

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





Material destinado a autores
No se permite su distribución

A DIEZ AÑOS DE LA ERUPCIÓN DEL PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

Material destinado a autores
No se permite su distribución





Material destinado a autores
No se permite su distribución

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**



Material destinado a autores
No se permite su distribución



Utilice su escáner de
código QR para acceder
a la versión digital

Índice

- 9 | Prefacio
Sandra Murriello, Gonzalo Barrios García y Alberto Caselli
- 15 | Prólogo
Guido P. Galafassi
- 19 | Capítulo 1
Memorias del Puyehue-Cordón Caulle
Sandra Murriello y Liliana Pierucci
- 37 | Capítulo 2
Andando y desandando las representaciones sobre el riesgo geológico. El caso San Carlos de Bariloche y la Norpatagonia
Gonzalo Barrios García y Liliana Pierucci
- 57 | Capítulo 3
Las múltiples dimensiones del fenómeno volcánico en la Patagonia Norte: aportes científicos interdisciplinarios del Grupo GEA para el estudio de la erupción del Cordón Caulle
Gustavo Villarosa, Valeria Outes, Débora Beigt, Pablo N. Amat y Pablo A. Salgado
- 97 | Capítulo 4
Resiliencia en tiempos de crisis volcánica: estrategias de las economías de pequeña y microescala barilocheñas
Evelyn del Valle Colino, Mariana Dondo Buhler y Héctor Martín Civitaresi
- 111 | Capítulo 5
Geniza volcánica en la región sur de Río Negro: estudios, resultados y lecciones aprendidas de la erupción 2011-2012 del volcán Cordón Caulle
Donaldo Bran, Lucía Domínguez, Pablo Forte, Virginia Velasco, Anabella Fantozzi y Juan Gaitán
- 135 | Capítulo 6
Reflexiones y aprendizajes sobre el repoblamiento con cabras criollas neuquinas en la Línea Sur rionegrina
Pablo Losardo, Sofía Lammel, Mercedes Ejarque, Graciela Preda, Marcelo Pérez Centeno y María Rosa Lanari

Material destinado a autores
No se permite su distribución


EDITORIAL
UNRN

Material destinado a autores
No se permite su distribución

- 153 | Capítulo 7
Impactos de la erupción del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle sobre lagos, lagunas, embalses y su biota
Pablo H. Vigliano, Mailén E. Lallement, Patricio J. Macchi, Magalí Rechencq, Gustavo E. Lippolt, Marcelo F. Alonso, Eduardo E. Zattara, María Valeria Fernández y Alejandro Sosnovsky
- 181 | Capítulo 8
Impactos de la erupción del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle sobre arroyos, ríos y su biota en la Patagonia andina
Mailén E. Lallement, Patricio J. Macchi, Magalí Rechencq, Gustavo E. Lippolt, Marcelo F. Alonso, Eduardo E. Zattara, María Valeria Fernández, Alejandro Sosnovsky y Pablo H. Vigliano
- 203 | Capítulo 9
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
- 217 | Autorías y colaboraciones

Ceniza volcánica en la región sur de Río Negro: estudios, resultados y lecciones aprendidas de la erupción 2011-2012 del volcán Cordón Caulle

Donald Bran, Lucía Domínguez, Pablo Forte, Virginia Velasco, Anabella Fantozzi y Juan Gaitán

5.1. Introducción

La erupción del volcán Cordón Caulle en 2011 representó una de las crisis volcánicas más importantes de la historia moderna de Argentina impactando severamente sobre gran parte de la Patagonia norte. Este ciclo eruptivo comenzó el 4 de junio y tuvo una duración aproximada de 14 meses (figura 5. 1). La actividad explosiva más importante ocurrió durante los primeros diez días de la erupción con columnas eruptivas que alcanzaron los 12 km de altura sobre el nivel del cráter, ocurrencia de flujos piroclásticos en las proximidades del volcán y dispersión de grandes volúmenes de ceniza hacia territorio argentino (Bonadonna y otros, 2015). Luego de ese periodo inicial, la intensidad de la erupción disminuyó progresivamente dando paso a la emisión de lavas acompañadas por columnas eruptivas esporádicas que oscilaban entre 1 y 4 km de altura (Schipper y otros, 2013).

Si bien la erupción tomó por sorpresa a gran parte de las instituciones argentinas, el Cordón Caulle comenzó a dar señales de reactivación varios meses antes. Esto fue oportunamente reportado por el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN), quien monitoreaba este sistema desde 2010 e informaba sobre variaciones en su actividad mediante reportes periódicos y un sistema de alertas volcánicas en la escala del verde, amarillo, naranja y rojo (figura 5. 1). Los primeros cambios significativos fueron identificados en marzo de 2011, mientras que el 27 de abril el nivel de alerta fue modificado de verde a amarillo. Un nuevo aumento en la sismicidad llevó a SERNAGEOMIN, el 2 de junio, a cambiar la alerta a naranja. Horas antes de la erupción, el 4 de junio, la institución alertó sobre su inminencia subiendo la alerta a rojo (Elissondo y otros, 2016).

La erupción afectó, en diverso grado, múltiples provincias del país, incluyendo a la Ciudad de Buenos Aires, a más de 1400 km de distancia. Aquí se hará foco en la región sur de Río Negro y, especialmente, en la localidad de Ingeniero Jacobacci (desde ahora, Ing. Jacobacci) y sus alrededores.

Material destinado a autores
No se permite su distribución



Previo a la erupción, desde la Estación Experimental Agropecuaria Bariloche del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA-INTA Bariloche, desde ahora INTA) se venían evaluando los procesos de desertificación que afectan esta zona del país a través del Proyecto de Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Secas, LADA-FAO (Bran, Velasco y Gaitan, 2011). Esto adquirió continuidad, a partir de 2013, en el marco de un proyecto específico de INTA para desarrollar un Observatorio de Sustentabilidad Rural en Ing. Jacobacci, integrante a su vez de la red de Sitios Piloto del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación. En este sentido, el observatorio, junto con todo el trabajo previo y experiencia territorial de la institución en la zona, sirvió de base para que INTA articule un grupo de trabajo interinstitucional y multidisciplinario desde el que se abordaron una multiplicidad de investigaciones vinculadas a la irrupción del fenómeno volcánico en la zona. Estos esfuerzos incluyeron la colaboración de un gran número de personas reconocidas en las autorías de distintos trabajos citados a lo largo del texto.

A 10 años de la erupción, el presente capítulo busca sistematizar las estrategias empleadas por este equipo de trabajo para el estudio del ciclo eruptivo, desde la evaluación rápida de la caída de ceniza volcánica en las primeras semanas hasta la caracterización de procesos posteriores vinculados al ciclo de vida de este material volcánico y sus impactos en el medioambiente y las personas. En relación con esto último, en el texto se repasan, también, las condiciones de vulnerabilidad socioambiental de la región de Ing. Jacobacci que coadyuvaron a que el evento generase una crisis productiva ganadera. Además, se evalúa el impacto a corto y mediano plazo de las principales respuestas institucionales para mitigarla. Para este fin, se recopilan y describen los principales proyectos postemergencia implementados en este territorio por distintos organismos e instituciones municipales, provinciales y nacionales. Por último, se propone un espacio para discutir la evolución del territorio a 10 años de la crisis y reflexionar sobre cómo utilizar esta experiencia, y la información generada, para la gestión local del riesgo en estos territorios expuestos a recurrentes erupciones volcánicas, fuertes condiciones erosivas y un contexto socioeconómico altamente vulnerable.

Material destinado a autores
No se permite su distribución

EDITORIAL
UNIN

Figura 5. 1. Cronología del ciclo eruptivo del volcán Córdón Caulle: actividades y respuestas

	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Jul-Dic	Ene-Jun													
Nivel de alerta (Sernageomin)	27 Ab amarilla	2 Jun naranja	4 Jun rojo *	5-6 Jun rojo *	6-12 Jun rojo	13-30 Jun rojo	Agosto verde ausencia emisiones conizal)												
Caida de tierra (videlace del depósito)				Unidad I	Unidad II	Unidad III	Unidad IV												
Actividades INTA-UNIGE*	Caract socio-fisica		Caeeatzercazon		Mapa deposito primario (35 dias)		Mapa de la caeeatzercazon de canchales (04c)		Mapa de muestreo de depósitos, Observaciones campo		Feb/Dic: muestreo depósitos, Observaciones campo		Feb/Dic: muestreo depósitos, Observaciones campo		Feb/Dic: muestreo depósitos, Observaciones campo		Feb/Dic: muestreo depósitos, Observaciones campo		
	Caract socio-ambiental		Caeeatzercazon		Muestreo de material aerotransportado (colectores horizontales)		Estudios de vulnerabilidad		Feb/Dic: muestreo depósitos, Observaciones campo										
Respuestas Institucionales	Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		Asistencia primaria: provision de alimento, agua mineral, insumos de seguridad y repuestos de		
	Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje		Primeras provisiones de forraje
Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos		Tickets ganaderos	

* Cambio de nivel a 10p horas antes de la erupción
T1: Taller de repoblamiento ganadero
T2: Taller Científico Internacional: Wind-remobilisation processes of volcanic ash - <https://hub.org/resources/4602>
T3: Taller de impactos de la caída primaria de cenizas volcánicas y de su posterior remobilización eólica -
T4: Taller de monitoreo participativo

5.2. Evaluación y monitoreo de la distribución de ceniza volcánica: cartografía del depósito y su evolución

Transcurridos los primeros días del inicio de la erupción, y considerando que la magnitud de los impactos ambientales, sociales y económicos estarían en gran medida relacionados con la cantidad de ceniza volcánica caída, desde el Laboratorio de Teledetección del INTA se comenzó a trabajar en la elaboración de un mapa que mostrase su distribución y espesor en las provincias de Río Negro y Neuquén (figura 5. 2). Para esto se contó con la cofinanciación de un proyecto PROEVO (Programa de Emergencia Volcánica de la Universidad de Río Negro) y se utilizó una metodología expeditiva consistente en recorrer los principales caminos de la región y de manera equidistante hacer mediciones georreferenciadas del espesor de ceniza acumulada sobre el suelo. Las recorridas comenzaron a tres días de iniciada la erupción y se extendieron durante 52 días. De un total de 276 mediciones, se seleccionaron 221 al azar para la elaboración del mapa y se aplicó el método de interpolación de Kriging (Karnieli, 1990) de la herramienta geoestadística del software ArcGis 9.2. Las 55 mediciones restantes se utilizaron para la validación del mapa. En el mapa obtenido se diferenciaron 10 zonas, desde áreas no afectadas (clase 1) hasta zonas con un espesor de ceniza acumulado en suelo de 15 a 30 cm (clase 10) (figura 5. 2, a). La validación del mapa arrojó una exactitud global del 76.5 % (Gaitán, Ayesa, Umaña, Raffo y Bran, 2011).

Un primer análisis del mapa resultante evidencia un eje de dispersión y sedimentación predominantemente NO-SE –en donde se concentran las mayores acumulaciones de material–. Este eje coincide con las localidades de Villa La Angostura e Ing. Jacobacci y responde a la dirección de los vientos dominantes en la región. A partir del mapa, y considerando la superficie y el valor medio del rango de cada clase, se calculó un volumen aproximado de 146 km³ para el depósito de caída de ceniza. Esta cantidad equivaldría a aproximadamente 950 millones de toneladas considerando una densidad aparente promedio de 0,65 ton/m³ (Cremona, Ferrari y López, 2011). Debe plantearse que estos cálculos no incluyeron el material caído en Chile ni en otras provincias del país distintas a Neuquén y Río Negro.

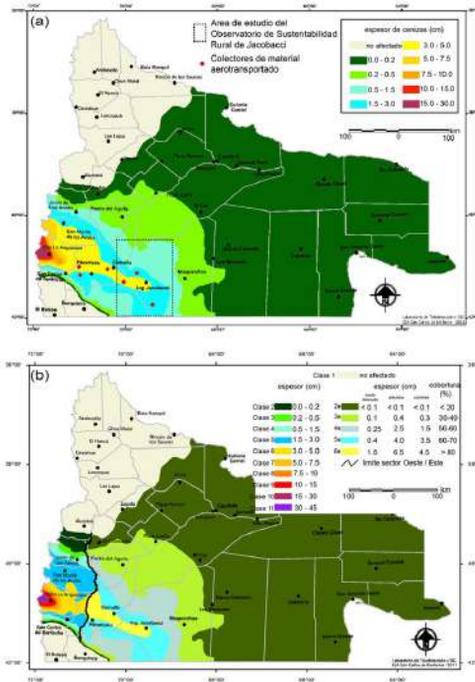
Pasados seis meses de la erupción se realizó una segunda evaluación para monitorear la evolución de las áreas afectadas (Gaitán, Bran y otros 2011). Entre el 25 de noviembre y el 15 de diciembre de 2011 se realizaron mediciones de ceniza acumulada en 203 sitios. Durante la recorrida de campo se observó que, en sectores al este de Pilcaniyeu, los espesores habían dejado de tener una cobertura homogénea sobre la superficie evidenciando la ocurrencia de procesos de removilización. Las diferencias más significativas en este segundo mapa fueron: i) una leve disminución en los espesores en el sector oeste (Bariloche, San Martín de los Andes), en

Material destinado a autores
No se permite su distribución

EDITORIAL
UNIN

gran parte atribuible a la compactación por efecto de las precipitaciones y ii) un aumento en el espesor en la zona más próxima al volcán (de 5 a 8 cm de espesor), cercana al límite internacional con Chile, relacionado con emisiones intermitentes de cenizas más finas (figura 5. 2 b). Si bien en términos generales el nuevo mapa no evidencia cambios significativos en los espesores promedio de los depósitos, en el sector este se observaron fuertes procesos de redistribución, con micrositos con una importante pérdida de ceniza –sobre suelos sin cubierta vegetal–, y otros con acumulaciones que superaban ampliamente el espesor depositado inicialmente –principalmente en arbustos– (Gaitán, Bran y otros, 2011).

Figura 5. 2. Mapas del área afectada por cenizas en las provincias de Río Negro y Neuquén a un mes (a) y a 6 meses de iniciada la erupción (b)



Fuente: (a) Gaitán, Ayesa, y otros (2011); y (b) Gaitán, Bran, y otros (2011)



Para una visualización correcta de la imagen, se recomienda acceder al siguiente enlace https://bit.ly/puyehue_2 o escanear el código QR.

5. 3. Una ventana de observación al ciclo de vida de la ceniza volcánica

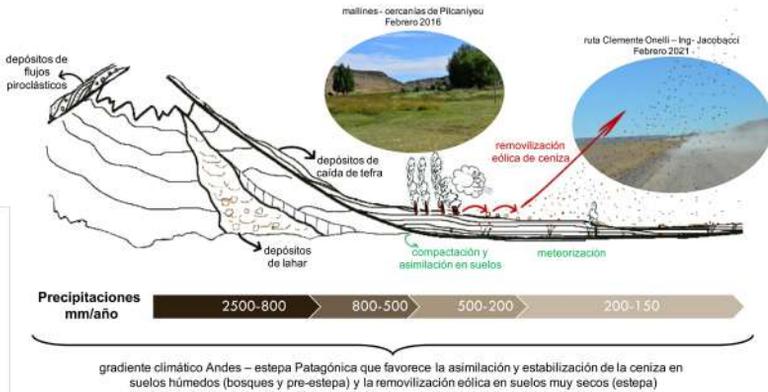
La erupción del Cordón Caulle en 2011, y el tiempo transcurrido desde entonces, brindaron la oportunidad de observar y estudiar diversos procesos exógenos vinculados al ciclo de vida de la ceniza volcánica (figura 5. 3). Como se mostró en la sección anterior, una vez inyectado en la atmósfera, este material volcánico fue transportado y dispersado por el viento hasta, finalmente, ser depositado por acción gravitatoria tapizando una diversidad de relieves y ambientes (figura 5. 2). En las proximidades del volcán, los depósitos se constituyeron mayormente por material grueso (lapilli mediano) mientras que en la estepa patagónica estaban dominados exclusivamente por ceniza muy fina (Pistolesi y otros, 2015).

La capacidad de preservación de los depósitos de ceniza volcánica y su subsecuente participación en procesos pedogenéticos está intrínsecamente relacionada a las condiciones climáticas y de cobertura vegetal del terreno. Los relevamientos de campo realizados por Juan Gaitán, Javier Ayesa y otros (2011), Juan Gaitán, Donald Bran y otros (2011) y Lucía Domínguez, Costanza Bonadonna y otros (2020) demostraron la celeridad con que estos depósitos comenzaron a ser afectados por procesos superficiales. A los 10 años, el depósito primario se encuentra mejor conservado en las zonas próximas al volcán (Andes) y de transición a la estepa (San Carlos de Bariloche-Pilcaniyeu) (Domínguez, Bonadonna y otros, 2020). En las zonas semiáridas cercanas a Pilcaniyeu, la formación de suelos incorporando la ceniza como agregados en áreas de mallines contribuyó a una recuperación importante del ecosistema (Enríquez, Necpalova, Cremona, Peri y Six, 2021). Cinco años después de la erupción se comprobó la formación incipiente de suelos ricos en carbono y nitrógeno demostrando un incremento de la capacidad de secuestro de carbono en estos ambientes (figura 5. 4 a) y una alta capacidad de estabilización de la ceniza, contrarrestando los efectos negativos de la removilización eólica. Sin embargo, se observa también una mayor fragilidad de los suelos debido a los agregados de ceniza, lo que implica una mayor susceptibilidad a la degradación (Enríquez y otros, 2021). En las zonas más áridas de la estepa –como Ing. Jacobacci–, el depósito primario está muy poco conservado. Se observan, en cambio, depósitos de ceniza removilizada asociados a las plantas –que reincorporan la ceniza en sus raíces (figura 5. 4 c)–; así como parches de depósitos en los flancos de dunas u otras geoformas típicas de la región (figura 5. 4 d) (Domínguez, Bonadonna y otros, 2020).

Material destinado a autores
No se permite su distribución

EDITORIAL
UNRN

Figura 5. 3. Ciclo de vida de la ceniza volcánica y sus componentes exógenos



Fuente: Donaldo M. Bran, 2016 y 2021 (mallines en cercanías de Pilcaniyeu y ruta Clemente Onelli-Jacobacci, respectivamente)

Nota. En el margen inferior se representa el gradiente de precipitaciones anuales promedio para la zona afectada por la erupción de Cordón Caulle, desde la cordillera de los Andes hasta la estepa patagónica.

Esta erupción permitió también indagar sobre los mecanismos y dinámicas asociadas a estos procesos de removilización eólica. Para ello, resultó muy beneficioso un sistema de colectores (figuras 5. 2 y 5. 4, a) que INTA –en colaboración con la Universidad de La Pampa– había instalado para un estudio de erosión eólica en el marco del Proyecto LADA-FAO, y que permitía el muestreo del flujo de material transportado por el viento en los niveles bajos de la superficie (Panebianco, Mendez, Buschiazzo, Bran y Gaitán, 2017). Esta estrategia de muestreo horizontal a diferentes alturas (0.15, 0.50 y 1.50 m; figura 5. 4, a) nunca había sido aplicada para el estudio de erosión de ceniza volcánica fresca durante un periodo de recolección tan amplio (2011 a 2016), ni mediante una red con distribución espacial tan extensa (~140 km desde Bariloche a Ing. Jacobacci), y coincidente con el eje principal de dispersión de la pluma volcánica (figura 5. 2). La extensa base de datos obtenida a partir de los colectores permitió identificar dos periodos principales con flujos de material aerotransportado claramente diferentes (Domínguez, Rossi y otros, 2020; Panebianco y otros, 2017). La primera fase, con valores que alcanzaron hasta 6 kg/m/día, tuvo una duración entre 6 y 8 meses después de iniciada la erupción (junio 2011-enero 2012). La segunda está representada por flujos de sedimentos mucho menores que decaen asintóticamente con el tiempo hacia las condiciones preruptivas desde 0.5 kg/m/día en febrero

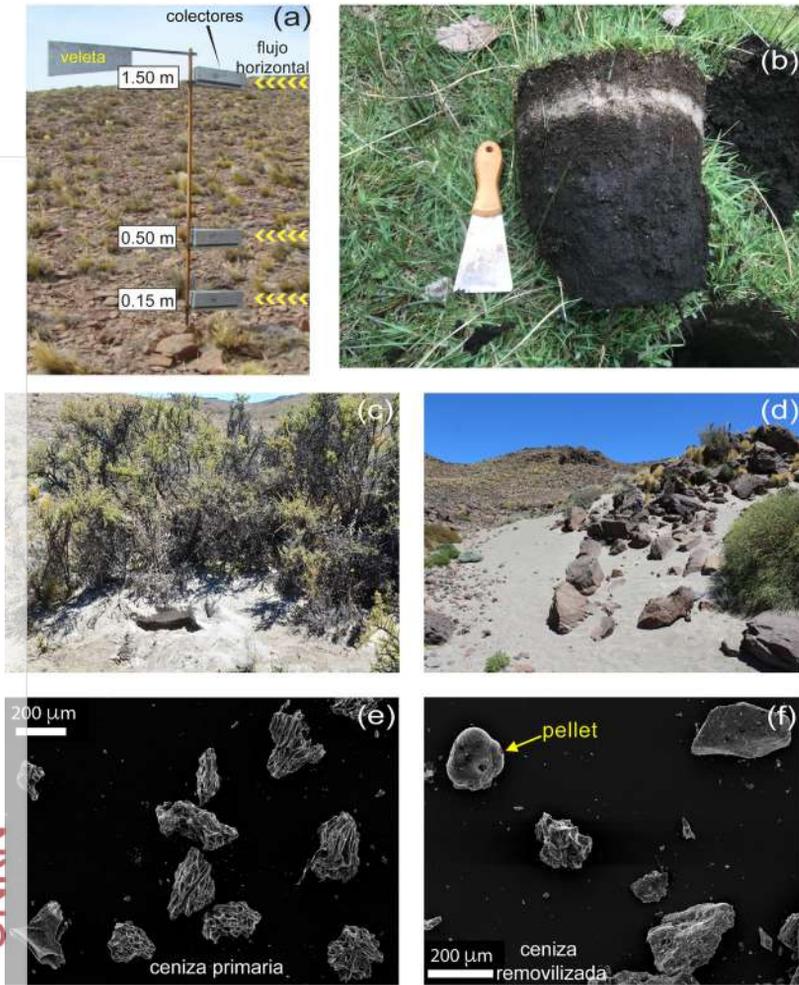
de 2012 hasta <0.01 kg/m/día en 2016. Este decaimiento evidencia que un volumen considerablemente mayor de cenizas fue removilizado durante los primeros meses. A su vez, los análisis granulométricos demostraron que el material colectado durante ese período tenía un tamaño promedio de $\sim 50\text{-}70\ \mu\text{m}$, coincidente con la fracción granulométrica más fácilmente transportada por el viento (Domínguez, Rossi y otros, 2020). Por su parte, el material recuperado durante la segunda fase es gradualmente más grueso ($>100\ \mu\text{m}$ en promedio) y, por este motivo, es removilizado más lentamente. Según Forte y otros (2018), un importante punto de inflexión en cuanto a la disminución de la frecuencia de eventos fueron las fuertes precipitaciones que ocurrieron en abril de 2014. Estas lluvias contribuyeron al lavado de la superficie, pero también a la compactación de la ceniza y estabilización de los suelos con el tiempo. Sin embargo, el polvo de sedimentos y ceniza mezclados queda aún en el ambiente y se hace notorio particularmente asociado a actividades humanas (ej. tránsito de vehículos o movimiento de animales).

El análisis por medio de microscopía electrónica permitió observar que la ceniza de Cordón Caulle está compuesta de pómez muy vesiculares irregulares con bordes angulosos (figura 5. 4, e), mientras que las partículas removilizadas son una mezcla de diferentes fuentes incluyendo pellets (material orgánico mineralizado) y material no volcánico. Las cenizas removilizadas son más subangulares a subredondeadas con bordes superficies más suavizados debido a la fricción entre las partículas al ser transportadas por el viento (figura 5. 4, f). Todas estas características físicas permitieron inferir que las partículas más fácilmente levantadas por el viento (típicamente entre 63 y $100\ \mu\text{m}$) son aquellas más rápidamente removilizadas por saltación y suspensión. Por su parte, las partículas más gruesas permanecen más tiempo en la superficie, ya que necesitan vientos más fuertes para ser transportadas (Domínguez, Bonadonna y otros, 2021). Sin embargo, debido a que la granulometría del depósito primario (ceniza fina) se encuentra dentro del rango de transporte eólico, diez años después de la erupción encontramos que esta unidad ha sido completamente erodada en la región de Ing. Jacobacci. Las únicas excepciones se encontraron en algunos lugares protegidos del viento, a sotavento de la vegetación y de rocas, y los casos en los que la ceniza fue asimilada en los suelos húmedos de mallines.

Material destinado a autores
No se permite su distribución

EDITORIAL
UNIN

Figura 5. 4. Estrategia de muestreo (a), depósitos de ceniza removilizada (b-d), partículas asociadas a la caída primaria de cenizas (e) y removilización eólica (f)



Material destinado a autores
No se permite su distribución

EDITORIAL
UNRN

Fuente: Donaldo E. Bran (a), Lucía Domínguez (b), (c), (d), (e) y (f)

Las condiciones climáticas y ambientales de Ing. Jacobacci, caracterizadas por muy bajas precipitaciones, fuertes vientos y escasa cobertura vegetal, representaron las condiciones ideales para que el material volcánico depositado, muy fino y no consolidado, pudiera ser removilizado por la acción del viento. Esto dio lugar a la ocurrencia de variados fenómenos eólicos denominados litometeoros (Domínguez, Bonadonna y otros,

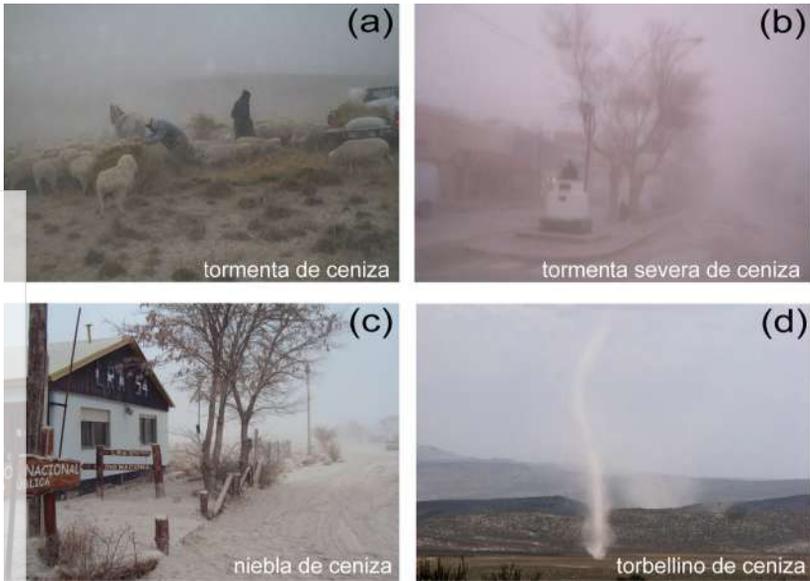
2020). Tormentas y niebla de ceniza (figura 5. 5, a-c) empezaron a ocurrir casi inmediatamente después de iniciada la erupción y se hicieron muy recurrentes, sobre todo, en los meses de primavera-verano de 2011 y 2012 (Forte y otros, 2018). Con vientos medios de 25 km/h y ráfagas que alcanzaron 70 km/h, algunas de estas tormentas de ceniza persistieron incluso hasta nueve días consecutivos, generando una niebla densa con una alta concentración de partículas volcánicas. Otros fenómenos más locales y de corta duración, pero muy característicos de la zona, fueron los torbellinos de ceniza que se levantan varias decenas a centenas de metros por encima de la superficie (figura 5. 5, d). Según los testimonios de los habitantes de Ing. Jacobacci, los eventos de removilización eran mucho más frecuentes en las tardes. Esto fue confirmado por los estudios de Domínguez, Rossi y otros (2020) y Mingari y otros (2020), donde se muestra que los vientos en la región son más fuertes a partir de las 13 horas, con velocidades medias entre 30 y 50 km/h.

La ventana de observación proporcionada por estos diez años desde el inicio de la erupción del Cordón Caulle representa una oportunidad única para comprender la dinámica de la estepa patagónica ante la irrupción de procesos volcánicos. La multiplicidad de estudios realizados permitió mejorar los modelos numéricos de pronóstico de removilización de cenizas, específicamente el de dispersión de ceniza Fall3D –utilizado por el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina y los Centros de Aviso de Ceniza volcánica (VAACS, por sus siglas en inglés)– para las evaluaciones de peligrosidad y potencial impacto en regiones volcánicas (Collini y otros, 2013; Holch, Mingari, Osoreo y Collini, 2014; Mingari y otros, 2020). Por último, el esfuerzo multidisciplinario aquí resumido convergió en la realización del taller científico internacional *Wind-remobilisation processes of volcanic ash* (figura 5. 1, T2), organizado por INTA y la Universidad de Ginebra, en el cual se discutieron los últimos avances y los objetivos de la investigación futura (Mingari y otros, 2020).

Material destinado a autores
No se permite su distribución

EDITORIAL
UNIN

Figura 5. 5. Fenómenos meteorológicos de ceniza volcánica (litometeoros) observados en la región de Ing. Jacobacci



Fuente: Liliana García (a), Marcelo Ramallo (b), Pablo Zamorano (c), Donaldo E. Bran (d)

Material destinado a autores
No se permite su distribución

5. 4. Principales impactos y respuestas en la zona rural de Ing. Jacobacci

La caída primaria de ceniza y su posterior removilización impactó severamente en Ing. Jacobacci y sus alrededores. Esta zona se caracteriza por un clima árido y frío, condiciones que restringen el desarrollo de la cubierta vegetal y, por lo tanto, la productividad primaria sobre la que se basa la ganadería extensiva, principal actividad económica de la región. Esta es principalmente ovina –para producción de lana– y, en menor medida, de caprinos y bovinos. La presencia de este último tipo de ganado está condicionada por la existencia de mallines, ambientes que se desarrollan en los valles de la región y que albergan los pastizales más productivos y de mayor valor forrajero (Bran, López, Marcolin, Ayesa y Barrios, 1998). Además de estas limitantes naturales, la región se ve afectada regularmente por eventos hidrometeorológicos. Nevadas intensas como la de 1984 aún perduran en el recuerdo de los pobladores, además de las sequías prolongadas que son frecuentes en la zona. De hecho, al momento de la erupción,

EDITORIAL
UNRN

Ing. Jacobacci ya venía siendo afectado por una sequía desde al año 2007 (Easdale y Rosso, 2010; Forte y otros, 2018).

El sector rural está integrado por productores de distintas escalas, aunque más del 80 % son pequeños productores campesinos (Bran y otros, 2011), cuya organización social del trabajo es predominantemente de base familiar. La tenencia de los predios es precaria en la mayoría de estos casos, y la tierra continúa bajo dominio fiscal de la provincia. Entre sus formas de organización social se destacan las comunidades indígenas y las cooperativas ganaderas. En el sitio piloto existen unas 20 comunidades mapuche con distinto grado de reconocimiento estatal (Bran, Velasco, Fantozzi y Gaetano, 2019). Por su parte, las cooperativas están presentes en la zona desde principios de la década del setenta, cuando surgió la Cooperativa Ganadera Indígena (CGI). Desde entonces combinan funciones de comercialización conjunta –principalmente venta de lana y compra de víveres e insumos–, con otras de mediación, tanto políticas para canalizar las demandas del sector (Murgida, Laham, Chiappe y Kazimierski, 2016) como de articulación con las instituciones técnicas y agencias de desarrollo.

Las condiciones de vulnerabilidad socioambiental de la población expuesta –en su dimensión social, económica, productiva y ambiental (Fantozzi, Blanco y Bran, s.f.)–, la carencia de un plan de contingencia y la no difusión de las primeras alertas, se conjugaron para que los efectos de la erupción generasen una crisis de gran impacto tanto en el sector urbano como rural.

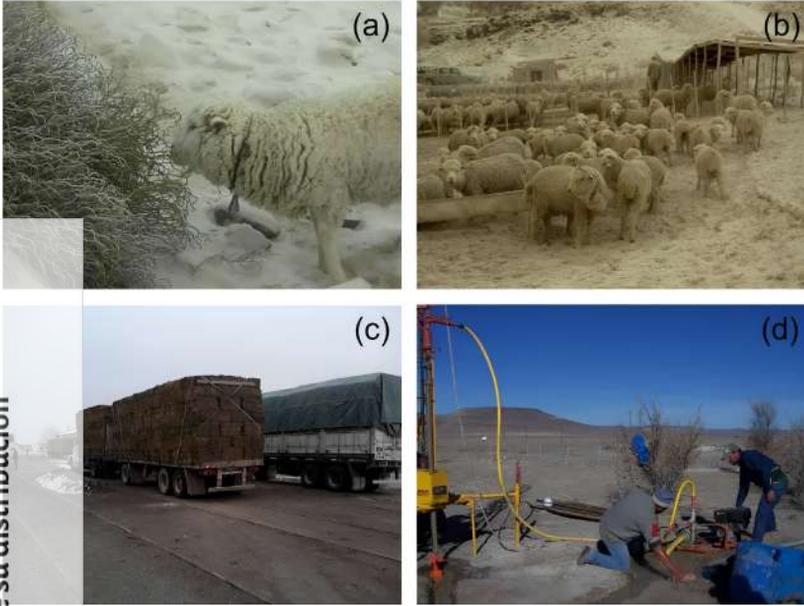
Durante los primeros días de posterupción, la ciudad de Ing. Jacobacci –con 6261 habitantes (INDEC, 2010)– vio amenazado el abastecimiento de combustible y de algunos alimentos. El suministro eléctrico y la provisión de agua corriente también fueron afectados –con una demanda incrementada por su utilización para limpiar la ceniza en casas y calles–. Durante los primeros días de la erupción, la ciudad estuvo aislada y las vías de comunicación se vieron interrumpidas. Se suspendieron las actividades educativas durante los primeros días de la erupción (Elissondo y otros, 2016), y siguieron con interrupciones incluso hasta finales de 2013, principalmente en los meses de primavera-verano, debido a eventos de removilización de cenizas (Domínguez, Bonadonna, Frischknecht, Menoni, y García, 2021). En enero 2012 se conformó una sala de situación de contingencia con base en el hospital local para evaluar el impacto sanitario de la erupción (Prieto y otros, 2012). Entre sus resultados, destacan que mediciones de calidad de aire realizadas por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEMEGAR) entre septiembre y noviembre de 2011 arrojaron concentraciones de material particulado menor a 10 micrones (PM10) por encima de los valores de umbral máximos recomendados. En las zonas rurales, durante los primeros días se experimentaron

problemas de comunicación, falta de visibilidad y dificultades en el acceso al agua por la presencia de cenizas en los pozos y vertientes, agravado por la incertidumbre inicial sobre su composición química y sus posibles efectos negativos sobre la salud de las personas y el ganado.

Para atender la crisis se generó el Centro de Operaciones de Emergencias Municipales (COEM) constituido por instituciones locales, como Bomberos Voluntarios y Salud Ambiental del Hospital, e instituciones nacionales y provinciales vinculadas al sector rural como INTA, la Subsecretaría de Agricultura Familiar (SSAF), el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y el Ente de Desarrollo de la Región Sur (EDRS). Desde este espacio se articularon las primeras ayudas brindadas por Protección Civil de la Nación y el Ministerio de Desarrollo Social. Las respuestas para la zona rural estuvieron conformadas principalmente por: a) asistencia primaria inmediata; b) provisiones de forraje; c) mejoras en la captación y en la provisión de agua; y d) proyectos de repoblamiento ganadero (figura 5. 1).

Como primeras medidas de asistencia primaria, se trasladaron algunas familias de la zona rural al centro urbano para ser asistidas y se iniciaron campañas para llevar alimentos, agua mineral e insumos de seguridad para los pobladores que permanecían en el campo (barbijos, antiparras y plástico para tapar pozos y vertientes). El principal impacto sobre el sistema productivo rural fue generado por las dificultades de acceso al forraje natural por parte del ganado. Se identificaron problemas digestivos y desgastes de dentaduras (Robles, Cabrera y Martínez, 2015) debido a la ingesta de vegetación entremezclada con ceniza en las estepas (figura 5. 6, a) y la dificultad de acceso a los mallines dado que fueron cubiertos por un espeso manto de cenizas que se congelaron rápidamente formando una capa dura y compacta. Se identificaron también afecciones oculares y respiratorias en los animales (Lanari, Maurino y Giovannini, 2012). Estos efectos se vieron exacerbados y prolongados durante años por la recurrente removilización eólica de la ceniza depositada (Forte y otros, 2018).

Figura 5. 6. Impactos y respuestas para la zona rural de Ing. Jacobacci



Material destinado a autores
No se permite su distribución

Fuente: cortesía de las fotos de Virginia Velasco (a), (c) y (d), José Mellado (b)
Nota. (a) Dificultad de acceso al alimento; (b) impacto en los campos de productores y rápidas soluciones de mitigación como comederos y corrales; (c) llegada de forraje; (d) provisión de agua.

Producto de la sequía que afectaba la zona, la mayor parte de la existencia ganadera no se encontraba en un buen estado nutricional al momento de la erupción, coincidente con las restricciones propias de la entrada al invierno. Esto hizo que los efectos sumados de la ceniza iniciaran una significativa mortandad de animales. Frente a esta situación, los productores adoptaron las siguientes medidas:

1. Suplementación forrajera de los animales. El movimiento de animales, en esos primeros días, era extremadamente difícil dada la poca visibilidad ocasionada por las tormentas de ceniza (figura 5. 6 b). Además, muy pocos establecimientos contaban con reservas de forraje y la logística para su distribución presentaba dificultades por las condiciones de las rutas y caminos.
2. Venta de animales. El estado de los animales y las condiciones de las rutas hizo poco viable esta alternativa y muy pocos productores lograron hacerlo.

3. Traslado de animales a campos no afectados por ceniza. Esto fue realizado solamente por muy pocos productores medianos a grandes y por una experiencia colectiva a través de una cooperativa que alquiló un campo al este del área afectada (Valcheta). Sin embargo, diferentes factores, como el cambio en el tipo de vegetación a la que estaban acostumbrados los animales, la predación y la sequía que también afectaba esa zona, provocaron la pérdida del 50 % de las cabezas trasladadas.

Pasado los primeros días, el envío y distribución de forrajes representó la respuesta más importante en la fase inicial (figura 5. 6, c). Esta se puso en marcha desde la Comisión Nacional de Emergencia y Desastre Agropecuario (CENYDA) junto con el Ministerio de Producción Provincial y las diferentes instituciones participantes en el COEM. Ante la falta de datos concretos sobre la dotación animal afectada, se realizaron estimaciones y se apeló a la declaración jurada de los productores. En primera instancia, se adquirieron y distribuyeron fardos, pero dado el volumen requerido, finalmente, se optó por enviar granos (maíz, avena, sorgo) y pellets de alfalfa a granel junto con equipamiento y materiales para su almacenamiento y distribución (2 silos, carros, bolsas y comederos). A pesar de estos esfuerzos, no se logró evitar la gran mortandad de ganado. La Municipalidad de Ing. Jacobacci estimó las pérdidas de animales, en el área de influencia del COEM, en un 40 a 60 %, que equivaldrían a unos 200 000 ovinos y 60 000 caprinos (Wilson y otros, 2013).

En el ganado sobreviviente se observó un deterioro de los índices productivos, como lo demuestra, por ejemplo, la caída del 60% al 20% en la señalada –índice que describe el porcentaje de corderos logrados cada 100 ovejas–. Esto obligó a los pequeños ganaderos a reducir al mínimo las ventas de animales para carne, dado que apenas alcanzaban para el autoconsumo, y a retener todos los corderos, para recuperar el volumen de lana a comercializar. La producción de lana disminuyó en calidad –presencia de ceniza en el vellón y lana más quebradiza– y en cantidad (Easdale, Saccchero, Vigna y Willems, 2014). La CGI, que en 2010 había comercializado 110 000 kilos de lana, solo vendió 30 000 kg en 2011. Para atenuar parte de esta situación se otorgaron subsidios para la realización de la esquila durante esos años (2011 a 2015).

Otro de los impactos en el sector rural estuvo relacionado con el agua, especialmente debido al contexto de sequía. Con la salida del invierno, en octubre de 2011, se iniciaron respuestas para asegurar la provisión de agua en aquellos sectores más afectados. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGYP) donó una perforadora de arrastre y otorgó subsidios y herramientas que, junto a la conformación de

equipos poceros, se utilizaron para realizar mejoras en la captación, distribución y almacenamiento de agua (figura 5. 6, d). Estas se continuaron en el marco de proyectos específicos desde distintos programas y agencias, como por ejemplo la Ley Ovina, el Proyecto de Desarrollo Rural de la Patagonia (PRODERPA) y la Corporación Andina de Fomento, orientados a mejorar el acceso al agua de productores organizados en cooperativas y comunidades. La mayoría de estos proyectos se ejecutaron entre 2012 y 2015 (figura 5. 1).

Las lluvias de abril de 2014 cambiaron la percepción de técnicos y productores que, observando una mejora en el campo y considerando la gran mortandad ocurrida, priorizaron desde entonces proyectos de repoblamiento ganadero. El primero fue generado a mediados del año 2014 desde la delegación rionegrina de la SSAF y consistió en la distribución de cabras criollas procedentes del norte de Neuquén, entre productores de la CGI (1 majada de 30 cabras a aproximadamente 30 productores). Una segunda entrega equivalente, financiada desde la provincia, fue realizada el año siguiente. En 2015 se implementaron otros dos nuevos proyectos de repoblamiento (figura 5. 1). Desde la provincia se distribuyeron 25 ovejas de raza merino por productor, a razón de 2 productores por paraje. Por su parte, desde el MAGYP y a través de la Unidad para el Cambio Rural (UCAR), se otorgaron majadas de 50 ovejas y 2 carneros de raza merino doble propósito, acompañado por aportes para la realización de mejoras en la infraestructura predial, a alrededor de 150 productores agrupados en comunidades y grupos no formales.

Dada la trascendencia que tuvieron las respuestas de repoblamiento ganadero, en abril de 2016 se realizó el taller Estrategias de Repoblamiento Post Emergencia (Taller T1 en figura 5. 1) organizado en conjunto por el observatorio, la CGI y la SSAF (Bran y Losardo, 2016). Se identificaron algunos problemas, como la falta de articulación y cierta competencia entre las instituciones y organizaciones, así como dificultades logísticas (las cabras procedieron del norte de Neuquén y las ovejas doble propósito desde Santa Cruz) con viajes de 1000 y 2000 km respectivamente). Entre los elementos positivos se mencionó el empujón anímico que representaron estos proyectos para los productores y se resaltó la necesidad de repoblar los campos para no perder su posesión. Ante la situación generalizada de tenencia precaria de la tierra que afrontan los pequeños productores de la zona, se visualiza el uso ganadero como garantía de posesión de las tierras. Se mencionó también la ventaja que representó la organización de los pequeños productores en cooperativas y comunidades, y la articulación entre estas y las instituciones técnicas para poder concretar los proyectos. En este sentido, se destacó la mayor coordinación institucional ante este evento natural, a diferencia de la crisis ocurrida con la nevada de 1984.

Estas respuestas institucionales se complementaron en los primeros años con el otorgamiento, por parte de la provincia, de subsidios para comprar alimentos (tiquetes ganaderos) para los productores en situaciones de mayor vulnerabilidad. Esto ocurrió en un marco de aportes sociales desde Nación –como las Asignaciones Universales por Hijos (AUH) y jubilaciones universales–, que contribuyeron fuertemente a mitigar la crisis. Por otra parte, desde Nación se continuaron programas tendientes a la mejora de la comunicación por sistemas de radio (exitosamente implementado y coordinado por una base central de la CGI) y a la provisión de sistemas eléctricos a través de paneles solares. Desde la provincia se proporcionaron camionetas de doble tracción a las Comisiones de Fomento y se trabajó en la adecuación de techos y ventanas en las viviendas de los parajes rurales, a la vez que en la provisión de servicios de internet y de gas licuado domiciliario.

5. 5. Reflexiones finales

A pesar de estar a 200 km del centro emisor, la caída de ceniza y en especial su removilización eólica tuvieron un fuerte impacto en el territorio de Ing. Jacobacci, agravado por las condiciones de alta vulnerabilidad socioambiental de la mayor parte de su población. La lejanía con el volcán y el desconocimiento de las alertas se conjugaron para que la erupción de Cordón Caulle tomara por sorpresa a la población y a las instituciones. Consideramos que si las primeras alertas hubiesen llegado al territorio, algunas respuestas podrían haber sido implementadas con anticipación a la caída de la ceniza. No obstante, las instituciones lograron articular en poco tiempo algunas respuestas ayudadas por una creciente organización social en el ámbito rural que había venido creciendo desde la crisis generada por la nevada de 1984. El mapa de distribución de ceniza elaborado desde INTA poco después del inicio de la erupción resultó fundamental para dimensionar y priorizar geográficamente las respuestas en la región sur de Río Negro.

La presencia del INTA en la región, a través de la EEA Bariloche y la Agencia de Extensión Rural de Ing. Jacobacci, permitió articular el trabajo científico-técnico con investigadores locales y extranjeros. En particular, el vínculo desarrollado con la Universidad de Ginebra posibilitó ampliar el conocimiento de los procesos e impactos generados por la caída de ceniza volcánica y su posterior removilización eólica. Merece destacarse que estos procesos son los que prolongaron en el tiempo los impactos de la caída de ceniza y constituyen un riesgo latente en la Patagonia, dada sus condiciones ambientales y su ubicación a barlovento de los numerosos volcanes chilenos (Forte, Domínguez y otros, 2018). Esta experiencia de cooperación

internacional abrió un camino de investigación multidisciplinaria que se mantiene en la actualidad. Un ejemplo de ello fue el taller internacional organizado en 2019 en que se discutió el estado del arte del monitoreo, modelado y comprensión de la removilización de ceniza volcánica por efecto del viento (T2 en figura 5. 1). Además, se complementó con un taller participativo con los actores de diversas instituciones de Ing. Jacobacci, Bariloche y Villa La Angostura para incorporar la memoria colectiva local y promover el diseño e implementación de estrategias conjuntas (T3 en figura 5. 1).

En el ámbito del Observatorio de Sustentabilidad Rural de Ing. Jacobacci se venía considerando la idea de que las crisis podían modificar la inercia del territorio en función de dos antecedentes: en la nevada de 1984, el contexto favorable de la vuelta a la democracia permitió que se visibilizaran a los pequeños productores y facilitó el desarrollo de sus organizaciones. Por otro lado, la erupción del volcán Hudson (1991) en el centro y norte de la provincia de Santa Cruz generó, según Andrade y Herrera (2016), un proceso de reterritorialización. El efecto devastador de esta erupción para la ganadería ovina implicó un importante despoblamiento y abandono de campos, al tiempo que se asentaba la gran minería transnacional de oro y plata. De hecho, el tema de la megaminería, relacionada con una posible trayectoria como la observada en Santa Cruz, genera recurrentes controversias político-sociales en Ing. Jacobacci. Al respecto merece señalarse que en la región han operado (Mina Cerro Castillo) o están a la espera de operar (ej. Proyecto Calcatreu) emprendimientos mineros de este tipo. En diciembre de 2011, en medio de la crisis de la ceniza, se derogó por medio de la Ley Provincial 4738 la anterior Ley 3981 de 2005, que prohibía la utilización de cianuro y mercurio en el proceso de extracción, explotación o industrialización de minerales metalíferos en el territorio provincial. Además, se conoció algún intento de cambiar el código de tierras fiscales con el fin de habilitar el acceso a esas tierras para desarrollar actividades mineras (Comunicación Río Negro, 13/09/2019). Si bien en este territorio no hubo abandono de campos, en estos años de postemergencia se observaron cambios de dominio por venta de estancias o subdivisiones de estas, en el estrato de grandes y medianos productores. Algunas fueron compradas por nuevos actores externos al territorio y, en ciertos casos, con posibles vínculos a la actividad minera. Se podría concluir que a 10 años del evento volcánico, el territorio muestra una trayectoria sin mayores cambios, aunque posiblemente con algunos reposicionamientos de las organizaciones locales y la presencia de algún nuevo actor externo (principalmente empresas mineras).

Por otra parte, los programas de repoblamiento ganadero con cabras criollas y con merino multipropósito tenían implícito una mayor

producción de carne. Algunos técnicos consideraban que las experiencias de forrajear a los animales y la infraestructura generada facilitarían la adopción de prácticas de suplementación estratégica, que sería la clave para mejorar y consolidar un modelo productivo mixto de lana y carne. Sin embargo, a 10 años del evento no se observa una adopción generalizada. Consideramos que las respuestas postemergencia sirvieron para mitigar la crisis, pero no han sido del todo eficaces para mejorar sustancialmente el sistema ganadero a largo plazo, ni han generado cambios relevantes positivos en el territorio, de acuerdo con las conclusiones del taller Monitoreo Participativo de la Evolución de Indicadores con Impacto en la Sustentabilidad realizado por el Observatorio de Sustentabilidad Rural en diciembre de 2019 (Bran y otros, 2019), (T4 en figura 5. 1). Estas respuestas tampoco habrían mejorado significativamente las condiciones para enfrentar nuevos eventos, como fueron las nevadas y fríos extremos del invierno 2020, si bien este evento fue complejizado por la pandemia del COVID-19 (Bran, Velasco y Fantozzi, 2020).

De manera contrastante, consideramos que como impacto indirecto se han consolidado las organizaciones rurales. Las cooperativas a través de sus funciones de articulación y mediación con las ayudas estatales lograron vigorizarse. Esto pese a que el impacto de la ceniza en la pérdida de escala y calidad en la producción de lana habían comprometido el circuito financiero y administrativo de estas organizaciones (Bidinost, Deluchi y Meli, 2018). En este sentido consideramos que las respuestas institucionales, sumadas al tipo de productores, caracterizados en su mayoría por una lógica campesina con clivaje étnico, lograron que el sector ganadero, principalmente el de pequeños productores, sobreviviera a la crisis. Es importante señalar que pasadas las primeras respuestas coordinadas por el COEM, las agencias o institución estatales se asociaron con distintas organizaciones locales, sin articular una estrategia en común para la implementación de los proyectos en el territorio. Se pudo observar que algunos pobladores fueron beneficiarios de más de un proyecto, mientras otros, de ninguno.

Para finalizar destacamos que la formación y funcionamiento del COEM de Ing. Jacobacci constituyó una estrategia fundamental de respuesta. De hecho, dado que la región está afectada por múltiples amenazas naturales, es indispensable mantenerlo para diseñar planes de contingencia y, de esta manera, lograr una rápida activación y coordinación en caso de nuevos eventos. Sería importante mantener operativas todas las infraestructuras generadas por los proyectos postemergencia y continuar con la promoción y fortalecimiento de las organizaciones sociales. Una de las mayores lecciones aprendidas con la erupción del Cordón Caulle es la necesidad de una preparación temprana, previa a la caída de ceniza. Esta

posibilidad se vería actualmente reforzada por la reciente creación del Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV-SEGEMAR), que juega un papel fundamental en la coordinación con el SERNAGEOMIN de Chile para el monitoreo y formulación de alertas para los volcanes de ese país y Argentina (García y Badi, 2021). Por último, consideramos que en este tipo de eventos, como en otros, el monitoreo y documentación de los procesos, impactos y respuestas, y su posterior análisis son fundamentales para el diseño de planes de contingencia. Esperamos que este capítulo sea un aporte para ir propiciando este tipo de estudios y, a su vez, contribuya a mantener la memoria social del evento y sus respuestas.

Autorías y filiaciones institucionales

- Material destinado a autores
No se permite su distribución
- Donaldo Bran
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. Río Negro, Argentina.
- Lucía Domínguez
Universidad de Ginebra, Departamento de Ciencias de la Tierra. Ginebra, Suiza.
- Pablo Forte
Instituto de Estudios Andinos (IDEAN) (UBA-CONICET). Buenos Aires, Argentina.
Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (SEGEMAR). Argentina.
- Virginia Velasco
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural Ingeniero Jacobacci. Río Negro, Argentina.
- Anabella Fantozzi
Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Consejo Nacional de Investigación Científicas y Técnicas). Río Negro, Argentina.
- Man Gaitán
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Suelos. Buenos Aires, Argentina.
Consejo Nacional de Investigación Científicas y Técnicas. Buenos Aires, Argentina.
Universidad Nacional de Luján, Departamento de Tecnología. Buenos Aires, Argentina.

Lista de referencias bibliográficas

- Andrade, Larry y Silvana Herrera. (2016). Entre volcanes: transformaciones en el ámbito rural patagónico. Los casos de la Meseta Central (Santa Cruz) y la Línea Sur (Río Negro), 1991–2011. *Revista Pampa*, 14, pp. 29–58.
- Bidinost, Franca, Gastón Saúl, Marcos Deluchi, Sebastian Subiabre y Enrique Meli. (2018). Pequeños productores duplican ingresos por ventas de lana. Cinco años de experiencia consolidan un virtuoso canal comercial. *Presencia*, 29(69), pp. 15–19. Ediciones INTA.
- Bonadonna, Costanza, Marco Pistolesi, Raffaello Cioni, Wim Degruyter, Manuela Elissondo y Valérie Baumann. (2015). Dynamics of wind-affected volcanic plumes: The example of the 2011 Cordón Caulle eruption, Chile. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120, pp. 1–20. <https://doi.org/10.1002/2014JB011478>
- Bran, Donald, Carlos López, Arrigo Marcolin, Javier Ayesa y Daniel Barrios. (1998). *Valles y mallines de la comarca de Ingeniero Jacobacci (Río Negro)*. Distribución y tipificación utilitaria. INTA
- Bran, Donald y Pablo Losardo. (2016). *Memorias del Taller Estrategias de Repoblamiento Post Emergencia en la Región de Jacobacci*. Informe Técnico. INTA
- Bran, Donald, Virginia Velasco y Anabella Fantozzi. (2020, agosto). *Informe nevadas y fríos extremos en el SP Jacobacci, provincia de Río Negro*. Comunicación técnica 257. INTA.
- Bran, Donald, Virginia Velasco, Anabella Fantozzi y Andrés Gaetano. (2019). *Taller de monitoreo participativo. Evolución de indicadores con impacto en la sustentabilidad (2016–2019)*. Informe final. Comunicación Técnica 136. Área Recursos Naturales, INTA.
- Bran, Donald, Virginia Velasco y Juan Gaitan. (2011). Aplicación de la metodología para la evaluación de la degradación de las tierras secas a nivel local. Sitio Piloto en la Región Patagonia Norte. En *Evaluación de la desertificación en Argentina* (pp. 247–294). FAO.
- Collini, Estela, María Soledad Osore, Arnau Folch, José Viramonte, Gustavo Villarosa y Graciela Salmuni. (2013). Volcanic ash forecast during the June 2011 Cordón Caulle eruption. *Natural Hazards*, 66, pp. 389–412. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0492-y>
- Cremona, Victoria, Javier Ferrari y Silvana López. (2011). Las cenizas volcánicas y los suelos de la región INTA, Bariloche. *Revista Presencia*, (57), pp. 8–11.
- Domínguez, Lucía, Costanza Bonadonna, Pablo Forte, Paul Jarvis, Raffaello Cioni, Leonardo Mingari, Juan Esteban Panebianco. (2020). Aeolian Remobilisation of the 2011-Cordón Caulle Tephra-Fallout Deposit : Example of an Important Process in the Life Cycle of Volcanic Ash. *Frontiers in Earth Science*, 7, pp. 1–20. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00343>
- Domínguez, Lucía, Eduardo Rossi, Costanza Bonadonna, Leonardo Mingari, Pablo Forte, Juan Panebianco y Donald Bran. (2020). Mass flux decay timescales of volcanic particles due to aeolian processes in the Argentinian

Material destinado a autores
No se permite su distribución

 EDITORIAL
UNRN

Patagonia steppe. *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71022-w>

Domínguez, Lucía, Costanza Bonadonna, Corine Frischknecht, Scira Menoni y Alexander García. (2021). Integrative Impact Assessment Framework for volcanic eruptions : an innovative disaster forensic investigation of the cascading effects associated with the 2011-2012 eruption of the Cordón Caulle volcano (Chile). *Front. Earth Sci.*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.645945>

Easdale, Marcos y Heber Rosso. (2010). Dealing with drought: Social implications of different smallholder survival strategies in semi-arid rangelands of Northern Patagonia, Argentina. *The Rangeland Journal*, 32(2), p. 247. <https://doi.org/10.1071/RJ09071>

Easdale, Marcos, Diego Sacchero, Marianela Vigna y Priscila Willems. (2014). Assessing the magnitude of impact of volcanic ash deposits on Merino wool production and fibre traits in the context of a drought in North-west Patagonia, Argentina. *Rangeland Journal*, 36(2), pp. 143-149. <https://doi.org/10.1071/RJ13124>

Glissondo, Manuela, Valérie Baumann, Costanza Bonadonna, Marco Pistolesi, Raffaello Cioni, Antonella Bertagnini, Rafael Gonzalez. (2016). Chronology and impact of the 2011 Cordón Caulle eruption, Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(3), pp. 675-704. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-675-2016>

Henríquez, Andrea, Magdalena Necpalova, María Victoria Cremona, Pablo Peri y Johan Six. (2021). Immobilization and stabilization of volcanic ash in soil aggregates in semiarid meadows of Northern Patagonia. *Geoderma*, 392. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114987>

Intantozzi, Anabella, Mariela Blanco y Donald Bran. (s.f.). *Vulnerabilidad y exposición diferencial de productores rurales en contexto de múltiples amenazas. El caso de la región de Ingeniero Jacobacci (Norpatagonia), Argentina.*

Folch, Arnau, Leonardo Mingari, María Soledad Osoreo y Estela Collini. (2014).

Modeling volcanic ash resuspension - Application to the 14-18 October 2011 outbreak episode in central Patagonia, Argentina. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(1), pp. 119-133. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-119-2014>

Forte, Pablo, Lucía Domínguez, Costanza Bonadonna, Clara Lamberti, Chris Gregg, Donald Bran y Jonathan Castro. (2018). Tormentas de ceniza volcánica en Patagonia: un peligro latente y subestimado. VIII *Foro Internacional: los volcanes y su impacto*. Arequipa (Peru).

Forte, Pablo, Lucía Domínguez, Costanza Bonadonna, Chris Gregg, Donald Bran, Deanne Bird y Jonathan Castro. (2018). Ash resuspension related to the 2011-2012 Cordón Caulle eruption, Chile, in a rural community of Patagonia, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 350, pp. 18-32. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.11.021>

Gaitán, Juan, Javier Ayesa, Fernando Umaña, Fernando Raffo y Donald Bran. (2011). [Mapa] *Cartografía del área afectada por cenizas volcánicas en las provincias de Río Negro y Neuquén*. INTA EEA, Bariloche.

Material destinado a autores
No se permite su distribución



- Gaitán, Juan, Donaldo Bran, Santiago Marciani, Fernando Umaña, Javier Ayesa y Fernando Raffó. (2011). *Monitoreo de la vegetación en áreas afectadas por cenizas volcánicas en Río Negro y Neuquén*, pp. 1-16. INTA, PROEVO, UNRN.
<https://doi.org/10.13140/2.1.3894.4964>
- García, Sebastian y Gabriela Badi. (2021). Towards the development of the first permanent volcano observatory in Argentina. *Volcanica*, 4(1), pp. 21-48.
<https://doi.org/10.30909/vol.04.S1.2148>
- Gobierno de Río Negro (13 de setiembre de 2016). *La provincia promueve una reforma de la ley de tierras fiscales. Medios y comunicación sociedad*. <https://rionegro.gov.ar/articulo/17637/la-provincia-promueve-una-reforma-de-la-ley-de-tierras-fiscales>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2010*.
- Jarvis, Paul, Costanza Bonadonna, Lucía Domínguez, Pablo Forte, Corine Frischknecht, Donaldo Bran, Kristi Wallace y otros. (2020). Aeolian Remobilisation of Volcanic Ash: Outcomes of a Workshop in the Argentinian Patagonia. *Frontiers in Earth Science*, 8, pp. 1-9. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.575184>
- Karnieli, Arnon. (1990). Application of kriging technique to areal precipitation mapping in Arizona. *Geojournal*, (22), pp. 391-398.
- Lanari, María Rosa, Julia Maurino, y Nicolás Giovannini. (2012). *Productividad de la cabra criolla neuquina durante la erupción del Volcán Puyehue*. 35 Congreso Argentino de Producción Animal, realizado del 9 al 12 de octubre. Córdoba.
- Mingari, Leonardo, Arnau Folch, Lucía Domínguez y Costanza Bonadonna. (2020). Volcanic ash resuspension in Patagonia: numerical simulations and observations. *Atmos. Chem. y Phys.*, 11(977). <https://doi.org/doi:10.3390/atmos11090977>
- Murgida, Ana, Fernando Laham, Carlos Chiappe y Martín Kazimierski. (2016). Desarrollo Territorial bajo Sequía y Cenizas. *Iluminuras*, 17(41), pp. 11-29.
<https://doi.org/10.22456/1984-1191.64556>
- Panebianco, Juan Esteban, Mariano Mendez, Daniel Buschiazzo, Donaldo Bran y Juan Gaitán. (2017). Dynamics of volcanic ash remobilisation by wind through the Patagonian steppe after the eruption of Cordón Caulle, 2011. *Scientific Reports*, 7, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1038/srep45529>
- Pistolesi, Marco, Raffaello Cioni, Costanza Bonadonna, Manuela Elissondo, Valérie Baumann, Antonella Bertagnini y otros. (2015). Complex dynamics of small-moderate volcanic events: the example of the 2011 rhyolitic Cordón Caulle eruption, Chile. *Bulletin of Volcanology*, 77(1), pp. 1-24.
<https://doi.org/10.1007/s00445-014-0898-3>
- Prieto, Fernando, Horacio Echenique, Mabel Moral, Fernanda Hadad, Alejandra Ruffer, Gabriela Agüero y Odila Arellano. (2012). Vigilancia ambiental y control del impacto de las cenizas volcánicas en Ingeniero Jacobacci, Provincia de Río Negro. *Revista Argentina Salud Publica*, 3(11).

Robles, Carlos, Raúl Cabrera y Andrés Martínez. (2015). Desgaste dentario en ovinos Merino de la Patagonia Argentina, tras la erupción en Chile del Volcán Puyehue. *Revista de Medicina Veterinaria*, 96(2), pp. 10-14.

Schipper, C. Ian, Jonathan Castro, Hugh Tuffen, Mike James, y Penelope How. (2013). Shallow vent architecture during hybrid explosive-effusive activity at Cordón Caulle (Chile, 2011-12): Evidence from direct observations and pyroclast textures. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 262, pp. 25-37.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.06.005>

Wilson, Tom, Christiana Stewart, Heather Bickerton, Peter Baxter, Valeria Outes, Gustavo Villarosa y Elizabeth Rovere. (2013). Impacts of the June 2011 Puyehue-Cordón Caulle volcanic complex eruption on urban infrastructure, agriculture and public health. *GNS Science*, 20, pp. 1-88.

Material destinado a autores
No se permite su distribución

