniza puede repercutir en el ambiente del insecto, cuando provoca la destrucción de la vegetación que utilizan como alimento o hábitat (Wille y Fuentes, 1975; Buteler y otros, 2011). Por su parte, estos efectos pueden ser de carácter inmediato (por ejemplo sobre el individuo o la población presente en el momento/temporada de la erupción) a mediano y largo plazo (por ejemplo sobre las poblaciones venideras). Estas consecuencias dependerán en gran medida de la duración, extensión e intensidad del evento.

Estudiar estos y otros aspectos del efecto de la ceniza volcánica sobre las poblaciones de insectos nativos brinda valiosa información que puede ser utilizada para el manejo integrado de plagas y, sobre todo, para la conservación de bosques nativos y mallines del noroeste patagónico.

## Autorías y filiaciones institucionales

Valeria Fernández Arhex

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (IFAB). Río Negro, Argentina.

Marilina Weigandt

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (IFAB). Río Negro, Argentina.

Ana Laura Pietrantuono

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (IFAB). Río Negro, Argentina.

## Lista de referencias bibliográficas

- Ayris, Paul Martin y Pierre Delmelle. (2012). The immediate environmental effects of tephra emission. *Bulletin of Volcanol.*, (74), pp. 1905-1936.
- Bell, William J. (1990). Searching behavior patterns in insects. *Annual Review of Entomology*, 35, pp. 447-467. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.002311>
- Bishop, John G., William F. Fagan, John, Schade y Charles M. Crisafulli. (2005). Causes and consequences of herbivory on prairie lupine (*Lupinus lepidus*) in early primary succession. En Virginia Dale, Frederick J. Swanson y Charles M. Crisafulli (eds.), *Ecological responses to the 1980 eruption of Mount St. Helens* (pp. 151- 162). Springer. [https://doi.org/10.1007/0-387-28150-9\\_11](https://doi.org/10.1007/0-387-28150-9_11)
- Buteler, Micaela, Teodoro Stadler, Guillermo P. López García, María S. Lassa, Darío Trombotto Liaudat, Paola D'Adamo y Valeria Fernández-Arhex. (2011). Propiedades insecticidas de la ceniza del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle y su posible impacto ambiental. *Rev. Soc. Entomol. Arg.*, 70(3-4), pp. 149-156.
- Cremona, María Victoria, Javier Ferrari y Silvana López. (2011). Las Cenizas Volcánicas y los suelos de la Región. *Presencia INTA*, 1-4.
- Dajoz, Roger. (2001). *Entomología forestal. Los insectos y el bosque*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Del Moral, Roger y Sergei Yu Grishin. (1999). Volcanic disturbances and ecosystem recovery. Chapter 5. En Lawrence R. Walker (ed.), *Ecosystems of disturbed ground* (pp. 137-160). Elsevier.
- Ebeling, Walter. (1971). Sorptive dusts for pest control. *Annu. Rev. Entomol.*, 16, pp. 123-158. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.16.010171.001011>
- Edwards, John S. y Lawrence M. Schwartz. (1981). Mount St. Helens ash: a natural insecticide. *Canadian Journal of Zoology*, 59, pp. 714-715.
- Edwards, Priscila, Santiago A. Varela, Dardo R. López, Priscila M. Willems, Aldana S López y Javier E. Gyenge. (2017). Evidence on the response of Patagonian forage grasses to the mulching effect of recent tephra deposits in Argentina. *Arid Land Res. Manag.* <https://doi.org/10.1080/15324982.2017.1349209>
- Elizalde, Luciana. (2014). Volcanism and arthropods: a review. *Ecol. Austral.*, 24, pp. 3-16.
- Faúndez, Eduardo I. y Giannina A. Osorio. (2010). New data on the biology of *Sinopla perpunctatus* Signoret, 1864 (Hemiptera, Heteroptera: Acanthosomatidae). *Boletín de Biodiversidad de Chile* 3, pp. 24-31.
- Fernández Arhex, Valeria, Micaela Buteler, María E. Amadio, Andrea Enriquez, Ana Laura Pietrantuono, Teodoro Stadler ... y Octavio A. Bruzzone. (2013). The effects of volcanic ash from Puyehue-Caulle range eruption on the survival of *Dichroplus vittigerum* (Orthoptera: Acrididae). *Fla. Entomol.*, 96(1), pp. 286-288. <https://doi.org/10.1653/024.096.0149>
- Fernández-Arhex, Valeria, María E. Amadio y Octavio A. Bruzzone. (2017). Cumulative effects of volcanic ash on the food preferences of two orthopteran species. *Insect Sci.* 24(4), pp. 640-646. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12338>

Material destinado a autores  
No se permite su distribución

 EDITORIAL  
UNRN

- Ferreiro, Nicolás, Marina Gonzalez-Polo, Patricia Satti y María J. Mazzarino. (2020). La erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle (2011) y sus efectos sobre los suelos de Patagonia Norte. En Perla Imbellone y Osvaldo Barbosa (eds.), *Suelos y vulcanismo: Argentina* (pp. 293-308). Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. <https://www.suelos.org.ar/sitio/nuevo-libro-suelos-y-vulcanismo-argentina/>
- Gaitán, Juan J., Fernando Raffo, Javier A. Ayesa, Fernando Umaña y Donald B. Bran. (2011). Zonificación del área afectada por cenizas volcánicas. INTA EEA Bariloche Dr. Greenville Morris, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Bariloche.
- Golob, Peter. (1997). Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33, pp. 69-79. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00031-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00031-8)
- Grosfeld, Javier y Javier Puntieri. (2015). Efecto de la ceniza sobre la vegetación. <http://crubweb.uncoma.edu.ar/cms/?p=3877>
- Guang, Haifang Wang, Yan, Lei, Wang, Xiang, Pei, Rongjuan, Yan, Tao, Zhao, Yuliang y Guo, Xinbiao Guo. (2005). Cytotoxicity of carbon nanomaterials: single-wall nanotube, multi-wall nanotube, and fullerene. *Environ. Sci. Technol.* 39, pp. 1378-1383. <https://doi.org/10.1021/es048729l>
- Marske, Katharine A, Michael A. Ivie, y Geoff M. Hilton. (2007). Effects of volcanic ash on the forest canopy insects of Montserrat, West Indies. *Environ. Entomol.* 36(4), pp. 817-825. <https://doi.org/10.1093/ee/36.4.817>
- Martínez, Andrés S., Maité Masciocchi, José M. Villacide, Guillermo Huerta, Luís Daneri, Axel Bruchhausen, Guillermo Rozas y Juan C. Corley. (2013). Ashes in the air: the effects of volcanic ash emissions on plant-pollinator relationship and possible consequence for apiculture. *Apidologie*, 44, pp. 268-277. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0177-2>
- Martínez, H. Eduardo, Juan P. Fuentes y Edmundo Acevedo. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *J. Soil Sci. Plant. Nutr.*, 8(1), pp. 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Masciocchi, Maite, Ana J. Pereira, María V. Lantschner y Juan C. Corley. (2013). Of volcanoes and insects: the impact of the Puyehue-Cordon Caulle ash fall on populations of invasive social wasps, *Vespula* spp. *Ecol. Res.*, 28, pp. 268-277. <https://doi.org/10.1007/s11284-012-1004-y>
- Morales, Carolina L., Agustín Saez, Marina P. Arbetman, Laura Cavallero y Marcelo A. Aizen. (2014). Detrimental effects of volcanic ash deposition on bee fauna and plant-pollinator interactions. *Ecol. Austral*, 24, pp. 42-50.
- Paull, John y Kristen Lyons. (2008). Nanotechnology: the next challenge for organics. *J. Org. Syst.*, 3(1), pp. 3-22.
- Parmenter, Robert R., Charles M. Crisafulli, Nicole C. Korbe, Gary L. Parsons, Melissa J. Kreutzian y James A. MacMahon. (2005). Posteruption arthropod succession on the Mount St. Helens Volcano: the ground-dwelling beetle fauna

- (Coleoptera). En Virginia Dale, Frederick J. Swanson y Charles M. Crisafulli (eds.), *Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens* (pp. 139-150). Springer-Verlag.
- Pickett, Steward T.A. y Peter S. White. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Eds. Academic Press.
- Pirk, Gabriela. (2014). Did ash fall from Puyehue-Cordón Caulle volcanic complex affect ant abundance and richness in the Patagonian steppe? *Ecol. Austral*, 24, pp. 23-30.
- Pietrantuono, Ana Laura, Valeria Fernández-Arhex y Octavio A. Bruzzone. (2014). First study of host-plant preferences of *Sinopla perpunctatus* (Hemiptera: Acanthosomatidae) a stink bug from Andean-patagonic forest. *Fla. Entomol.*, 97(2), pp. 534-539. <https://doi.org/10.1653/024.097.0226>
- Pietrantuono, Ana Laura; Andrea Enriquez, Valeria Fernández Arhex y Octavio Bruzzone. (2015). Substrates Preference for Pupation on Sawfly *Notofenusa surosa* (Hymenoptera: Tenthredinidae). *J. Insect Behav.*, 28(3), pp. 257-267. <https://doi.org/10.1007/s10905-015-9499-z>
- Pietrantuono, Ana Laura, Octavio A. Bruzzone y Valeria Fernández-Arhex. (2017). The role of leaf cellulose content in determining host plant preferences of three defoliating insects present in the Andean-Patagonian forest. *Austral Ecol.*, 42(4), 433-441. <https://doi.org/10.1111/aec.12460>
- Prudic, Kathleen L, Jeffrey C. Oliverly M. Deane Bowers. (2005). Soil nutrient effects in oviposition preference, larval performance and chemical defense of a specialist insect herbivore. *Oecologia*, 143, pp. 578-587. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0008-5>
- Stadler, Teodoro, Micaela Buteler y David K. Weaver. (2010). Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Rev. Soc. Entomol. Argentina*, 69(3-4), pp. 149-156
- Subramanyam, Bhadriraju y Rennie Roesli. (2000). Inert dusts. In B. Subramanyam and D.W. Hagstrum (eds.), *Alternatives to Pesticides in stored-product IMP* (pp. 321-379). Kluwer Academic Publishers.
- Varela, Santiago y Mariana Weigandt. (2009). Estrés en árboles y su efecto sobre la susceptibilidad a invasión por insectos. Serie técnica: Manejo Integrado de Plagas n° 8. Ediciones INTA
- Wigglesworth, Vincent B. (1944). Action of inert dusts on insects. *Nature*, 153, pp. 493-494. <https://doi.org/10.1038/153493a0>
- Wille, Álvaro y Gilbert Fuentes. (1975). Efecto de la ceniza del Volcán: Irazú (Costa Rica) en algunos insectos. *Revista de Biología Tropical*, 3, pp. 165-175.

## A diez años de la erupción del Puyehue-Cordón Caulle

Marcelo Alonso y otros; compilación de Sandra Murriello y Gonzalo Barrios García.

Primera edición - Viedma: Universidad Nacional de Río Negro, 2023.

232 p. ; 23 x 15 cm. - (Aperturas)

**ISBN 978-987-8258-38-6**

1. Vulcanología. 2. Geografía Argentina. 3. Desastres Naturales.

I. Alonso, Marcelo. II. Murriello, Sandra, comp. III. Barrios García, Gonzalo, comp.

CDD 910

Material destinado a autores  
No se permite su distribución

EDITORIAL  
UNRN



EDITORIAL  
UNRN

Universidad Nacional  
de Río Negro

© Universidad Nacional de Río Negro, 2023.

editorial.unrn.edu.ar

Belgrano 526, Viedma, Río Negro, Argentina.

© Murriello, Sandra, 2023.

© Barrios García, Gonzalo, 2023.

© De los capítulos sus respectivos autores, 2023.

Queda hecho el depósito que dispone la Ley 11.723.

Dirección editorial: Ignacio Artola

Coordinación editorial: Diego Martín Salinas

Edición de textos: Verónica García Bianchi

Corrección de textos: María Candela Suárez

Corrección de pruebas: Verónica García Bianchi

Diagramación y diseño: Sergio Campozano

Imagen de tapa: Reporter Free Lance. *Erupción Cordón Caulle 2011*, 2011.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erupci%C3%B3n\\_Cord%C3%B3n\\_Caulle\\_2011.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erupci%C3%B3n_Cord%C3%B3n_Caulle_2011.jpg)

Esta obra tuvo el apoyo de la Secretaría de Investigación, Creación Artística, Desarrollo y Transferencia de Tecnología de la Universidad Nacional de Río Negro, en el marco del desarrollo y resultado del P1 UNRN 2018 40-B- 725 denominado «Percepción ambiental en Patagonia andina: memoria y prevención», así como a través de la Dirección de Publicaciones-Editorial y la Secretaría de Investigación de la Sede Andina.



**Licencia Creative Commons. BY-NC-ND**

Usted es libre de compartir, copiar, distribuir, ejecutar

y comunicar públicamente esta obra bajo las condiciones de:

**Atribución - No-comercial - Sin obra derivada**