

## Observaciones tempranas de la deposición de ceniza por la erupción volcánica del Cordón Caulle y sus consecuencias sobre la vegetación de la estepa del NO de la Patagonia

LUCIANA GHERMANDI & SOFÍA GONZALEZ

Laboratorio Ecotono, Instituto Nacional de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), Universidad Nacional del Comahue. San Carlos de Bariloche, Argentina.

**RESUMEN.** El complejo volcánico Cordón Caulle, ubicado en la Cordillera de los Andes (Chile), hizo erupción en junio de 2011 y desde entonces ha estado emitiendo -con diferente intensidad- cenizas que los vientos dominantes han depositado en la Patagonia argentina. En este trabajo presentamos resultados sobre la cantidad de ceniza depositada en los claros entre la vegetación de pastizales precordilleranos, estimamos el impacto temprano de la ceniza sobre los grupos funcionales presentes en los claros y analizamos la relación entre las precipitaciones post-erupción y la dinámica de las cenizas. Comparamos la frecuencia de especies en los claros pre-erupción (noviembre de 2010) y post-erupción (octubre de 2011 y enero de 2012). El espesor promedio de ceniza depositada en los claros fue de 3.4 cm. Las lluvias post-erupción fueron escasas y limitaron la incorporación de la ceniza al suelo, provocando un mayor impacto sobre la vegetación. La presencia de especies en los claros fue inferior a la registrada normalmente en este tipo de micrositio. No registramos reclutamiento de especies anuales y dominantes de la matriz. La especie más frecuente fue la hierba exótica *Rumex acetosella*. Las hierbas perennes presentes en los claros poseen órganos subterráneos, que les permiten reproducirse luego de la deposición de ceniza. La actividad volcánica ha sido muy importante en esta región y es muy probable que las especies hayan evolucionado en presencia de este disturbio.

[Palabras clave: ceniza volcánica, claros, estrategias de regeneración, hierbas perennes, pastizales patagónicos]

**ABSTRACT.** Early observations of volcanic ash deposition and its impact on the vegetation steppes of NW Patagonia: The Cordón Caulle volcanic complex, located in the Andes (Chile), have erupted in June 2011, and has been emitting ash with different intensity since then, that the dominant winds have deposited in the Argentinean Patagonia. Here we quantified the amount of deposited ash in the gaps between the vegetation of northwestern Patagonia steppe in order to estimate the early impact of ash on functional groups present in gaps; and we analyzed the relationship between post-eruption rainfalls and ash dynamics. We compared species frequency in pre-eruption gaps (November 2010) and post-eruption gaps (October 2011 and January 2012). Thickness average of ash deposited in gaps was 3.4 cm. Post-eruption rains were scarce and limited the ash incorporation into the soil, causing a greater impact on vegetation. Species presence in gaps was lower than usually registered in this microsite type. Recruitment of annual and matrix dominant species was not observed. The most common species was the exotic herb *Rumex acetosella*. Perennial grasses present in gaps have subterranean structures that allow them to reproduce after the deposition of volcanic ashes. Volcanic activity has been very important in this region and it is likely that species have evolved in the presence of this disturbance.

[Keywords: volcanic ash, gaps, regeneration strategy, perennial herbs, Patagonian grasslands]

### INTRODUCCIÓN

El Cordón Caulle es un volcán activo del tipo estratovolcán ubicado en la cordillera de los Andes (Chile, 40°35' S y 72°5' O) que comenzó

su última erupción el 4 de junio de 2011. El 24 de septiembre de 2011 se registró una nueva erupción y los informes indican que el proceso eruptivo continúa con baja intensidad y muy reducida emisión de ceniza fina (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile).

---

✉ Laboratorio Ecotono, Instituto Nacional de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250, (8400) San Carlos de Bariloche, Argentina. Teléfono: +054-02944-428505, ext. 502. [lghermandi@yahoo.it](mailto:lghermandi@yahoo.it)

Recibido: 20 de enero de 2012; Fin de arbitraje: 20 de marzo de 2012; Revisión recibida: 20 de abril de 2012; Aceptado: 21 de abril de 2012

Los vientos dominantes del oeste han depositado la ceniza en la Patagonia argentina en estratos de profundidad y granulometría variables dependiendo de la distancia al volcán. Recientemente se ha publicado una estimación de la deposición de ceniza a escala regional, derivada del análisis de imágenes satelitales MODIS (Gaitán et al. 2011) (Figura 1). El impacto de la ceniza sobre la vegetación se evalúa a partir del daño físico, de los nutrientes que contiene y del espesor de los depósitos. La granulometría de la ceniza es importante dado que existe una relación inversa entre el tamaño de las partículas y la velocidad de liberación de nutrientes en el suelo (Besoain et al. 1997). Además, los depósitos finos pueden tener efectos de "mulching", aumentando la producción de biomasa de algunas especies (Chapin & Bliss 1988). El período necesario para que la ceniza se transforme en suelo es, en general, muy largo (del orden de siglos) y extremadamente variable, aunque hay casos de tefras (fragmentos de material volcánico emitidos durante una erupción) que han evolucionado en tiempos breves (50 años) a Andosoles en Japón (Shinagawa 1962, citado en Besoain et al. 1997). El impacto físico sobre la vegetación depende de la arquitectura, altura y mecanismos de regeneración (semillas, rizomas, bulbos) de la vegetación. Según del Moral & Grishin (1999) no se habla de régimen de erupciones y tampoco de adaptaciones evolutivas de las plantas a ellas. No existiría un tipo de vegetación asociada a los volcanes, sin embargo, el volcán Vesuvio (Italia) posee 18 endemismos en su flora (Mazzoleni & Riccardi 1993). Respecto de los diferentes grupos funcionales, el impacto del depósito de tefra es mayor en hierbas anuales y menor en las especies rizomatosas y geófitas que poseen estructuras de crecimiento enterradas (del Moral & Ghrising 1999). La recuperación de la vegetación es favorecida por la presencia de bancos de semillas y dependerá del momento en que ocurre la erupción, dado que si las plantas están en fase dormante es probable que sufran menos efectos negativos.

Las estancias de precordillera (e.g., San Ramón), donde se llevó a cabo este trabajo, practican la cría extensiva de ganado y son muy productivas. Los daños al ganado han sido estimados recientemente (Siffredi et al. 2011; Villagra et al. 2011) pero aún no se dispone de datos precisos sobre la deposición de ceniza a una escala detallada. Esta información podría ser útil para concretar medidas de manejo y

minimizar los impactos de la deposición de ceniza. Además, la metodología podrá ser repetida en otras estancias afectadas por la erupción. Los datos sobre la recuperación temprana de la vegetación en los claros nos dan indicios sobre la dinámica futura de las especies. Los objetivos de este trabajo fueron 1) estimar la ceniza depositada en los claros cuatro meses luego de la erupción a una escala 1:1, 2) estimar el impacto temprano sobre los grupos funcionales presentes en los claros, y 3) analizar la relación entre las precipitaciones post-erupción y la dinámica de las cenizas.

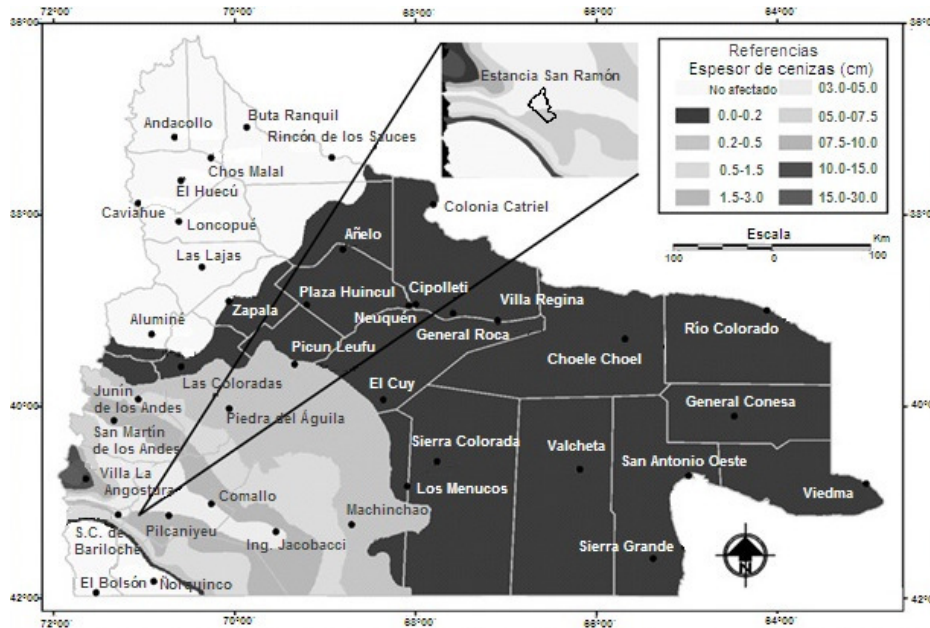
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en pastizales de la Estancia San Ramón, 30 km al este de Bariloche (41°03'19" S y 71°01'50" O) (Figura 1). El clima es templado frío, con un régimen de precipitaciones mediterráneo (60% en mayo-agosto) (Soriano et al. 1983). La precipitación media anual es de 580 mm y la temperatura media anual es de 8.6 °C (estación meteorológica Ea. San Ramón, datos no publicados). Los vientos dominantes provienen del oeste-noroeste, con frecuencias mayores en los meses de primavera-verano y velocidad media entre 30 y 35 km/h (Anchorena et al. 1993). La vegetación corresponde al Distrito Subandino de la Provincia Patagónica (Cabrera 1971). Está dominada por las gramíneas perennes *Pappostipa speciosa*, (ex *Stipa speciosa*) y *Festuca pallescens*. Los arbustos dominantes son *Mulinum spinosum*, *Senecio bracteolatus* y *Fabiana imbricata*. La cobertura de la vegetación es de ~60% y los claros entre coirones son colonizados por las especies herbáceas *Plagyobothrys verrucosus*, *Triplilium achilleae* y *Microsteris gracilis* (nativas) y *Erophila verna*, *Holosteum umbellatum* y *Rumex acetosella* (exóticas) (Ghermandi & Gonzalez 2009).

### Diseño experimental y análisis de los datos

En octubre de 2011 se eligieron al azar 20 claros en una hectárea de pastizal. Se midió la superficie de los mismos y la profundidad de la ceniza acumulada. Posteriormente, se retiró la ceniza utilizando palas, cepillos y aspiradora manual. La ceniza recolectada fue pesada en el laboratorio. En octubre 2011 y en enero 2012 se registró la frecuencia de especies en los claros y se la comparó con la frecuencia de especies pre-erupción de noviembre 2010 (Franzese, datos no publicados). A partir de mediciones realizadas en el mismo pastizal en 2010 (datos no publicados) se calculó la cobertura de las especies de la matriz y el porcentaje ocupado por los claros para estimar el peso de la ceniza en los claros



**Figura 1.** Mapa de las provincias de Río Negro y Neuquén indicando el área de estudio y la deposición de cenizas. En la ampliación se muestra la deposición de cenizas en la Estancia San Ramón. Mapa modificado de Gaitán et al. 2011.

**Figure 1.** Map of Río Negro and Neuquén provinces showing the study area and the ash deposition. Ash deposition in San Ramón Ranch is showed in detail. Map modified from Gaitán et al. 2011.



**Figura 2.** Perfil de acumulación de ceniza en los claros.

**Figure 2.** Ash accumulation profile in gaps.

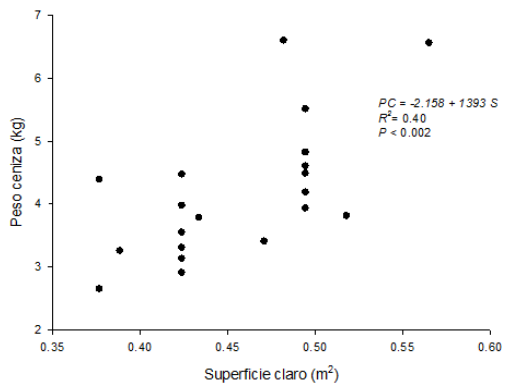
de una ha de pastizal. Se recopilaron los datos de precipitación de los meses post-erupción, de junio a septiembre de 2011 (Estación San Ramón y Estación Aeropuerto Bariloche).

Se realizó una regresión lineal utilizando la variable dependiente peso de las cenizas (kg) e independiente superficie de los claros (m<sup>2</sup>). Para calcular la superficie de los claros se utilizó la fórmula de una elipse. Los valores de precipitación acumulada de los meses post-erupción (junio-septiembre de 2011) se compararon con el valor promedio histórico de precipitación acumulada (período 1928-2010) utilizando una prueba t, comparación de una observación con la media de una muestra.

## RESULTADOS

La profundidad promedio de las cenizas por claro fue de 3.4±0.5 cm (Figura 2). El peso promedio de las cenizas fue de 4.2±1.1 kg. La asociación entre el peso de las cenizas y la superficie de los claros fue significativa ( $R^2=0.40$ ,  $P<0.002$ ) (Figura 3). Los claros ocupan 45% del pastizal, por lo que la ceniza acumulada en los claros fue de 41 t/ha.

La presencia de especies post-erupción



**Figura 3.** Regresión lineal entre el peso de las cenizas (PC) y la superficie de los claros (S).

**Figure 3.** Linear regression between ash weight (PC) and gap surface (S).

**Tabla 1.** Especies presentes en los claros en noviembre del 2010 (pre-erupción), octubre de 2011 y enero de 2012 (post-erupción). Para cada especie se indica la familia, la frecuencia (%), el origen: nativa (N) y exótica (E); y la presencia de órganos subterráneos. El asterisco indica la presencia de especies en claros no muestreados. Fuente: Flora Patagónica, Herbario Digital INTA.

**Table 1.** Species presence in gaps in November 2010 (pre-eruption), October 2011 and January 2012 (post-eruption). Family, frequency (%), origin: native (N) and exotic (E), and presence of subterranean organs are indicated for each species. Asterisks indicate the species presence in unsampled gaps. Source: Flora Patagónica, Herbario Digital INTA.

Espece	Familia	Noviembre 2010	Octubre 2011	Enero 2012	Origen	Presencia órganos subterráneos
<b>Anuales y bianuales</b>						
<i>Apera interrupta</i>	Poaceae	25	-	-	E	-
<i>Boopis gracilis</i>	Boraginaceae	5	-	-	N	-
<i>Collomia linearis</i>	Polemoniaceae	5	-	-	N	-
<i>Epilobium paniculatum</i>	Oenotheraceae	40	-	-	E	-
<i>Erophila verna</i>	Brassicaceae	5	-	-	E	-
<i>Holosteum umbellatum</i>	Caryophyllaceae	5	-	-	E	-
<i>Microsteris gracilis</i>	Polemoniaceae	10	-	-	N	-
<i>Triptilion achilleae</i>	Asteraceae	*	-	-	N	-
<i>Verbascum thapsus</i>	Scrophulariaceae	5	*	*	N	-
<b>Perennes</b>						
<i>Acaena pinnatifida</i>	Rosaceae	*	10	5	N	Rizoma
<i>Acaena splendens</i>	Rosaceae	*	-	-	N	-
<i>Cerastium arvense</i>	Caryophyllaceae	-	*	*	E	Rizoma
<i>Euphorbia collina</i>	Euphorbiaceae	*	-	-	N	Rizoma
<i>Festuca pallescens</i>	Poaceae	15	-	-	N	-
<i>Galium richardianum</i>	Rubiaceae	*	5	20	N	Rizoma
<i>Hordeum comosum</i>	Poaceae	15	*	5	N	Rizoma
<i>Hypochoeris incana</i>	Asteraceae	-	*	5	N	Rizoma
<i>Oenothera odorata</i>	Oenotheraceae	-	5	5	N	-
<i>Olsynium junceum</i>	Iridaceae	5	*	*	N	Rizoma
<i>Pappostipa speciosa</i>	Poaceae	55	-	-	N	-
<i>Poa lanuginosa</i>	Poaceae	25	45	35	N	Rizoma
<i>Poa resinulosa</i>	Poaceae	-	*	*	N	Rizoma
<i>Rodophiala mendocina</i>	Amaryllidaceae	10	*	10	N	Bulbo
<i>Rumex acetosella</i>	Polygonaceae	90	100	100	E	Rizoma
<i>Senecio bracteolatus</i>	Asteraceae	15	-	-	N	-
<i>Sisyrinchium arenarium</i>	Iridaceae	-	*	*	N	Rizoma
<i>Solidago chilensis</i>	Asteraceae	15	-	-	N	Rizoma
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	*	*	*	E	Rizoma
<i>Tristagma patagonicum</i>	Alliaceae	-	*	*	N	Bulbo
<i>Tropaeolum incisum</i>	Tropaeolaceae	5	*	*	N	Raíz tuberosa
<i>Valeriana clarionifolia</i>	Valerianaceae	-	5	5	N	Rizoma
Riqueza		24	17	17		
Perennes (%)		62,5	94	94		
Anuales y Bianuales (%)		37,5	6	6		

disminuyó (24 vs. 17), como también el porcentaje de especies anuales (37.5% vs. 6%). Todas las especies presentes post-erupción fueron perennes y con órganos subterráneos, con excepción de *Verbascum thapsus* (bianual). No se observaron plántulas de las especies dominantes de la matriz. *Rumex acetosella* fue la especie más frecuente en todas las fechas de muestreo (90-100%) y *Poa lanuginosa* fue más frecuente luego de la erupción (Tabla 1).

El valor de la precipitación acumulada de los meses de junio-septiembre de 2011 fue inferior al valor de precipitación promedio histórico (280.3 mm vs. 313.9 mm, respectivamente,  $t=2.67$ ,  $P=0.009$ ).

## DISCUSION

Los claros en los pastizales son importantes porque proveen sitios seguros (sensu Harper 1977) para la reproducción de las especies de la matriz (coirones y arbustos) y porque representan los sitios de biodiversidad (Ghermandi & Gonzalez 2009). El valor estimado de ceniza acumulada en los claros de una hectárea de pastizal es alto, lo que sugiere que su impacto sobre la vegetación (y sobre el ganado) va a ser importante y duradero, sobre todo debido al clima semiárido de la región. Las precipitaciones registradas de junio a septiembre de 2011 fueron muy inferiores a

la media, lo cual redujo la incorporación de la ceniza al suelo.

El espesor promedio de la ceniza es 3.4 cm, en concordancia con Gaitán et al. (2011). La acumulación de cenizas muy finas de más de 3 cm de espesor afecta a una amplia zona (Figura 1). Este hecho es relevante dado que las estancias de precordillera son las más productivas al ubicarse en el sector menos árido del gradiente oeste-este, y serían las más afectadas por la deposición de las cenizas. No obstante, la dinámica entre el clima y la ceniza cambia bastante de oeste a este. En el este, las precipitaciones son menores y la incorporación de las cenizas al suelo sería aún más lenta.

La asociación entre el tamaño de los claros y el peso de la ceniza fue significativa, como se esperaba, aunque el valor del  $R^2$  no fue muy alto (0.40). Es probable que esto se relacione con la microtopografía y con la distribución en el espacio de la vegetación dominante. La presencia de montículos, provocados por la actividad de animales cavadores, y/o los coirones o arbustos de diferentes tamaños limitando el claro producen una dinámica de la distribución de la ceniza a microescala que aumenta la heterogeneidad. A partir de la regresión se podrá estimar la cantidad de ceniza depositada en claros de diferente tamaño, siempre y cuando el espesor de la ceniza permanezca constante, de esta manera se podría conocer cuáles son los cuadros más afectados en una estancia.

La riqueza de especies fue más baja después de la erupción (24 vs. 17). Todas las especies fueron perennes y rizomatosas, con excepción de la bianual *Verbascum thapsus*. La especie más frecuente fue *Rumex acetosella* (Tabla 1), que normalmente es la dominante en los claros de los pastizales de *Pappostipa speciosa* y de *Festuca pallescens* (Franzese & Ghermandi 2011). Las especies rizomatosas o las geófitas, que poseen órganos subterráneos como bulbos, pueden rebrotar luego de la deposición de cenizas, y de esta manera son favorecidas en la colonización respecto de las anuales (del Moral & Grishin 1999). La abundancia de especies exóticas después de una erupción es un fenómeno frecuente (del Moral & Grishin 1999). Sin embargo, las exóticas anuales por lo general muy frecuentes en los claros (*Erophila verna*, *Holosteum umbellatum* y *Apera interrupta*) (Ghermandi & Gonzalez 2009), en este estudio no reclutaron. Es probable que estas anuales de invierno hayan germinado en otoño, antes

de la erupción que ocurrió en junio, y que hayan quedado enterradas bajo la capa de cenizas.

Las especies de la matriz del pastizal (*Pappostipa speciosa*, *Festuca pallescens*, *Acaena splendens* y *Senecio bracteolatus*) y que estaban presentes en los claros pre-erupción, no reclutaron luego de la erupción. No obstante, *Poa lanuginosa*, una de las gramíneas preferida por el ganado, aumentó su frecuencia post-erupción; durante el verano se registró mortalidad de esta especie (Tabla 1). La ceniza podría tener un efecto positivo y leve sobre la productividad del pastizal, aunque habría que monitorear la mortalidad de *P. lanuginosa* a fines de verano.

Si comparamos el comportamiento temprano de la vegetación luego de un incendio que afectó a 60% de la estancia en 1999 con la situación post-erupción, podemos concluir que los dos disturbios tienen un efecto opuesto. El fuego aumenta la diversidad al promover la germinación de muchas especies anuales (Ghermandi et al. 2004; Gonzalez & Ghermandi 2008), mientras que la acumulación de ceniza (si la erupción ocurre en invierno) la disminuye porque no permite el reclutamiento de las anuales. Sin embargo, estas especies poseen bancos de semillas persistentes, por lo que es esperable que puedan recuperarse.

Existen muchos volcanes activos en la cordillera patagónica. La frecuencia de erupciones en la región es de alrededor de 50 años. Creemos que en el caso de las "adaptaciones" de las plantas a la acumulación de ceniza, valen las mismas consideraciones que generan las discusiones teóricas respecto de las adaptaciones al fuego (Bradshaw 2011; Keeley et al. 2011). Las hierbas perennes tienen características que no se relacionan solo con sobrevivir bajo la acumulación de ceniza volcánica, pero le facilitan su permanencia post-erupción. A partir del levantamiento de la Cordillera de los Andes, la actividad volcánica ha sido muy importante en esta región (Ramos 1999) y es muy probable que las especies hayan evolucionado en presencia de este disturbio.

AGRADECIMIENTOS: Agradecemos a J. Gaitán por el envío del mapa de deposición de cenizas, a D. Moguilevsky por su colaboración en el campo, a A. Spoturno y N. Dudinszky por la ayuda en el inglés y al encargado de la estancia San Ramón A. Hodgson. Este estudio fue financiado por el Programa de Emergencia Volcánica (PROEVO).

## BIBLIOGRAFÍA

- ANCHORENA, J; AM CINGOLANI & D BRAN. 1993. *Mapa de vegetación de Estancia San Ramón*. Comunicación técnica N° 24. Recursos Naturales-Relevamiento, Proy. Ludepa, Convenio INTA-GTZ, S.C. de Bariloche, Argentina.
- BESOAIN, EM; R RUIZ & CK HEPP. 1995. La erupción del volcán Hudson, XI región y sus consecuencias para la agricultura. *Agricultura Técnica (Chile)*, **55**:204-219.
- BRADSHAW, SD; KW DIXON; DS HOPPER; H LAMBERS & SR TURNER. 2011. Little evidence for fire-adapted plant traits in Mediterranean climate regions. *Trends in Plant Sci.*, **16**:69-76.
- CABRERA, AL. 1971. Compositae. En: Correa, MN (ed.). *Flora Patagónica 7*. ACME, Buenos Aires, Argentina.
- CHAPIN, D & LC BLISS. 1988. Soil-plant water relations of two subalpine herbs from Mount St. Helens. *Can. J. Bot.*, **66**:809-818.
- DEL MORAL, R & SY GRISHIN. 1999. The consequences of volcanic eruptions. Capítulo 5. Pp.137-159 en: Walker, LR (ed.). *Ecosystems of Disturbed Ground*. Ed. Elsevier Science, Amsterdam.
- FRANZESE, J & L GHERMANDI. 2011. Effect of fire on recruitment of two dominant perennial grasses with different palatability from semi-arid grasslands of NW Patagonia (Argentina). *Plant Ecol.*, **213**:471-481.
- GAITÁN, JJ; JA AYESA; F UMAÑA; F RAFFO & DB BRAN. 2011. *Cartografía del área afectada por cenizas volcánicas en las provincias de Río Negro y Neuquén*. Informe Técnico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental S.C. de Bariloche.
- GHERMANDI, L; N GUTHMANN & D BRAN. 2004. Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *J. Veg. Sci.*, **15**:67-76.
- GHERMANDI, L & S GONZALEZ. 2009. Diversity and functional groups dynamics affected by drought and fire in Patagonia grasslands. *Ecoscience*, **16**:408-417.
- GONZALEZ, S & L GHERMANDI. 2008. Postfire seed bank dynamics on semiarid grasslands. *Plant Ecol.*, **199**: 175-185.
- HARPER, JL. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London. Pp. 892.
- Herbario digital INTA. 2012. herbariodigital.inta.gov.ar. Consultado el 19-01-2012.
- INFOBAE. [www.infobae.com/notas/614093-Rige-alerta-roja-por-erupcion-del-volcan-Hudson.html](http://www.infobae.com/notas/614093-Rige-alerta-roja-por-erupcion-del-volcan-Hudson.html). Consultado el 30-12-2011.
- KEELEY, JE; JG PAUSAS; PW RUNDEL; WJ BOND & RA BRADSTOCK. 2011. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Sci.*, **16**:406-411.
- MAZZOLENI, S & M RICCIARDI. 1993. Primary succession on the cone of Vesuvius. Pp.101-112 en: MILES, J & DWH WALTON (eds.). *Primary succession on land*. Ed. Blackwell Scientific Publications, Vienna.
- RAMOS, VA. 1999. Rasgos estructurales del territorio argentino. 1. Evolución tectónica de la Argentina. *Anales*, **29**:715-784.
- SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA DE CHILE. 2012. [www2.sernageomin.cl/ovdas/ovdas7/informativos2/RAV\\_XIV\\_2010.html](http://www2.sernageomin.cl/ovdas/ovdas7/informativos2/RAV_XIV_2010.html). Consultado el 17-04-2012.
- SHINAGAWA, A. 1962. Further accumulation of humus on the volcanic ash soils originated from volcano Sakurajimás ashes. Kagoshima University. *Bulletin Faculty of Agronomy*, **11**:115-205.
- SIFFREDI, G; D LÓPEZ, J AYESA, E BIANCHI, V VELASCO; ET AL. 2011. Reducción de la accesibilidad al forraje por caída de cenizas volcánicas. *Revista Presencia. Edición Especial*, **57**:20-25.
- VILLAGRA, S; J AYESA; F RAFFO & M EASDALE. 2011. Análisis productivo y especial de la zona afectada por la caída de cenizas del Cordón Caulle-Puyehue para la Patagonia Norte. *Revista Presencia. Edición Especial*, **57**:20-25