



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Vaamonde, Claudia Beatriz

Problemas ambientales derivados de la erupción del Volcán Puyehue-Cordón Caulle 2011



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Vaamonde, C. B. (2026). *Problemas ambientales derivados de la erupción del Volcán Puyehue-Cordón Caulle 2011. (Trabajo final integrador)*. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/6051>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Problemas ambientales derivados de la erupción del Volcán Puyehue-Cordón Caulle 2011

Trabajo final integrador

Claudia Beatriz Vaamonde

claucvaa@gmail.com

Resumen

El presente trabajo final integrador conforma una continuación de una investigación previa iniciada en 2017, bajo mi dirección, que estaba focalizada en el estudio de la abrasividad de las cenizas volcánicas y su afectación en la salud respiratoria humana. En dicho trabajo, se logró un hallazgo inédito: la identificación bacteriana de un bacilo *Pseudomonas stutzeri* en las cenizas volcánicas emanadas del evento eruptivo del volcán Puyehue-Cordón Caulle en 2011, el cual se rescató en tres ciudades argentinas: San Carlos de Bariloche, San Martín de los Andes e Ingeniero Jacobacci (Vaamonde *et al.*, 2022). Esta observación permitió considerar una posible relación causal entre el bacilo identificado en las cenizas y los casos de neumonía y muertes que habían sido reportados por el estudio de vigilancia epidemiológica en 2012-2013 (Lopardo *et al.*, 2015).

Para esta etapa final de la Especialización de esta casa de altos estudios, hemos decidido continuar con otras líneas de investigación complementarias, debido a las repercusiones que se generaron en la región como resultado de la mencionada erupción volcánica. Los objetivos de estas nuevas líneas se centrarán en analizar la composición vítrea de las cenizas volcánicas, identificando sus características distintivas y describir los efectos de la exposición de estas cenizas en la salud humana, animal y el sistema ictícola.

Además, se evaluará la economía regional, con el propósito de dimensionar y exponer la vulnerabilidad social y económica de la localidad de Ingeniero Jacobacci como área de estudio, considerando como aspecto clave la relevancia de la actividad ganadera en la región.



Trabajo Final Integrador

**“Problemas ambientales derivados de la
erupción del Volcán Puyehue-Cordón Caulle
2011”**

Aspirante: Claudia Beatriz Vaamonde (DNI 20203762. Cohorte 2021)

Directora: Dra. Sonia Ronchetti

Co Directora: Dra. Marta Biagi

Modalidad del TFI: Caso de estudio

Trabajo Final Integrador

“Problemas ambientales derivados de la erupción del Volcán Puyehue-Cordón Caulle 2011”.

Fecha de presentación: Marzo 2025



Fuente: <http://aomasantacruz.com/2011/06/apoyo-de-industria-minera-tras-erupcion-del-puyehue/jacobacci-ayuda02/>

Índice

1. Introducción.....	02
2. Planteo de Preguntas de Investigación.....	04
3. Objetivos del trabajo (general y específicos)	09
4. Propuesta metodológica.....	10
5. Marco teórico conceptual.....	11
6. Desarrollo.	21
6.1. El problema ambiental.....	21
6.2. Análisis y caracterización ambiental del área de estudio	23
6.3 Descripción de los principales procesos que derivan en efectos ambientales. Las Vulnerabilidades Social-Económica.....	25
7. Identificación y análisis de los actores sociales involucrados.....	49
8. Conclusiones y consideraciones finales.....	53
9. Bibliografía Consultada.....	56
ANEXO 1: Fotografías Comentadas.....	60
ANEXO 2: Propuestas de Investigaciones.....	77
ANEXO 3: Normativa Ambiental.....	78

1. Introducción

El 4 de junio de 2011, entró en erupción explosiva el Volcán Puyehue del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle¹ ubicado en Chile, después de 50 años de inactividad, liberando una inmensa cantidad de cenizas volcánicas que se dispersaron a lo largo de cientos de kilómetros por los vientos predominantes del oeste. Esta erupción tuvo efectos devastadores, especialmente en las ciudades de la Línea Sur de Argentina, como la Localidad de Ing. Jacobacci, que se vio gravemente afectada por la caída de cenizas y su posterior movilización. Esta localidad es una de las más importantes de la “Línea Sur”, ubicada a 238 km del volcán chileno.

Las cenizas son agentes contaminantes compuestos por partículas finas, que contienen particularmente gran cantidad de sílice y formación de vidrio volcánico, lo que las vuelve muy abrasivas. La exposición a este tipo de cenizas, representa un riesgo significativo tanto para la salud como para el medio ambiente.

Como resultado de la mencionada erupción volcánica, la vida cotidiana se vió alterada durante largos meses. Más aún, la caída de cenizas y su removilización posterior, alteró severamente la calidad de vida de los habitantes y sus actividades productivas estuvieron gravemente afectadas. Todo quedó cubierto. Algunos pobladores optaron por abandonar la ciudad, mientras que otros enfrentaron la situación permaneciendo en ella. Hubo grave afectación en la ganadería extensiva, recurso imprescindible para esa población rural, con una pérdida de su hacienda de más del 40 a 60 %, o inclusive mayor. Esto se agravó debido a las condiciones de *sequía pre-existent*s imperante en la zona y a los fuertes vientos (Wilson *et al.*, 2013; Outes *et al.*, 2015; Botto *et al.*, 2015). Se trató de subsanar con planes de saneamiento ambiental, brindar atención médica, control del abastecimiento de agua, y disminuir el impacto en la economía de la región. No obstante, estas medidas no alcanzaron a dimensionarse y no fueron preparadas con antelación, por lo que la afectación en la salud en general y en el ambiente fue muy severa.

El presente trabajo final integrador conforma una continuación de una investigación previa iniciada en 2017, bajo mi dirección², que estaba focalizada en el estudio de la abrasividad de las cenizas volcánicas y su afectación en la salud respiratoria humana. En dicho trabajo, se logró un hallazgo inédito: la identificación bacteriana de un bacilo *Pseudomonas stutzeri* en las cenizas volcánicas emanadas del evento eruptivo del volcán Puyehue-Cordón Caulle en 2011, el cual se rescató en tres ciudades argentinas: San Carlos de Bariloche, San Martín de los Andes e Ingeniero Jacobacci (Vaamonde *et al.*, 2022). Esta observación permitió considerar una posible relación causal entre el bacilo identificado en las cenizas y

¹ El Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle tiene sus coordenadas: 40,59° S – 72,11° W. (Chile).

² Corresponde a un proyecto de investigación del Instituto Universitario de PFA. Estudio estudio geológico y médico. Uno de sus objetivos específicos de ese Proyecto fue el cultivo de las cenizas volcánicas para la búsqueda de algún agente microbiano. Los cultivos y la tipificación bacteriana se realizaron en el Complejo Médico Churruca-Visca.

los casos de neumonía y muertes que habían sido reportados por el estudio de vigilancia epidemiológica en 2012-2013 (Lopardo *et al.*, 2015).

Para esta etapa final de la Especialización de esta casa de altos estudios, hemos decidido continuar con otras líneas de investigación complementarias, debido a las repercusiones que se generaron en la región como resultado de la mencionada erupción volcánica. Los objetivos de estas nuevas líneas se centrarán en analizar la composición vítrea de las cenizas volcánicas, identificando sus características distintivas y describir los efectos de la exposición de estas cenizas en la salud humana, animal y el sistema ictícola. Además, se evaluará la economía regional, con el propósito de dimensionar y exponer la vulnerabilidad social y económica de la localidad de Ingeniero Jacobacci como área de estudio, considerando como aspecto clave la relevancia de la actividad ganadera en la región.

En consonancia con los aprendizajes adquiridos, se integrarán enfoques multi-transdisciplinarios que aborden el análisis ambiental desde una perspectiva socioambiental. A través del diálogo permanente con las diversas disciplinas y áreas abordadas, se buscará aplicar un enfoque holístico que permita analizar la complejidad de los problemas ambientales derivados de los eventos de esta erupción. Dicho enfoque, permitirá poner en valor los aprendizajes obtenidos en el marco de una investigación interpretativa y crítica aportando un diálogo permanente con las diversas temáticas abordadas durante la cursada de la carrera.

Es importante tener en cuenta la dimensión ambiental como parte fundamental de la competencia profesional contemporánea, ya que influye en la gobernabilidad, el contexto sociocultural y promueve enfoques innovadores y críticos en la gestión y educación ambiental. Adquirir estos conocimientos, con diferentes áreas para el desarrollo sostenible desde un enfoque social y ambiental, aportan nuevas habilidades y herramientas que nos ayudarán a entender y abordar de forma multi-trans-interdisciplinaria los problemas ambientales difíciles, de manera más efectiva, tanto para solucionarlos como para mitigarlos. Además, proporcionarán un enfoque completo para enfrentar estos desafíos, creando nuevas oportunidades de investigación que promuevan la sostenibilidad y una gestión ambiental responsable. Aporta conocimientos, actitudes y valores relacionados con la sostenibilidad y el respeto al ambiente. Todo evento sucedido, marca, enseña, muestra un antecedente del cual siempre se aprende. Pero se debe educar también, y recordar lo sucedido y ver y re-veer los errores cometidos. Invertir en educación dirigida a la población, en los respondedores, en la gestión es mucho más económico que lo que deja atrás un desastre.

La trascendencia del medio ambiente radica en su conexión con los seres humanos y cómo interactúan con él. La importancia de conservar los recursos naturales como el agua, el suelo, el aire y la biodiversidad radica en su gestión sostenible para mantener el equilibrio ecológico y garantizar su

disponibilidad para las futuras generaciones. También se relaciona con la salud de las personas y de la comunidad. Si una economía no cuida del medio ambiente, puede agotar recursos importantes y dañar los ecosistemas. Es importante manejar y estar preparado para lidiar con las cenizas volcánicas para proteger la salud de las personas y animales afectados, así como para asegurar la seguridad alimentaria y estabilidad económica de las comunidades.

Este trabajo aportará una comprensión más profunda de la interacción entre la actividad volcánica y la vulnerabilidad social y económica ambiental de la región, destacando la importancia de una adecuada gestión del riesgo y preparación frente a eventos naturales. Finalmente, las observaciones de la presente investigación nos inspirarán a formular nuevas líneas de investigación que abarcan diferentes temáticas de especialidades relacionadas.

El presente documento se organizará en nueve capítulos. En los cuatro primeros, se plantea sucintamente un esquema teórico-analítico, la problematización del tema a estudiar y los objetivos, como así también la propuesta metodológica. En el quinto, se presentará el sustento teórico de la investigación, donde se explicarán términos y conceptos básicos que, en diversas bibliografías, los autores los utilizan de manera indiscriminada como sinónimos, aunque no lo sean. Además, se propondrá un consenso basado en la bibliografía recomendada por las cátedras de esta institución. A partir del sexto capítulo se desarrollará el problema ambiental, se abordarán los efectos ambientales de las cenizas volcánicas en la salud de la población, en el ganado ovino-caprino, en la fauna ictícola y en el ecosistema, además de las vulnerabilidades sociales y económicas resultantes. Se reconstruirá la estructura ganadera del sitio de estudio, planteando esta práctica como parte de la construcción de sentido cultural-productivo. Se hará un breve recorrido sobre la actividad e importancia de los actores sociales involucrados en el problema ambiental. En la octava sección, se presentarán las conclusiones y consideraciones finales. En el 9no capítulo, se consignará la bibliografía consultada. Por último, se incorporan tres anexos. El primero corresponderá a una serie de fotografías comentadas. En el segundo se plantean propuestas de investigación. El tercer anexo se referirá a algunas normativas ambientales y documentación provincial relevante.

2. Planteo de Preguntas de Investigación

El 4 de junio de 2011, entró en erupción el *Volcán Puyehue* perteneciente al Complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle situado en la cordillera de los Andes³, (Provincia del Ranco, Chile.

³ La Cordillera de los Andes, ubicada en la región occidental del territorio argentino, forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Esta región que se caracteriza por una intensa actividad sísmica y volcánica, es producto del deslizamiento de una placa oceánica (Placas Antártica y Nazca) por debajo de una placa continental (Placa Sudamericana). Este proceso se conoce como “subducción”, la actividad sísmica y volcánica asociada, su generación y distribución en el planeta, se deben a la denominada “Tectónica de Placas”. (Caselli, Vélez y Agosto, 2011). Allí se encuentran cientos de volcanes de edad

(Coordenadas: 40,35° S – 72,07° W y Altitud de 2.236 msnm). La actividad eruptiva que progresivamente ha dado forma a este complejo, se inició hace 500 mil años, siendo erupciones más relevantes las ocurridas en los períodos 1921-1922, 1960 y 2011-2012, (Sernageomin, 2012; Sernageomin, 2021).

Como resultado de la erupción volcánica se formó una pluma de gas y ceniza de 5 km de ancho y 12,2 km de altura, que atravesó la Cordillera de los Andes, por acción de los vientos dominantes del oeste, a estas latitudes, reportando un *Índice de Explosividad Volcánica mayor a 4*. Según Newhall y Hoblitt (2002), este índice implica que la acumulación de cenizas puede superar los 10 cm a 100 km a favor del viento.⁴ En este caso, estas cenizas atravesaron la República Argentina, dejando a decenas de localidades bajo los depósitos piroclásticos y afectando severamente la vida de la población (Daga *et al.*, 2011). Previamente, a este episodio se había detectado un enjambre de sismos a partir del 27 de abril de ese mismo año (Wilson *et al.*, 2012).

En el presente trabajo se detallan las siguientes premisas:

Premisas e Interrogantes de partida

- La ceniza volcánica, también llamada tefra, es un agente contaminante (polucional) constituida por partículas de roca pulverizada, que tienen un tamaño de grano ≤ 2 mm, dadas por un fenómeno natural, en este caso, una erupción volcánica. Se conforman como una mezcla heterogénea de: roca volcánica, cristales minerales y vidrio volcánico. Con un espectro de tamaños de sus granos (partículas) y proporciones (Caselli *et al.*, 2011).

Son generadas a partir de la fragmentación del magma. Los magmas tienen diferentes composiciones químicas y de ahí, la diversidad química de cenizas del cuál derivan. Existe un espectro químico de magmas que incluye desde los basálticos hasta los riolíticos. En un extremo están los basálticos (Volcanes de Hawaii). Sus lavas⁵ tienen baja viscosidad, escasa explosividad, son pobres en sílice, fluyen de manera tranquila y generan menor cantidad de cenizas). En el otro extremo tenemos magmas riolíticos de alta viscosidad, gran explosividad, con alto contenido en sílice, más ricos en gases, y ricos en vidrio volcánico⁶. Es importante comentar que no solo con el paso de los años, la composición de las cenizas

relativamente reciente, de acuerdo a tiempos geológicos. Gran parte de estos volcanes han presentado algún tipo de actividad eruptiva en los últimos 14.000 años, y alrededor de 60 han tenido erupciones consideradas históricas, es decir, en los últimos 500 años. (Caselli, Vélez y Agosto, 2011 ; Daga, *et al.*, 2011).

⁴ El IEV o VEI (por sus siglas en inglés) es el Índice de Explosividad Volcánica. Se utiliza para medir la energía de una erupción volcánica. Ver Anexo 1, P. 65-66.

⁵ El magma se caracteriza por presentar 3 estados de agregación: sólido, gas y líquido a altas temperaturas. La lava, en cambio, presenta dos estados sólido y líquido y presenta una temperatura menor que el magma que le dió origen. Sus gases se pierden al salir del edificio volcánico.

⁶ La composición química de las cenizas volcánicas puede cambiar con el tiempo debido a diversos factores. Durante las erupciones, las condiciones del volcán cambian rápidamente, lo que afecta la liberación de gases y partículas. Los cambios provocados pueden afectar la cantidad de arsénico, azufre y otros elementos presentes en ellas, lo que hace que la composición varíe a lo largo de una erupción (Baxter, 2000).

eruptadas por el mismo volcán se modifican, sinó también, en erupciones sucesivas del mismo. Vale decir, las cenizas recolectadas serán diferente a la de los días previos e incluso las recolectadas en diferentes ciudades de un mismo evento eruptivo⁷ (Vaamonde, et al., 2022; Caselli et al., 2011).

Las erupciones explosivas con *alto contenido de sílice* son uno de los fenómenos naturales más peligrosos, pero no está claro qué procesos están involucrados en este tipo de evento poco frecuente. (Vaamonde, et al., 2022; Caselli et al., 2011). El *vidrio volcánico*, es lo que caracteriza a las cenizas de esta erupción, siendo su componente más abundante.

- Debido a la alta concentración de vidrio volcánico en las cenizas generadas durante la erupción del 4 y 5 de junio de 2011, la lava, enfriada casi instantáneamente, se fragmenta, se "astilla" como "vidrio de ventana rota"⁸. Justamente es esta morfología puntiaguda, la que provoca la abrasividad al entrar en contacto con cualquier superficie del cuerpo y mucosas, piel, córnea de los ojos, boca, nariz, vías aéreas superiores e inferiores, generando así patologías consecuentes.
- A su vez, no todas las erupciones volcánicas son iguales. Por ejemplo, en la erupción del volcán chileno Calbuco en 2015, las cenizas volcánicas recolectadas en ciudades argentinas cercanas a este foco eruptivo y en el momento de la erupción, mostraron una morfología más redondeada, menos angular y menos puntiaguda, siendo éste otro volcán explosivo, al igual que el Puyehue.
- Los tamaños y composiciones de las cenizas volcánicas pueden variar notablemente según el volcán que se estudie, ya que sus características van a depender de la composición de la lava y del grado de fragmentación que pueda producirse. También en una misma erupción pueden cambiar los tamaños y la composición de las cenizas emitidas en diferentes localidades cercanas al foco.

Entonces, teniendo en mente estas premisas iniciales nos preguntamos:

- 1 ¿Cuál es la relevancia de conocer su morfología, la composición, y la abundancia de vidrio volcánico en las cenizas recién emitidas, durante la erupción del 4 de junio del 2011 y su evolución en los días posteriores? ¿Cuál es la relevancia en la abrasividad específicamente de estas cenizas volcánicas? ¿Cuáles fueron los efectos de ellas sobre la salud respiratoria humana?
2. ¿Hay indicios de que haya cambiado, la composición del magma, ser más síliceo, por ejemplo, para tener tanta concentración mayoritaria de vidrio volcánico? ¿Cuál es la importancia de tener un tipo de magma síliceo en la vigilancia y monitoreo de los volcanes?

Con respecto a los efectos de las cenizas volcánicas sobre la salud:

⁷ Ver Anexo 1/Figura An12: P. 70.

⁸ En Anexo 1 ver Proceso de la formación astillosa de estas cenizas volcánicas durante la fragmentación del magma. Página 64 a 65.

- Las vías aéreas del tracto respiratorio en el humano, tienen un tamaño similar al de las partículas de ceniza (comprendido entre 2.5 y 10 micras, tamaños “respirables”) por lo que estas son en consecuencia aspirables y altamente nocivas para la salud. La profundidad a la que puede penetrar un material particulado en el sistema respiratorio depende de su tamaño. Las partículas finas tienen una alta probabilidad de depositarse en el alvéolo de los pulmones y se asocian con un mayor riesgo para la salud respiratoria que el de las partículas grandes.
- En una investigación previa, se consignó el hallazgo inédito, de un bacilo denominado *Pseudomonas stutzeri*. Dicho microorganismo se ha aislado y tipificado, mediante cultivos bacterianos, en las tres ciudades que se tomaron muestras de cenizas volcánicas el 4 y 5 de junio del 2011, afectadas por la misma pluma eruptiva: San Martín de los Andes, Ing. Jacobacci y Bariloche. Estas bacterias ubicuitarias fueron arrastradas y levantadas de la superficie del suelo por la acción del viento, probablemente sean las responsables de “las diversas” patologías pulmonares “reportadas” (Vaamonde *et al.*, 2022).
- Un estudio epidemiológico prospectivo “realizado durante los años” 2012-2013 “en la Ciudad de General Roca, también afectada por la misma pluma de cenizas”, reportó, en personas mayores de 18 años y de 65 años, neumonías adquiridas de la comunidad con alta mortalidad (NAC por sus siglas) (Lopardo *et al.*, 2015)
- En el trabajo de Vaamonde *et al.*, 2022, se propuso el mecanismo por el cuál las cenizas, según su tamaño, pueden adentrarse e impactar en las vías aéreas más finas del sistema respiratorio, provocando abrasión y patologías respiratorias, como neumonías.

Considerando lo anteriormente expuesto, nos planteamos los siguientes interrogantes:

3 ¿Qué estadísticas sobre consultas médicas, relacionadas con afectaciones por cenizas volcánicas, están registradas en los libros de guardia del Hospital principal de Ingeniero Jacobacci, Pcia de Río Negro, Argentina?

- El volcán Puyehue emitió, en la primera semana, más de 1 km³ de material fragmentado. Algunas de las localidades y regiones más afectadas fueron Comallo e Ing. Jacobacci de la provincia de Río Negro. Esta última ciudad se encuentra ubicada a 238 km de este volcán chileno. Allí se registró una grave afectación en la ganadería extensiva, recurso imprescindible para esa población rural, con una pérdida de su hacienda de más del 40 a 60 %, o inclusive mayor. Esto se agravó debido a las condiciones de sequía pre-existentes imperante en la zona, a los fuertes vientos y también nevadas posteriores. Las cenizas pueden contaminar aguas y pasturas como resultado de la adsorción de volátiles (Wilson *et al.*, 2013; Botto *et al.*, 2015).

- La ganadería es una actividad económica fundamental, de sustento, para muchas familias, especialmente en áreas rurales. En la región de Jacobacci, esta actividad representa una fuente primaria de ingresos y empleo.
- La migración y el traslado del ganado por lugareños para mantener la economía familiar, hacia sitios con pasturas comestibles, trajo aparejado el pisoteo repetido y relevante del suelo. Su resultado fue la compactación y desnudez de la vegetación protectora de las ráfagas de viento que azotan regionalmente, a esto se sumaron los años de sequía sobre una región árida, los cuales magnificaron los problemas ambientales.
- Se trató de subsanar con planes de saneamiento ambiental, brindar atención médica, control del abastecimiento de agua, y disminuir el impacto en la economía de la región. Estas medidas no alcanzaron a dimensionarse y no fueron preparadas con antelación. Se acrecentó la vulnerabilidad regional y movilizó a los actores sociales en gestión. Los efectos sobre la salud y el ambiente fueron extremadamente graves.

Se afectó el abastecimiento de agua, las redes eléctricas, líneas de comunicación, transporte terrestre y aéreo. El aeropuerto de Bariloche estuvo fuera de servicio por un mes y a consecuencia de ello tuvo un impacto negativo en la economía por la cancelación de los vuelos. La pluma eruptiva del Volcán Puyehue atravesó todo nuestro territorio, por los vientos predominantes del oeste, repercutió en el espacio aéreo, la aeronavegación como así también la infraestructura de servicios.

Ya el 5 de junio la Ciudad de Buenos Aires amaneció cubierta con ceniza volcánica de granulometría más fina, semejando un día nublado.

Considerando las premisas expuestas, se plantean los siguientes interrogantes:

4 ¿Cuál fue la dimensión de la vulnerabilidad económica y social de una de las ciudades más afectadas como la Ciudad de Ing. Jacobacci? ¿Los años de sequía, y las ráfagas de viento amplificaron el problema ambiental y la vulnerabilidad social y económica?

5 ¿Cómo se mantuvo la economía familiar tras años de sequía y la erupción volcánica?

6 ¿Cuáles fueron los efectos de dichas cenizas sobre la salud animal y el sistema ictícola?

7 ¿Cuáles fueron las consecuencias de la migración del ganado hacia la búsqueda de pasturas comestibles para la economía regional y la salud del mismo?

- Las cenizas continúan circulando, por meses, y años, sobrevolando la región; movilizadas por el viento de manera continua, y sin la presencia de vegetación que las “atrape”, sumado al paso de automóviles y su exposición a la intemperie. Este intemperismo provoca la alteración química de las mismas, aumentando su concentración de hierro libre y disponible (Vaamonde *et al.*, 2022).

- El hierro (Fe) es una sustancia nutritiva, vital para una bacteria. Funciona como un regulador global de sus funciones celulares. Un sustrato específico para el crecimiento, desarrollo del biofilm y la proliferación bacteriana. El contenido diferente de Fe está dado por los diferentes minerales en su constitución. Estas cenizas volcánicas del volcán en estudio presentan, de por sí, altos niveles de Fe que son dados por presentar gran cantidad de minerales ricos en este elemento (titanomagnetitas). A su vez, al ser un elemento pesado, de minerales pesados, siempre los encontraremos en localidades cercanas al foco eruptivo, como la localidad bajo estudio.
- Las cenizas, después de emitidas, comienzan su propia ruta de meteorización, de degradación física y química, produciendo mayores cantidades de iones de Aluminio (Al^{+3}), Silicio (Si^{+4}), Hierro (Fe^{+3})(Flórez y Parra, 2010). Por este intemperismo se producen aún más cantidades de iones de hierro expuestos.
- En general, existen tres fracciones de polvo definidas en la norma europea EN481: las fracciones inhalables, torácicas y respirables. Los valores más comúnmente citados son partículas con un diámetro $< 10 \mu\text{m}$ y partículas con un diámetro $< 2.5 \mu\text{m}$. El tamaño de las partículas se define, en forma convencional, como el diámetro aerodinámico equivalente en micrones, PM 10 y PM 2,5. (Horwell y Baxter, 2006; Caselli *et al.*, 2011; Benítez *et al.*, 2014).
- La inadecuada gestión de la limpieza de las calles y el acopio de las cenizas volcánicas caídas magnifican el problema ambiental con consecuencias en la salud en general.

Con estas premisas nos preguntamos:

8. ¿Cómo se gestionó la limpieza y acopio de las cenizas de las calles? ¿Utilizaron galpones? ¿Utilizaron bolsas plásticas apropiadas?
9. ¿Se tomaron medidas preventivas y de concientización de la población en relación al riesgo para la salud? En tal caso, ¿Cuáles fueron estas medidas? ¿Cuáles son los medios físicos que utilizó la población para protegerse de una erupción imprevista? (¿Utilizaron barbijos, máscaras adecuadas y normalizadas?). ¿Las medidas preventivas adoptadas, logran, a la luz de esta investigación, reducir el impacto negativo del evento sobre el ambiente? ¿Qué grado de relevancia adquirieron los actores sociales intervinientes en la gestión de su territorio?
10. ¿La inadecuada gestión de la limpieza en las calles terminó con la creación de un nuevo problema ambiental, que magnificó con mayores problemas en la salud y en la vida de las personas?

Otras preguntas (secundarias)

11. ¿Estuvo preparada la población de Ingeniero Jacobacci para sufrir un nuevo fenómeno de erupción volcánica? ¿Los antecedentes de la erupción del Volcán Hudson del 2008 alcanzaron para preparar en gestión a la población?

Una vez establecido el marco teórico y definidas las preguntas que guían esta investigación, procedemos a formular las hipótesis que orientarán nuestro estudio. Estas hipótesis surgen como respuestas tentativas a las interrogantes planteadas, basadas en la revisión bibliográfica y el análisis preliminar del tema. A continuación, presentaremos las suposiciones que serán sometidas a contrastación empírica, con el objetivo de validar o refutar su veracidad y, de este modo, avanzar en la comprensión del fenómeno en cuestión. Nuestras hipótesis son:

“La migración interna de las personas acrecentó la vulnerabilidad demográfica-social y económica”.
“La migración y movilización y pisoteo repetido del ganado ovino-caprino en búsqueda desesperada de ojos de agua y de pasturas comestibles acrecentó también la vulnerabilidad económica trayendo mayor mortalidad. También expuso la salud de las personas”.
“La movilización del ganado junto a la falta de gestión de la limpieza de las calles magnificó el problema ambiental acercándose o transformándolo en un impacto ambiental”.
“La bibliografía considerada como “de referencia” y los “estudios epidemiológicos reportados retrospectivos y prospectivos” no reflejan adecuadamente lo sucedido, lo que contribuye a aumentar la vulnerabilidad de la población”.

Con base en las hipótesis planteadas, se establecerán los objetivos que guiarán el desarrollo de esta investigación. Estos objetivos no solo buscan contrastar las suposiciones iniciales, sino también profundizar en el análisis del fenómeno estudiado, aportando evidencia empírica y respuestas concretas a las preguntas formuladas. A continuación, se detallan los objetivos generales y específicos que orientarán cada etapa del proceso investigativo, asegurando un enfoque sistemático y coherente con las hipótesis propuestas.

3. Objetivo/s del trabajo (general y específicos)

General: Identificar y describir los efectos de las cenizas volcánicas sobre la salud, tanto humana como animal, y dimensionar la vulnerabilidad socio ambiental de la zona de estudio, que tiene sus propias particularidades económico productivas.

Específicos.

- Describir las patologías producidas por el impacto y la abrasión de la pluma de cenizas volcánicas de la erupción explosiva del Vn. Puyehue Cordón Caulle, en la salud humana y animal y en los diferentes sistemas/órganos afectados.
- Analizar la vulnerabilidad económica y social de la Ciudad de Jacobacci, a través de la pérdida cuantiosa del ganado provocada por las cenizas volcánicas.
- Indagar sobre el grado de relevancia que adquieren los actores sociales intervinientes en la gestión de su territorio.
- Contribuir, en el campo de la gestión de riesgos, a dimensionar la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas por fenómenos naturales.

4. Propuesta metodológica

El trabajo propuesto se elaboró como una investigación exploratoria y descriptiva sobre un caso de estudio relacionado con un problema ambiental específico en un contexto particular, considerando sus complejidades y particularidades. Como instrumento de recolección de datos se utilizaron fuentes primarias y secundarias: Ponencias, tesis y memorias de Congresos y Simposios; revistas especializadas; bases de datos on line, incluyendo datos estadísticos, documentos, producciones académicas, entre otros. Como referencia se consultaron diversos autores esenciales y recomendados por las cátedras de la especialización para el marco teórico, tales como Gómez Orea (1999), González Ladrón de Guevara y Valencia Cuéllar (2013), Di Pace (1992), García (1994), Wilches Chaux (1993), Miramontes (1999), Martínez Valle (2012), UNISDR (2009), Zilio y D'Amico (2022) y Guillermo Bengoa (2007), entre otros. Además, en el rastreo bibliográfico se consultaron a especialistas y referentes teóricos en volcanología, como Mazzoni (1985) y Caselli (2011), y doctores en química como Botto (2013) y Wilson (2012). También se incluyeron tesis, reportes y actas de congresos geológicos argentinos, incluyendo trabajos propios de Vaamonde (2017, 2022), así como investigaciones realizadas por el INTA (2011) y boletines de microbiología clínica y epidemiología, como el de Lopardo (2015).

La investigación se complementó con publicaciones científicas como el "Journal of Volcanology and Geothermal Research", Journal of Applied Volcanology y la "Revista Argentina de Salud Pública". Se consultaron censos y estadísticas demográficas de Hilson Foot (sin fecha) y del INDEC (2010), además de entrevistas y conversaciones a habitantes locales de la ciudad de Jacobacci, quienes relatan sus vivencias. Para comprender mejor la magnitud del problema de estudio, se incorporan recursos fotográficos, jurídicos, estadísticos, gráficos y mapas. Asimismo, se utilizan imágenes satelitales MODIS para la elaboración de mapas, y se revisan reportes de periódicos de la época y más recientes también, como el "Diario Río Negro" (2021).

Además, se ha trabajado con capítulos de libros, como "Riesgos al Sur: Diversidad de Riesgos de Desastres en Argentina" (1ª ed., Buenos Aires), de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), publicado por Ediciones Imago Mundi.

5. Marco teórico conceptual

Para abordar los problemas ambientales derivados de la erupción del Volcán Puyehue en 2011 y sus efectos en la localidad de Jacobacci y alrededores, en la provincia de Río Negro, fue necesario iniciar con la introducción de conceptos claves que permitieran comprender la situación. Entre estos conceptos se

incluyeron: delimitación espacial, ambiente, problemas ambientales, sistemas complejos, escala, efectos ambientales y actores sociales, entre otros.

El marco teórico de esta investigación se centra en las teorías y conceptos que permiten comprender los efectos de una erupción volcánica y proporciona una base conceptual sólida para analizar este problema ambiental. Se abordan aspectos relacionados con la vulnerabilidad social y económica, así como con la salud pública y animal, a través de la revisión de teorías y modelos que explican las dinámicas y consecuencias sociales, económicas y ecológicas de las erupciones.

La revisión teórica incluyó estudios previos sobre las consecuencias de las erupciones volcánicas en las comunidades humanas y animales, destacando sus efectos negativos en la economía local, el acceso a servicios de salud y la seguridad alimentaria. Además, se exploraron los modelos de respuesta y recuperación implementados por el gobierno provincial, organizaciones y otros actores locales, identificando las brechas en el conocimiento sobre la relación entre la exposición a cenizas volcánicas y sus efectos en la salud humana y animal.

Este marco teórico permitió no solo entender la magnitud de la crisis provocada por la erupción volcánica, sino también analizar las estrategias de manejo utilizadas y las lagunas existentes en el conocimiento, justificando la necesidad de esta investigación.

Los *problemas ambientales* representan disfuncionalidades entre los componentes del sistema ambiental (Di Pace *et al.*, 1992). Se refieren a aquellos aspectos de la relación entre la sociedad y el medio físico, transformado o no, que generan directa o indirectamente consecuencias negativas sobre la calidad de vida de la población presente y/o futura. Es importante destacar que las perturbaciones de un ecosistema o los cambios drásticos que ocurren sin la intervención humana no deben confundirse con un impacto ambiental. En este caso, la acción del ser humano es la responsable directa de la modificación del entorno en un impacto ambiental. Como veremos en las páginas siguientes, en la región de Ingeniero Jacobacci, los pobladores locales han migrado con su ganado en una búsqueda desenfrenada o desesperada de nuevas pasturas. Esta migración obligada, sumada a la compactación del suelo por el constante pisoteo de los rebaños, necesarios para sostener la economía local, ha generado un impacto significativo a nivel regional, alterando la calidad ambiental. Así, se introducirá cómo determinadas actividades humanas pueden modificar un ecosistema, mostrando que este impacto no es neutral, ni menor, sino que conlleva consecuencias profundas y complejas para la región.

Continuando con el análisis de un problema ambiental se requiere la selección de una escala adecuada, tal como menciona Valenzuela (2006), como un punto de partida de un trabajo geográfico que determina la relevancia de los fenómenos, sus consecuencias y significado. Esta selección implica considerar la escala

como la más apropiada en función de los eventos específicos, que están delimitados por coordenadas espacio-temporales concretas.

Aunque la erupción explosiva del Volcán Puyehue tuvo un gran repercusión a nivel regional, con una pluma eruptiva que alcanzó centenares de kilómetros, se ha decidido centrar el estudio en la ciudad de Ingeniero Jacobacci, en la provincia de Río Negro. Esta localidad, ubicada a 238 km del volcán chileno, experimentó numerosos eventos derivados de la erupción.

Esta delimitación espacial y temporal permitió definir el *ambiente* como un *sistema complejo* de interacciones entre factores naturales y sociales específicos de la ciudad de Jacobacci y sus alrededores durante el período afectado por la erupción antes nombrada. El ambiente no existe por sí mismo; siempre es el ambiente de algo, lo que implica que su definición depende del punto de referencia adoptado. Según Gómez Orea (1999), el ambiente se define como un entorno vital, un sistema constituido por elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en la que vive. Concebir el ambiente como un “ecosistema” destaca la importancia de las relaciones dinámicas entre sus componentes, lo que requiere descomponerlo en partes para analizar y reconocer que varía con el tiempo. González Ladrón de Guevara y Valencia Cuéllar (2013) también sostienen que el ambiente se entiende como un encuentro entre la naturaleza y la cultura, es decir, *un constructo social*, que refleja la interacción entre el ser humano y el espacio biofísico en el que habita, articulando indisolublemente el entorno biofísico y el universo simbólico. Para estudiar las cuestiones ambientales con una perspectiva más completa, se recurre al enfoque de sistemas complejos. Hernández (1987) señala que “el medio ambiente” es la unidad de estudio más compleja que el hombre se ha planteado, ya que integra los tres núcleos epistemológicos conocidos (inerte, biótico y comportamental), abarcando todas las ciencias y disciplinas, lo que explica la complejidad de los problemas ambientales. Es oportuno y consideramos importante aclarar que si bien algunos autores hacen distinciones entre “ambiente” y “medio ambiente” para los fines de esta investigación se utilizaron como sinónimos.

También es oportuno distinguir el término “territorio” de “ambiente”. El *territorio* se define como un área específica, una extensión geográfica, que se encuentra organizada y estructurada por un conjunto de procesos sociales, políticos y económicos que le confieren una identidad específica y donde se desarrollan las relaciones humanas con actividades económicas, políticas y culturales (García, 1994; Bengoa 1998). En esta definición se subraya la importancia del territorio como un espacio que resulta de la combinación de elementos físicos y humanos, que se configura a través de procesos de interacción y transformación continua, creando una realidad dinámica. Considerado un sistema que manifiesta el estilo de desarrollo, está integrado por subsistemas y su universo de relaciones. Sus sistemas: el medio físico, la población y actividades de producción, consumo y relación social, poblamiento e infraestructura y marco legal e

institucional (Bengoa, 1998). El *ambiente* es un concepto más integral que engloba las interacciones entre los componentes naturales y humanos, el territorio se enfoca en el espacio físico y las dinámicas sociales y económicas específicas de una región. Ambos conceptos están interrelacionados, pero ofrecen perspectivas diferentes para la gestión y comprensión del entorno.

El *ecosistema* se manifiesta con ese sistema organizativo. Tiene capacidad propia de autorregulación y de ajuste. Esto le permite mantener su estructura, su equilibrio, a lo largo del tiempo. A esta capacidad se la denomina *biostasia u homeostasia*, donde los procesos naturales de regeneración y autorregulación mantienen la estabilidad del sistema ambiental. Por lo cual, representa el potencial del sistema para reaccionar ante influencias externas y adaptarse ante influencias externas, absorbiendo perturbaciones menores sin sufrir cambios significativos. Vale decir, que las interacciones entre los componentes bióticos (organismos vivos) y abióticos (elementos no vivos, como el suelo, el agua y el clima), estos sistemas naturales, tienen una alta capacidad de resiliencia, de recuperarse de alteraciones y seguir manteniendo sus funciones esenciales. Se equilibran absorbiendo las perturbaciones menores sin sufrir cambios significativos en su estructura y funcionamiento. Pero tenemos que aclarar, que esta capacidad de reacción tiene sus límites que no se pueden rebasar por el peligro de la permanencia en él. Tanto la homeostasia como la resiliencia, sostienen a los ecosistemas y su conocimiento es básico en la gestión ambiental del desarrollo (Gómez Orea, 1999).

Un problema ambiental es un excelente ejemplo de una problemática compleja a la que se refiere García, (1994). Presenta diversas características de complejidad, debido a sus múltiples dimensiones e interrelaciones, la incertidumbre en las proyecciones, las repercusiones, y la necesidad de un enfoque integrado para su comprensión y solución. Están involucrados el medio físico-biológico, la producción, la tecnología, la organización social, la economía. Tales situaciones se caracterizan por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, denominado “*sistema complejo*”.

Como señala este autor Funtowicz (1994), la complejidad no tiene nada que ver con la complicación. Tiene que ver con interacciones e interdependencia para lo cual requiere necesariamente una “metodología adecuada” una “investigación interdisciplinaria”, un análisis de los procesos que tienen lugar su comportamiento y evolución como totalidad organizada. Para lo cual, es necesario lograr una verdadera articulación de las diversas disciplinas que se involucren, a fin de obtener un estudio “integrado” de esa compleja problemática. Continúa el autor, que, para lograrlo se necesitan dos tipos de integración: “la articulación de los estudios que realicen los integrantes de un equipo, en la práctica concreta de la investigación. Junto con “la interpretación de la evolución de un sistema, como totalidad

organizada en la cual los diversos elementos (subsistemas) están en constante interacción y donde se interconectan procesos con distintas escalas espaciales y temporales”.

Siguiendo a Funtowicz (1994), un sistema complejo está relacionado con la existencia de múltiples perspectivas, visiones o puntos de vista, y se caracteriza por ser una red de elementos interconectados. La dinámica de un sistema complejo no puede entenderse simplemente analizando sus partes por separado, ya que su comportamiento emergente resulta de las interacciones entre todos sus componentes. Esto significa que no es que sea un sistema complicado, con un significado de “complicación”, ni que se relacione con los “números complejos, de las matemáticas”, sino que por estar “compuesto de elementos heterogéneos” que intervienen en su definición (García, 1994). Para ambos, la complejidad se manifiesta a través de múltiples interacciones, retroalimentaciones y relaciones no lineales entre los componentes del sistema, lo que genera comportamientos emergentes y patrones impredecibles que no pueden ser anticipados con precisión. Vale decir, están compuestos por muchos elementos interconectados cuyas interacciones producen resultados y comportamientos difíciles de prever o controlar completamente. Podemos dar un ejemplo de un sistema complejo: “un ecosistema natural”, un “bosque natural”. Aquí conviven múltiples organismos (plantas, animales, microorganismos) que interactúan entre sí y con su entorno físico (agua, suelo, clima). Estas interacciones generan patrones emergentes como la biodiversidad y el flujo de energía y nutrientes, que no pueden ser comprendidos por el estudio aislado de cada especie.

Tomando a Miramontes (1999), comparte lo dicho de los dos autores referidos en el párrafo que precede, pero también señala que estos sistemas están dentro de las llamadas *ciencias de la complejidad*, que se caracterizan por la presencia de múltiples elementos que interactúan de manera no lineal. Los sistemas cambian constantemente en tiempo y espacio, en todas las escalas posibles, no son fijos, sino que evolucionan constantemente debido a las interacciones entre sus elementos. En Chile existen más de dos mil, de los cuales alrededor de 80 cuentan con un registro eruptivo histórico en los últimos 450 años, con un total aproximado de 300 erupciones en ese tiempo considerándose por ello “geológicamente activos”. Dentro de dicho grupo, se hallan el volcán Chaitén, el Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle, el Volcán Calbuco, el Volcán Copahue, entre otros (Caselli, Vélez y Agosto, 2011).

Los *fenómenos naturales* pueden constituir potenciales peligros para la actividad y existencia humana, por lo que han merecido numerosos estudios en diferentes partes del mundo; particularmente en las últimas décadas, debido al extraordinario crecimiento demográfico y en consecuencia el aumento exponencial de la exposición del hombre a estos fenómenos (Caselli, Vélez y Agosto, 2011).

Uno de los fenómenos naturales que mayor peligro entraña está asociado a la actividad volcánica. En este sentido, la Cordillera de los Andes es una de las regiones del mundo en donde los volcanes y la actividad

asociada tienen una mayor interacción con el hombre. Según Caselli y Vélez (2011), un volcán activo se define como "un volcán que ha tenido una erupción en los últimos 10,000 años y que presenta signos de actividad potencial, como la emisión de gases, deformaciones en la superficie y sismos volcanotectónicos".

La *peligrosidad de los volcanes activos*⁹ está relacionada con la capacidad de un volcán de causar daños a la vida, bienes y al medio ambiente. Este efecto se relaciona directamente con su actividad eruptiva y a la exposición de las poblaciones y recursos cercanos (Caselli y Vélez, 2011)¹⁰. La peligrosidad de un volcán no solo depende de la magnitud y frecuencia de las erupciones, sino también de la vulnerabilidad de las áreas adyacentes y de la preparación y capacidad de respuesta de las comunidades y autoridades frente a estos eventos. Actualmente, las erupciones volcánicas representan un problema de preocupación creciente, debido a la progresiva densificación de áreas urbanas. Si bien, en la República Argentina son pocas las localidades cercanas a los centros eruptivos activos, los productos emitidos por erupciones lejanas tanto en territorio argentino como chileno, pueden repercutir fuertemente sobre las economías regionales, sistemas vitales y la salud (Caselli y Vélez, 2011).

Los estudios de los volcanes activos radican en la vigilancia volcánica; uno de los principales retos es determinar, a partir del análisis de los efectos detectados y su interpretación, si un proceso puede derivar o no en un evento eruptivo. Uno de los precursores de la actividad volcánica es la deformación de la superficie del terreno, cuyo patrón y tasa pueden revelar la profundidad y variaciones de presión y volumen en el reservorio magmático. Las mediciones de la deformación vertical y horizontal del edificio volcánico pueden contribuir a la mitigación del riesgo volcánico proporcionando información de superficie, a partir de la cual pueden estimarse las perturbaciones en profundidad y analizarlas en forma integrada con datos provenientes de las otras disciplinas. La deformación en superficie es un fenómeno común en volcanes activos en respuesta a la dinámica del sistema, incluso en periodos en los cuales la actividad no es visible (Vélez, 2023).

El problema de las cenizas volcánicas puede considerarse una *problemática compleja* debido a varios factores interrelacionados, involucrando aspectos de salud, ambiente, infraestructura, economía y gestión de crisis, y requiriendo un enfoque integral y multi-inter-trans-disciplinario para abordarlo adecuadamente. La *movilización continua de los depósitos no consolidados de cenizas* es uno de los tantos elementos a considerar. Esto se da por la acción del viento y del agua, siendo los pueblos de estepa árida, como la Localidad de Ingeniero Jacobacci que fue gravemente afectada. Se seguirán movilizand

⁹Esta definición considera tanto la reciente actividad eruptiva como los indicadores geológicos y geofísicos que sugieren la posibilidad de futuras erupciones.

¹⁰ En la Región de los Andes que corresponde a la denominada Zona Volcánica Sur (ZVS, 33,4º - 45,9º LS) se caracteriza por una subducción oblicua de tipo normal (30º) entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, con gran concentración de centro volcánicos eruptivos (Caselli y Vélez, 2011).

esas cenizas¹¹ ubicadas y acopiadas por los pobladores al costado de las calles, rutas por el movimiento vehicular y los fuertes vientos. Estos aspectos y otros los involucramos en las páginas siguientes de este documento (Vaamonde *et al.*, 2017).

Se entiende por *riesgos* a todos aquellos procesos o fenómenos naturales generalmente de tipo catastróficos, que afectan a la humanidad ya sea mediante un efecto directo sobre las vidas, instalaciones y actividades productivas o mediante un efecto indirecto al modificar estados de equilibrio naturales como por ejemplo la configuración del paisaje, el clima, la biota o los recursos naturales como los suelos y el agua (Nievas y Stevenazzi, 2023).

Según Funtowicz (1994), citando a Knight (1921), existe una distinción clara entre "*riesgo*" e "*incertidumbre*". El "*riesgo*" se refiere a situaciones en las que es posible asociar un evento con una distribución de probabilidad específica, mientras que la "*incertidumbre*" se aplica cuando esto no es posible. En otras palabras, el autor sugiere que el riesgo es una forma cuantificada de incertidumbre, aunque no necesariamente se puede expresar como un valor numérico. Esta distinción es un tema ampliamente debatido por economistas.

Los cambios de paradigmas en las Ciencias Sociales, el reconocimiento de una sociedad que construye su territorio a partir de sus procesos históricos, sus marcos naturales, su cultura y sus actores sociales configuran un elemento clave en lo que denominamos la *construcción social del riesgo* (Martínez Valle, 2012).

Existen tres conceptos que están interrelacionados: amenaza, riesgo y vulnerabilidad. La *amenaza* es entendida como la probabilidad de ocurrencia de un evento, que provoca potenciales muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales (Nievas y Stevenazzi, 2023; UNISDR, 2009; Beck, 2008). Los *riesgos* son siempre acontecimientos futuros que es posible que se presenten. La ecuación del riesgo se compone de esa relación indisoluble entre amenaza y vulnerabilidad. La *vulnerabilidad* es definida como la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su ambiente. Está conformada por todas aquellas condiciones que aumentan potencialmente los daños que pueden sufrir las personas, los bienes y el ambiente (UNISDR, 2009). Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello, y se va gestando progresivamente y es dinámica (Romero y Maskrey, 1993). Para poderla estudiar, la podemos dividir en distintas vulnerabilidades, dentro de ellas: física detrás de las cuales hay causas socioeconómicas, social,

¹¹ Las cenizas todavía móviles, se siguen movilizandoy modificando física y químicamente debido al intemperismo o meteorización por los fuertes vientos. Además del mayor redondeamiento y disminución de su tamaño, químicamente el hierro, Fe+2 se transforma a Fe+3, con mayor perjuicio en la salud humana. (Vaamonde *et al.*, 2017; Botto *et al.*, 2015). Y relatado durante la exposición del Congreso Argentino de Geología, 2017, celebrado en la Pcia de Tucumán (Argentina).

ideológica, cultural, política, educativa, ecológica e institucional. Cada una de estas, mostrará las debilidades del sistema, por lo cual, resulta complejo diferenciar las causalidades individuales. Es así que ellas se hallan interconectadas y configuran la vulnerabilidad global (Nievas y Stevenazzi, 2023).

Wilches Chaux (1993) menciona que la vulnerabilidad se debe a la combinación de varios factores y características tanto internas como externas que se presentan en una comunidad específica. Cuando la comunidad no puede enfrentar un riesgo específico, ocurre un "desastre" debido a la falta de respuesta adecuada. La combinación de factores y características que hacen a una persona más propensa a sufrir daños o ser afectada por diferentes situaciones se conoce como vulnerabilidad global. La vulnerabilidad de una comunidad determina la gravedad de los daños causados por un riesgo cuando este se materializa.

Según Cardona (1993), la vulnerabilidad puede ser de dos tipos: técnica y social. La vulnerabilidad técnica se puede medir de forma física y funcional, como por ejemplo, en pérdidas potenciales debido a daños o interrupción de servicios. En cambio, la vulnerabilidad social es difícil de cuantificar, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales e ideológicos. El estudio de la vulnerabilidad nos lleva a considerar el paso del tiempo y la historia de los acontecimientos.

A nivel local e individual, la vulnerabilidad económica se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, de recreación y de salud. Mientras que, a regional o a nivel país, se expresa en una excesiva dependencia de nuestra economía de factores externos prácticamente incontrolables por nosotros, por ejemplo, los precios de compra de las materias primas (Wilches Chaux, 1993). Las consecuencias de las sequías que periódicamente azotan esta región de Jacobacci, bajo estudio, son un ejemplo característico de desastre producido principalmente (aunque no únicamente) por vulnerabilidad económica, pues a la ausencia prolongada de lluvias, se suman a la cría de ganado y pocas pasturas frescas.

Ramos Ojeda (2019) citando a Chambers (2006) remarca que la vulnerabilidad no es lo mismo que la pobreza, no significa solamente que haya carencias o necesidades, sino como dijimos anteriormente, indefensión, inseguridad y exposición a riesgos, crisis y estrés, por lo que el enfoque de vulnerabilidad permite entonces entender la heterogeneidad dinámica de las desigualdades sociales (Ramos Ojeda, 2019). Las amenazas naturales pueden desencadenar cambios sociales y culturales. La falta de cultura del riesgo no hace más que aumentar el grado de vulnerabilidad social, económica y educativa, lo que impide o retrasa a un mayor desarrollo e incrementa las posibilidades de daño ante cualquier evento adverso y respuestas sociales e institucionales.

Continuando con el estudio de las vulnerabilidades, también se observa un impacto en la *salud de las personas y del ganado* debido a la exposición a las cenizas volcánicas. Sin embargo, existen pocos trabajos al respecto y algunos son controvertidos y discutibles. La mayoría de las fuentes consultadas,

incluso de “autores reconocidos”, presentan los efectos en la salud de manera muy general y superficial, mencionando por ejemplo, términos como “irritación” sin utilizar la terminología médico-académica adecuada, probablemente por desconocimiento. Es por ello que también le dedicamos atención a estos temas, en apartados, por su implicancia.

La vulnerabilidad y la resiliencia están conectadas, pero se refieren a cómo abordamos riesgos y desastres de manera distinta. A mayor vulnerabilidad, menor resiliencia y viceversa. Mejorar la capacidad de recuperación se logra al fortalecer recursos, habilidades y estrategias para enfrentar y superar los desafíos, lo que ayuda a disminuir la vulnerabilidad. Es importante mejorar la infraestructura, diversificar las fuentes de ingreso, fomentar la educación y capacitar a la comunidad. Estas acciones pueden ayudar a protegerse mejor ante situaciones difíciles que puedan surgir en el futuro.

La resiliencia puede manifestarse a nivel personal y en grupo, ya que no solo se trata de la habilidad de una persona para superar obstáculos, sino también de la capacidad de adaptación del entorno que la rodea. Según Nievas y Stevenazzi (2023), la resiliencia comunitaria es la capacidad de una comunidad para superar desastres y situaciones difíciles, y salir fortalecida de ellas.

La *resiliencia puede ser individual y comunitaria*, no solo como la capacidad individual de sobreponerse a desafíos, sino también con el entorno. En este enfoque, la resiliencia comunitaria es la capacidad de una comunidad para superar desastres y situaciones difíciles, y salir fortalecida de ellas, como una condición colectiva para sobreponerse y construir sobre ellas (Nievas y Stevenazzi, 2023).

Fernández María Augusta (1996) en su compilación, afirma que de acuerdo a lo expresado por Lawell, en una amenaza natural no hay intervención humana directa o significativa posible. La gestión de este tipo de amenaza solamente puede darse por la vía del control de sus impactos sobre la población (mitigación) o, en algunos casos, como inundaciones y lahares volcánicos¹², por la de impedir su llegada hasta zonas pobladas (prevención).

Si no es posible evitar o eliminar el riesgo, debido a las características de la amenaza, de la vulnerabilidad o del evento adverso, se tiene que acudir al concepto de *mitigación* que se refiere a la reducción o disminución al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso, su magnitud o gravedad mediante diversas estrategias y medidas (Nievas y Stevenazzi, 2023).

Como lo indica García en su trabajo del año 1994, “*la realidad no es disciplinaria*”, “*la realidad no presenta sus problemas cuidadosamente clasificados en correspondencia con las disciplinas que han ido surgiendo en la historia de la ciencia*”, por lo que su abordaje debe ser articulado con diversas disciplinas y profesiones y ser integrado.

¹² Los lahares son flujos de barro fríos, son diferentes a la lava que son flujos de alta temperatura.

Para comprender los desastres y los riesgos de desastres, es esencial analizar cómo nuestras sociedades producen sus espacios, cómo configura su territorio, sus contextos históricos específicos. Cada modo de producción de espacio se caracteriza por un desarrollo desigual, que se fundamenta en la división del trabajo y en el acceso diferencial a los recursos generados por la sociedad.

El *desastre* puede ser concebido como producto o como proceso. En el primero de los casos, al emerger como un producto se lo caracteriza como impredecible, una hecatombe, e inmanejable, por lo tanto, la gestión se centra en la emergencia. El desastre como proceso, implica la concepción de aquellos cambios, transformaciones que lo convierten en latente y el resultado de ello. Su gestión se centra en la gestión de la amenaza, gestión de la vulnerabilidad, gestión de la emergencia y de la rehabilitación y reconstrucción, a diferencia del anterior que inicia las actividades en la emergencia. Actualmente, esta idea está siendo reconocida a nivel internacional debido a que la percepción del desastre como un producto ha demostrado ser fallida. Por todo lo expresado, es un punto crucial entender el por qué ocurren los *desastres*, no son sólo los eventos naturales los que los causan, no aparecen por generación espontánea, requieren de un suceso peligroso, también son el producto del medio ambiente social, político y económico (diferente del medio ambiente natural) debido a la forma en que se estructura la vida de diferentes grupos de personas y a su vez se cataloguen como “desastres”. Éstos pueden deberse a un aumento de la *exposición humana*, por la ubicación espacial, de modo que es más probable que los acontecimientos recientes produzcan daños. (Nievas y Stevenazzi, 2023. p. 29; UNISDR, 2009; Blaikie *et al.*; 1996). Casi 500 millones de personas viven dentro de los límites de exposición de los volcanes activos (el 9% de la población mundial) con 40 a 50 erupciones por año (Benítez *et al.*, 2014).

Muchos aspectos del medio ambiente social se reconocen fácilmente: la población vive en situaciones económicas adversas que la llevan a habitar partes del mundo que se ven afectadas por amenazas naturales, sean estas áreas de inundación, laderas de volcanes, zonas sísmicas u otras. Pero hay muchos otros factores políticos y económicos menos obvios que están tras el impacto de las amenazas. Por ello, hay un peligro al tratar a los desastres como algo peculiar, como eventos que merezcan su propio enfoque especial, al separarlos de las estructuras sociales (Blaikie *et al.*, 1996). El concepto del riesgo como construcción social es un marco de análisis interesante y la descripción de los diferentes componentes que constituyen los desastres y los riesgos (peligrosidad, exposición, vulnerabilidad e incertidumbre) cada componente toma sentido al interactuar con otras en la construcción final del riesgo o de los desastres como categorías superadoras.

A lo largo de la historia, el interés por explicar las causas y funcionamiento de los fenómenos naturales peligrosos ha generado distintas explicaciones, que evolucionaron desde una visión dominada por la religión y el mito hasta su estudio científico en el siglo XX. Los cambios en los enfoques, se vinculan con

cambios en los paradigmas de las ciencias naturales y sociales, que se relacionan a su vez con ciertos cambios históricos (Zilio y D'Amico, 2022).

Como la cuestión ambiental es un tema en boga últimamente, no se debe dejar por alto el concepto de *actor social*. Este es un sujeto colectivo estructurado a partir de una conciencia de identidad propia, se ubica como sujeto colectivo entre el individuo y el Estado. Un portador de valores, poseedor de un cierto número de recursos que le permiten actuar en el seno de una sociedad con vistas a defender los intereses de los miembros que lo componen y/o de los individuos que representa, para dar respuesta a las necesidades identificadas como prioritarias (Kullock, 1993). Productores de su historia para la transformación de su situación y generadores de estrategias de acción (acciones sociales), que contribuyen a la gestión y transformación de la sociedad y se ubica como sujeto colectivo entre el individuo y el Estados (Gudynas, 2001).

En 1992, se formó la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (denominada “La Red”). Está integrada por investigadores e instituciones latinoamericanas que trabajan con un enfoque social de los desastres. Los desastres no son naturales (Maskrey, 1993) y Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres (Blaikie *et al*; 1996) son libros fundamentales para entender esta línea teórico-metodológica. Otros referentes principales son Lavell, Cardona, Wilches Chaux y Romero. A partir de los aportes de Cardona (1993), considera que la exposición está implícita en la vulnerabilidad, el riesgo es el producto de la peligrosidad y la vulnerabilidad (Zilio y D'Amico, 2022).

Como se expresa en Murgida y Gentile (2015):

...Históricamente la gestión del riesgo fue reactiva ante las catástrofes. Se incorpora sólo en las últimas décadas, una visión más integral que articula el desarrollo con la disminución de la vulnerabilidad social a través de la gestión del riesgo, así como en la aplicación de enfoques multidisciplinarios para abordar la problemática (P. 212)

Por su parte, Guillermo Bengoa (2007) se refiere al concepto de *gestión* al igual que Fernández (2000) como un conjunto de operaciones inherentes a la consecución de una acción o acciones. La *Acción* es un acto de transformación de la realidad y la *Gestión* sería el campo integral en el que se manifiesta y concreta tal acción o acciones (la evaluación o diagnóstico de la realidad, la oportunidad y costo de la transformación que conlleva la acción, la definición operativa de la misma, la evaluación de los efectos deseados y no deseados, etc. Indica que lo local aparece como la posibilidad de aprovechar los saberes y aptitudes locales y las oportunidades externas para llegar a un mejoramiento de las condiciones económicas, sociales y ambientales de la ciudad”. Por lo tanto la gestión se relaciona con la evaluación o diagnóstico de la realidad, la evaluación de los efectos deseados y no deseados (Bengoa, 2007).

A partir de los términos anteriores, el riesgo de desastres hace referencia a todas aquellas contingencias a la que se encuentra expuesta una localidad, región, ciudad, que pueden provocar daños a la salud o la muerte, como así también afectar a los bienes y al ambiente. Es imprescindible su identificación para luego tomar las medidas y decisiones necesarias para eliminarlos o reducirlos y favorecer el aumento de la resiliencia y así construir el concepto de *Reducción de riesgo de desastres*. Si además se realizan acciones que involucren el reforzamiento con la creación de obras, infraestructura, elaboración de planes de contingencias y evacuación, estableciendo alertas tempranas, de manera permanente y sostenible en el tiempo, a través de políticas públicas, estamos introduciendo y anclando el concepto de *Gestión del Riesgo de desastres* (Nievas y Stevenazzi, 2023).

Una vez establecido el marco teórico que sustenta esta investigación, el cual ha permitido contextualizar el problema y fundamentar las bases conceptuales del estudio, procedemos a dar paso al desarrollo de la investigación. Este apartado se centrará en la aplicación práctica de los conceptos teóricos revisados, integrando metodologías y herramientas que permitan contrastar las hipótesis planteadas y alcanzar los objetivos propuestos. De este modo, se busca transitar de la reflexión teórica a la acción investigativa, avanzando hacia la obtención de resultados concretos.

DESARROLLO

6. El problema ambiental

El volcán Puyehue es un ejemplo reciente vivido en nuestro país. Pertenece al Complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle está situado en la cordillera de los Andes. Es el campo volcánico más grande y activo existente al sur de la región del Maule (diámetro basal de 17 Km)¹³. Dicho volcán hizo erupción el 4 junio de 2011, emitiendo en la primera semana más de 1 km³ de material fragmentado y tuvo una duración aproximada de 14 meses. Algunas de las localidades y regiones más afectadas fueron Comallo e Ing. Jacobacci de la provincia de Río Negro. La columna de ceniza eruptada del edificio volcánico¹⁴, presentó en un primer momento forma de hongo, por estar limitada por la tropopausa de la tropósfera, luego se generó una pluma y terminó afectando al territorio argentino¹⁵(Sernageomin, 2011).

La *ceniza volcánica* se considera un *agente contaminante* constituido por una mezcla heterogénea de fragmentos de roca pulverizada. Estas se movilizan hacia nuestro país transportadas -con gran facilidad

¹³ Ver Anexo 1/ Figura An1 en P. 61: "Delimitación del Campo Volcánico Complejo Puyehue-Cordón Caulle".

¹⁴ Ver Anexo 1/ Figura An2 en P. 63: Pluma generada por los vientos del oeste e imagen satelital Modis

¹⁵ La secuencia de erupciones comenzó el 27 de abril de 2011 con un enjambre de terremotos volcano-tectónicos en el complejo volcánico. La actividad sísmica aumentó hasta el 4 de junio, cuando comenzaron las erupciones plinianas, con una columna de ceniza y gas que alcanzó los 13 km de altura. Se registraron cenizas en Brasil, a más de 2000 km del volcán. También causó interrupciones en vuelos en Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica a fines de junio y principios de julio (Sernageomin, 2011; Schipper *et al.* 2013; Lima *et al.*, 2012 y Smithsonian, 2014).

debido a su pequeño tamaño- por la *actividad de fuertes vientos del oeste*, afectando grandes distancias (Caselli, Vélez y Agosto, 2011). En el Anexo 1 se puede apreciar el mapa de dispersión¹⁶ de las cenizas, mostrando el área de mayor afectación de nuestro territorio.

De esta manera, las *erupciones explosivas*¹⁷ de volcanes chilenos, traen hacia este lado de Los Andes enormes cantidades de materiales transportados, los que llegan aún hasta el Mar Argentino. Inevitablemente se afecta nuestro territorio y también el espacio aéreo, así como la salud humana y animal, la infraestructura de servicios, la aeronavegación y el equilibrio del ecosistema (Caselli, Vélez y Agosto, 2011).

La distribución del tamaño de grano con respecto al foco eruptivo, en una pluma de ceniza, es inversamente proporcional a la distancia recorrida (Mazzoni, 1985). También existen diferencias mineralógicas con una mayor proporción de cristales de piroxenos¹⁸ (con alto contenido de hierro (Fe^{+2}) y magnetitas en regiones más cercanas al volcán (bajo la forma de minerales de Fe como por ejemplo titanomagnetita¹⁹, óxidos de Fe-Ti (ilmenita (FeTiO_3), óxidos e hidróxidos de Fe) (Pons *et al.*, 2015; Mazzoni, 1985). La relación SiO_2/FeO no sólo aumenta con la distancia, sino también con el tiempo de deposición y la actividad volcánica (Vaamonde *et al.*, 2017 ; Botto *et al.*, 2015)²⁰.

La actividad volcánica explosiva (VEI) del Vn. Puyehue calculada es de 5²¹. Las partículas de ceniza volcánica generadas durante una erupción explosiva generalmente se incorporan a una columna eruptiva que puede elevarse de manera boyante decenas de kilómetros y extenderse lateralmente, formando una región de "paraguas" en la atmósfera o la estratosfera (Sernageomin, 2011). Los vientos predominantes dispersan columnas eruptivas que depositan la ceniza a cientos y miles de kilómetros de distancia del volcán, dependiendo de la magnitud e intensidad de la erupción. Las cenizas en suspensión bloquean la luz solar, reduciendo la visibilidad, al punto de producir oscuridad completa durante el día en algunos casos. Las erupciones volcánicas que involucran magma rico en volátiles y con **alto contenido de sílice** (siendo aún más ácido) se encuentran entre los fenómenos naturales más peligrosos (Basualto *et al.*, 2022). A su vez, estos autores reportan que su contenido en sílice viene cambiando y aumentando desde 2002 en adelante, por ende su estilo eruptivo también es más violento (VEI) y **peligroso para la**

¹⁶ Ver Anexo 1 /Figura An3 P. 64: Mapa de Dispersión de cenizas.

¹⁷ Una erupción explosiva se caracteriza por la eyección energética de material piroclástico y gases, mientras que una efusiva presenta emisión tranquila de lava.

¹⁸ Los piroxenos son silicatos monoclinicos de hierro, magnesio y calcio.

¹⁹ La titanomagnetita es un mineral que contiene óxidos de titanio y de hierro.

²⁰ La importancia de conocer la composición química de las partículas de cenizas volcánicas porque con ellas se expulsan componentes volátiles de las fumarolas, y así los sulfuros, halógenos y otros elementos potencialmente dañinos, precipitan rápidamente. Estas especies pueden ser subsecuentemente lixiviadas (por ejemplo por la lluvia). La lixiviación resultante pone en riesgo los medios acuáticos, vegetales y suelos, así como la salud humana, lo mismo en pastizales y ganado. La preocupación incluye la pureza del agua potable después de una caída de cenizas o también llamadas tephra o piroclastos.

²¹ Ver Anexo 1/ Figura An5, P 65 a 66: VEI: valor sin unidad. La actividad volcánica explosiva.

población. Las imágenes de radar (InSAR) obtenidas antes de la erupción, consultando a Delgado (2021) indican que al menos hubo tres episodios distintos de elevación de la superficie entre 2003 y fines de 2010, a tasas que aumentaron de 3–4 mm año⁻¹ (2003–2008) a aproximadamente 30 mm año⁻¹ (2008–2010). Explican que el hecho de que esta deformación del edificio volcánico sugiere una inyección de magma años o meses antes de la erupción en la base del principal depósito silíceo, a una profundidad de ~5 a 6 km por debajo de la superficie para la discontinuidad intracortical (ICD), confirmando la presencia de nuevos hipocentros²² agregados. Esto provocó el **violento inicio de la erupción de junio 2011**. Esta fase explosiva paroxística se caracterizó por un hundimiento superficial localmente fuerte (hasta 1,2 a 1,5 m), acompañado de una despresurización marcada, siendo observado con InSAR (Basualto et al., 2022). De aquí una de las razones del monitoreo de los volcanes.

6.1) Análisis y caracterización ambiental del área de estudio

La localidad de Ing. Jacobacci está ubicada en el Departamento de 25 de Mayo en la Provincia de Río Negro. Sus coordenadas geográficas son 41° 18'S y 69° 35'O. Es una de las localidades más importante de la “Línea Sur” ubicada a 210 km de San Carlos de Bariloche, a 370 km de General Roca y a 700 km de Viedma (Capital de la provincia de Río Negro)²³. A 875 m.s.n.m, en el centro de la meseta patagónica, con un área de 8.69 km² y un perímetro de 23.1 km (Figura 1).

Velasco; Gaetano y Fornasa (2018) indican que el **clima de la región** sur de Río Negro es de tipo árido, con inviernos muy fríos y veranos calurosos y ventosos, con ráfagas superiores a los 50km/h la mayor parte del año. La precipitación media del área de Ingeniero Jacobacci es de 150 a 200 mm anuales, generalmente concentrada en la estación fría. Una elevada evapotranspiración de 600 a 800 mm anuales. Desde el año 2007 se registró una caída en las precipitaciones anuales con valores que no alcanzaban el 70% del acumulado en años promedios (el mínimo, de 70 mm en 2009). A su vez, este prolongado período de *extrema sequía* situado en los años 2007 a 2013, en conjunción con la erupción volcánica del 2011-2012, demostraron la enorme falencia en infraestructura hídrica en los campos de la Región Sur y la gran deuda de información sobre oferta (en cantidad y calidad) de los acuíferos.

Hay signos evidentes de desertificación en aquellos lugares donde se ha quitado la vegetación y que por su disposición altitudinal y topográfica se encuentran expuestos a la acción de los fuertes vientos provenientes del oeste. Por otra parte, la presión ganadera local, sumada a los flujos de animales, dan como resultado *procesos severos de degradación*, siendo otro problema ambiental que presenta el sector.

²² El hipocentro: foco de un terremoto, punto interior de la Tierra donde se origina un movimiento sísmico.

²³ La principal vía de comunicación es la ruta nacional N° 23 que es la más importante de toda la región sur rionegrina ya que une las ciudades y localidades más grandes de la región y las vincula con la zona atlántica y la cordillerana.



Figura 1 a : Mapa de la República Argentina. Ubicación geográfica del Vn Puyehue-Cordón Caulle: Chile y **b)** Departamento 25 de Mayo y la Ciudad de Ing. Jacobacci. **c)** Imagen satelital de la Ciudad de Jacobacci. Fuente: Modificado de Google.

6.2. Descripción de los principales procesos que derivan en efectos ambientales.

LA VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA

La **vulnerabilidad social** constituye un tema relevante para las ciencias sociales, pues coloca en debate, entre otros, cuestionamientos sobre la planificación y gestión de la resiliencia en la región. Según Ramos Ojeda (2019), consultando fuentes como Kaztman (2018), entre otros referentes, el enfoque de la vulnerabilidad permite explicar las desventajas sociales estableciendo una relación entre dos niveles de análisis: el nivel microsocial y el macrosocial. El nivel microsocial se refiere al análisis sobre los comportamientos en individuos y hogares; y el nivel macro relativo a organizaciones e instituciones. Estamos en presencia de problemas de alta complejidad, que deben ser abordados como tales. En este sentido, la vulnerabilidad debe ser analizada en el contexto más amplio de las desigualdades.

La ubicación geográfica de la zona en estudio de la Localidad de Jacobacci, se encuentra a pocas decenas de kilómetros del edificio volcánico junto con la participación del viento del oeste en forma constante. Debemos reconocer que los seres humanos somos creadores de riesgos, ya sea por el afán de incrementar las oportunidades laborales o económicas, por la explotación excesiva y sin una adecuada planificación, así como por la urbanización, junto con el cambio climático, que también es consecuencia del impacto humano en el entorno natural.

Es un enfoque complejo, multidimensional, asociado a condiciones de inseguridad, indefensión de individuos, hogares, comunidades, para enfrentar situaciones límites que obstaculizan su movilidad ascendente en contextos históricos y socioeconómicos concretos. Claramente, la evaluación de la vulnerabilidad es mucho más compleja ya que se inserta la vulnerabilidad demográfica también.

Conocer los rasgos demográficos es crucial para entender las vulnerabilidades establecidas en lo social y en lo económico ya que nos proporciona información sobre la distribución de la población por edad, género, nivel socioeconómico, educación, etnia, y otros factores. Con ellos podemos identificar qué

grupos de personas son más vulnerables a ciertos riesgos, como ser personas mayores, niños, mujeres, minorías étnicas o poblaciones con bajos ingresos. Son los que suelen tener menos recursos para enfrentar crisis (Cutter *et al.*, 2003).

También es importante conocer los movimientos internos de una región. El efecto de esta erupción tuvo un gran impacto sobre los habitantes de la región provocando una migración interna forzada, en la localidad de Jacobacci, en busca de mejoras económicas, sociales y de salud. Estos rasgos nos hablan de los cambios en la estructuración de las unidades domésticas y por ende, y cambios en la proporción de adultos económicamente activos.

La erupción trajo consigo también problemas económicos de diversa índole, para las localidades principalmente afectadas, no sólo nuestro sector en estudio sino otras que se encontraron bajo el manto de la pluma volcánica de la Argentina y más allá de los límites territoriales, como Villa La Angostura, Villa Traful, San Carlos de Bariloche, San Martín de los Andes, Buenos Aires, Montevideo, Puerto Argentino, Porto Alegre, Ciudad del Cabo, Perth, Melbourne y Auckland, forzó a múltiples aerolíneas a cancelar vuelos locales e internacionales (Wilson *et al.*, 2013).

Para indagar los **rasgos demográficos de la localidad de Ing. Jacobacci**, recurrimos a los trabajos de Hilson Foot (s/f)²⁴ y del INDEC (Censo Nacional 2010).

En el trabajo de Hilson Foot se señala la importancia de la definición y la delimitación físico-político de lo que se denomina *localidad* para fines censales.

En la Figura 2a se muestra una gráfica demográfica en barras verticales sobre la evolución en crecimiento de la población total de la Ciudad de Jacobacci desde 1912 hasta el censo del año 2010. En ella no presenta una distinción entre sexo biológico ni edades, con un rápido ascenso en el siglo pasado. En 2001, la población era de 5.719 habitantes, de los cuales el 99% vivía en áreas urbanas (Outes *et al.*, 2015, p. 232).

Según el censo de 2010, el municipio de Jacobacci tenía 6.261 habitantes^{25/26}, con una baja tasa de crecimiento intercensal de apenas 0,88%. Con discrepancia en los datos, los autores refieren que en el año 2010 hubo una población total mayor del reportado, llegando a valores de 10.000 habitantes, posiblemente por doble residencia o por la delimitación de la localidad. En la Figura 2b se muestra la

²⁴Según Roberto Hilson Foot, especialista en estudios patagónicos, de la República Argentina el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) define una localidad mediante un criterio físico que la diferencia de las áreas rurales. La definición, elaborada por César Vapñarsky para fines censales, describe una *localidad* como una concentración de edificaciones conectadas por calles que puede identificarse fácilmente en imágenes aéreas, satelitales o cartas topográficas. Esta clasificación no se ve afectada por la presencia de interrupciones como tierras no edificadas, corrientes de agua estrechas o espacios verdes entre las edificaciones.

²⁵ <https://mapa.poblaciones.org/map/3701/#/&lr22650/l=12201>

²⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Ingeniero_Jacobacci

estructura de una pirámide poblacional del Departamento 25 de Mayo del 2010, con una distribución casi simétrica de base expansiva y con menor número de jóvenes varones entre 20 y 24 años.

En el Anexo 1 se presenta un mapa satelital con la delimitación del perímetro de la localidad de Ing. Jacobacci, correspondiente al año 2017, proporcionada por el INDEC. Esta delimitación estandarizada facilita la obtención de información más precisa²⁷.

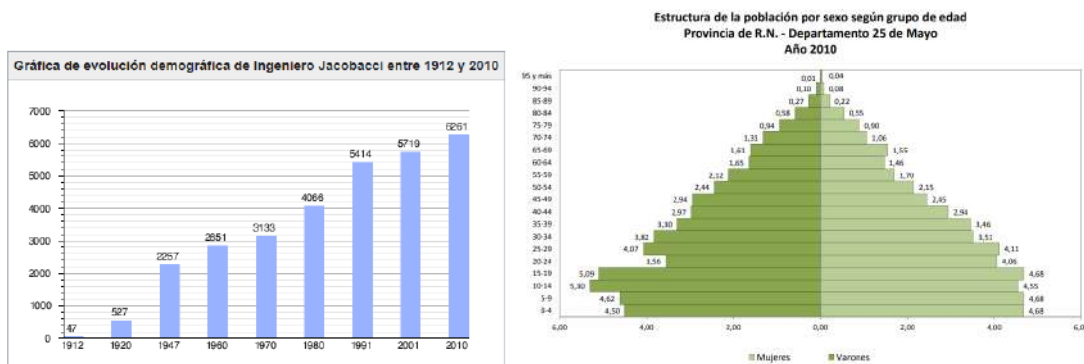


Figura: 2a) Gráfica de la evolución de la población en general de la Ciudad de Ing. Jacobacci desde 1912 a 2010. Gráfico en barras sin distinción en sexo biológico ni edades. Fuente: <https://www.estudiospatagonicos.com.ar/informes/delimitacion-censal-de-la-localidad-ingeniero-jacobacci-roberto-hilson-foot.htm> y <https://mapa.poblaciones.org/map/3701/#/&lr22650/l=12201>. **b)** Pirámide poblacional según Censo 2010 del Departamento 25 de Mayo. Fuente: Dirección Provincial de Estadística y Censos de la Provincia de Río Negro, en base a datos del Censo Nacional de Indec 2010.

La Vulnerabilidad Económica

• La Ganadería Extensiva

Dentro de las actividades productivas, la localidad de Ingeniero Jacobacci forma parte de la “Región de Estepa”, al oeste del departamento 25 de Mayo y el este de Ñorquinco, en la provincia de Río Negro²⁸. En el Anexo 1 se muestra un mapa de la Provincia de Río Negro y los distritos con sus respectivas actividades económicas principales²⁹.

En esta área rural, la actividad económica predominante a lo largo de la historia ha sido la **ganadería extensiva** en pastizales naturales. La misma se centra principalmente en la cría de ovinos para la comercialización de pelo y lana, y en menor medida de caprinos. Esta actividad es llevada a cabo tanto por estancieros privados como por la comunidad local. Viven actualmente 500 familias dedicadas a la producción ganadera. (Murgida y Gentile, 2015). Según estos autores, la *dispersión de las unidades de*

²⁷ Ver Anexo 1/ Figura An6 P. 67: Mapa satelital con la delimitación del perímetro de la localidad de Ing. Jacobacci del año 2017, proporcionada por el INDEC.

²⁸ Región de la Estepa: abarca los departamentos de El Cuy , 25 de Mayo y 9 de Julio, comprendiendo 20 gobiernos locales.

²⁹ Ver Anexo 1/ Figura An7 P. 67: Mapa de Río Negro y sus distritos con sus principales actividades económicas.

producción respondería al recurso hídrico, a la escasez de agua y a la calidad de las pasturas³⁰. Adicionalmente, otra actividad económica es la explotación minera.

Según la información socioeconómica proporcionada por (Bran; et al. 2018) y consultando el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPHyV) de 2010, se pudo notar que la población rural en general disminuyó durante el periodo entre los censos de 2001 y 2010 (Tabla 1). Las migraciones definitivas de miembros de familias rurales aumentaron año tras año durante este período. En algunos casos, estas migraciones no fueron definitivas, sino que se estableció un modelo de doble residencia. Este cambio se debe a diversos factores, como la educación de los jóvenes, preocupaciones de salud, la búsqueda de nuevas oportunidades de trabajo y la disponibilidad de servicios como internet y servicios bancarios (Fantozzi, 2022). Es importante conocer las características y antecedentes sociodemográficos de las personas para entender cómo se desenvuelven en la sociedad.

En el último censo de 2022, según los informes del INDEC, la provincia de Río Negro cuenta con 762,067 habitantes, de los cuales 15,847 corresponden al departamento 25 de Mayo³¹. La Localidad de Ing. Jacobacci presenta 8.112 habitantes³².

En la Figura 3 se puede observar que la edad de la mayoría de los productores son personas mayores de 50 años (que han nacido en el campo o paraje más próximo, y han permanecido en el establecimiento durante casi toda su vida). En 2010, el 84% de la población rural sólo tenía educación primaria (Bran et al; 2018). La mayoría de sus encuestados son ocupantes de tierras fiscales y categorizados como pequeños productores o pobladores rurales en subsistencia. El 56% declaró ingresos anuales, por venta de carne, lana y/o pelo, menores a \$10.000. (Bran et al; 2018) (Figura 4).

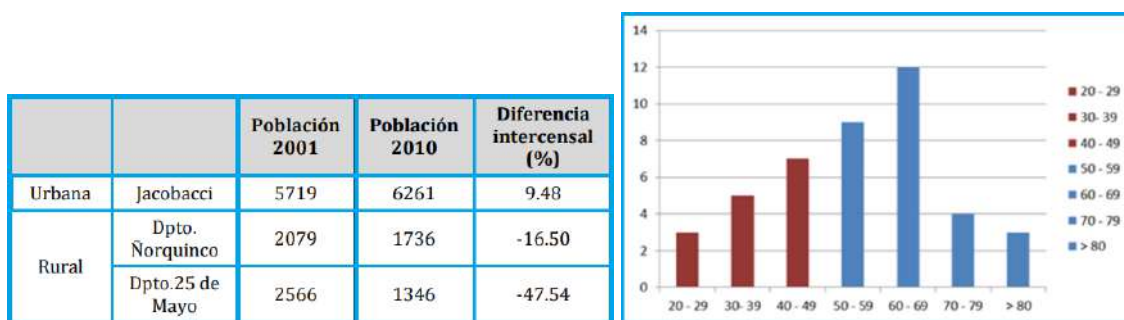


Tabla 1: Población Urbana y Rural en el periodo intercensal 2001-2010.

Figura: 3: Perfil de edades de los productores. En eje “y” número de productores, en eje “x” categorías etarias. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/3325/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Bran_D_Desarrollo_Observatorio_Sustentabilidad_Rural_Jacobacci.pdf?sequence=1&isAllowed=y

La ganadería argentina está basada fundamentalmente en el pastoreo directo por la hacienda de pastizales. En estos sistemas existen diversos tipos de interacciones entre los animales, las plantas y el suelo. Los

³⁰ En las páginas 29 a 30 de este documento se continúa con información relevante sobre pasturas. Ver Anexo 1, en figura AnF8 P. 68.

³¹ <https://www.adnrionegro.com.ar/2023/02/segun-el-censo-2022-rio-negro-tiene-762-067-habitantes/>

³² <https://www.rionegro.com.ar/politica/el-dato-poblacional-del-censo-por-ciudad-abrira-debate-en-rio-negro-3690520/>

efectos son producidos tanto sobre la pastura (defoliación, tránsito y pisoteo, retorno por excretas), sobre el suelo (tránsito y pisoteo) y sobre la cobertura superficial.

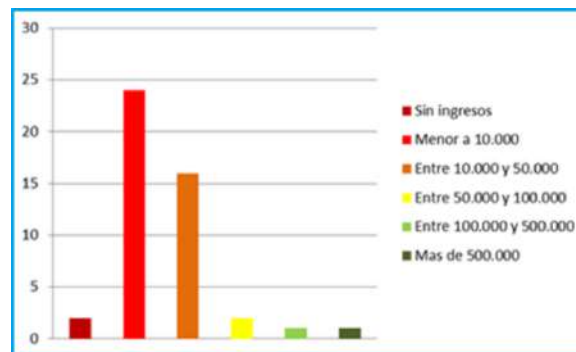


Figura: 4: Ingresos anuales declarados por venta de lana, fibra y/o carne. En eje “y” número de productores, en eje “x” categorías de ingreso. Disponible en: https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/3325/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Bran_D_Desarrollo_Observatorio_Sustentabilidad_Rural_Jacobacci.pdf?sequence=1&isAllowed=y

La estructura del suelo pastoreado se ve afectada por el tránsito y pisoteo del ganado, principalmente por el tamaño y energía del animal. La compactación del suelo afecta a los microorganismos, plantas y pasturas de forma negativa. Estos efectos son mayores cuando el suelo no tiene humedad. La magnitud de estos efectos depende de la masa del animal, el tamaño de su pezuña y su energía cinética. Como resultado, el suelo se compacta, lo que afecta negativamente también el hábitat de los microorganismos, la composición de las plantas y la productividad de las pasturas. Estos efectos son más intensos cuando el suelo está seco.

Además, el pisoteo y el pastoreo de animales migratorios aumentan la salinidad en la parte superior del suelo y cambian el flujo de agua. La falta de vegetación en el suelo hace que se evapore más agua, lo que causa que las sales se acumulen en la superficie, sobre todo en zonas bajas. Cuando hay menos vegetación en los espacios, la temperatura del suelo sube y se evapora más rápido el agua, lo que afecta la estructura de las pasturas (Taboada, 2007).

Las largas caminatas del ganado ovino también peligran cuando están preñadas, ya que aumenta el riesgo de que los corderos recién nacidos pierden a la madre y mueran. Los pastizales de la Patagonia se están degradando aún más debido al *sobrepastoreo*. Los campos están perdiendo sus mejores pastos y, como resultado, pueden sostener cada vez menos ovejas. Ante esta situación, los productores reclaman soluciones³³.

El profesor Rodolfo Golluscio, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), informó en 2017 sobre la identificación de dos tipos de pastizales en la Patagonia.

Por un lado, están los pastizales de coirón blanco (pastos del género *Festuca*), ubicados al oeste de la región, donde esta especie forrajera es la más abundante y la preferida por las ovejas. Por otro lado, se

³³ <https://sobrelatierra.agro.uba.ar/el-manejo-adaptativo-del-pastoreo-en-patagonia-alternativa-virtuosa/>

encuentran los pastizales de *coirón amargo* (pastos del género *Stipa*), localizados en el centro de la región patagónica; estas plantas son menos comestibles, menos apetecibles, y no son preferidas por el ganado.

Golluscio destaca también que, las áreas con *coirón blanco*^{34/35} están en entornos ambientales más favorables, pero también son las que experimentan un deterioro más intenso. Esto se debe a que, al ser el pasto dominante consumido por los animales, el suelo queda desnudo, lo que provoca una mayor erosión y, eventualmente, el predominio del coirón amargo.

La erupción del volcán Puyehue causó grandes pérdidas en nuestra zona de estudio, afectando la agricultura, el suministro de agua, en la salud de los animales y otros efectos, que se irán detallando en páginas siguientes.

En la ganadería extensiva, el impacto fue especialmente severo con pérdidas de ganado de hasta un 70% o incluso mayor. La propia caída de ceniza volcánica agravó la situación, ya que la región ya venía sufriendo varios años de sequía. El desastre afectó a gran parte de la región, causando una disminución del caudal del río y falta de agua tanto para el consumo humano como para las pasturas de los animales.

Según el trabajo de Outes y colaboradores (2011), el impacto directo de la caída de cenizas volcánicas en la región se vio agravado y amplificado por las nevadas y la sequía prolongada de varios años.

Los reportes de los diarios de la época y actuales (Diario Río Negro, 2021) dan evidencia de lo sucedido a los pobladores rurales: las ovejas sufrieron la inclemencia de las cenizas:

“Tenían una capa de varios centímetros de éstas en su lana. Había llovido en esa madrugada y se les había formado como una “especie de pegamento”, así lo describen los campesinos. Tuvieron que apurarse a esquila al ganado (...) “Sus herramientas no alcanzaban y empezaban a morir”....

La falta de galpones de almacenamiento de forraje, cobertizos o corrales, comederos, bebederos, alambrados o mangas para un mejor manejo del ganado limitó seriamente las opciones disponibles para minimizar y paliar los impactos de la erupción.

Según los reportes de los campesinos, las ovejas quedaban atrapadas en las cenizas, sin poder moverse, refugiarse o ser rescatadas, lo que causó una alta mortalidad.

Según el Diario La Voz³⁶ comentaba las inclemencias del momento:

“Los pobladores están “sitiados por la ceniza y el viento que no para”. La acumulación de cenizas sobre esa región y los fuertes vientos que levantaban remolinos de polvo dejó aislada a la región y la ayuda provincial y nacional no estaba llegando, ya que los caminos eran intransitables (...) La Municipalidad inició la limpieza

³⁴ Las plantas comúnmente denominadas “pastos, flechillas o coirones” pertenecen en su mayoría a la familia botánica de las Gramíneas o Poáceas. El coirón blanco o coirón dulce (*Festuca pallescens*) es un pasto perenne y apetecible por el ganado. Sinónimos: *Festuca gracillima* var. *patagonica* / *Festuca gracillima* var. *ramosa* / *Festuca pallescens* var. *foliosa* / *Festuca pallescens* var. *pallescens* / *Festuca pallescens* var. *scabra* - <https://sib.gob.ar/especies/festuca-pallescens?tab=sitios>

³⁵ Ver Anexo 1/ Figura An8, P. 68 Coirón blanco o dulce y coirón amargo

³⁶ <https://www.lavoz.com.ar/noticias/sucesos/declaran-zona-desastre-ingeniero-jacobacci-cenizas/> (9 de junio de 2011)

de las calles y trasladó ayuda a la zona rural, en un momento en que amainaron los vientos, pero después del mediodía las ráfagas recobraron intensidad y la nube de cenizas impidió continuar con los trabajos.

Cuando el fuerte viento típico de la región levantaba el polvo la zona se volvía un desierto porque era imposible circular con vehículos o caminar a la intemperie, ya que el aire se volvía irrespirable. Circular era prácticamente imposible por el estado de los caminos, la escasa visibilidad y las fallas en los vehículos que provocaba el ingreso de polvillo. De esta forma, dos camiones enviados por el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación quedaron varados kilómetros antes de llegar a destino, con sus cargas de colchones, agua mineral, barbijos y frazadas.

En cambio, logró llegar a Jacobacci un camión enviado por la provincia con una carga de pasto para el ganado”.

El problema fue con el cargamento de pasto, proveniente de otra región. Las ovejas no tenían su dentadura en condiciones para masticar adecuadamente. El pasto era duro y poco apetecible, además, estaban desnutridas y deshidratadas, lo que aumentó aún más la mortalidad del ganado.

Bran *et al*; (2018) consultando a (Bran *et al*; 2011), indica que esta zona padece lo que se denomina un “*síndrome de desertificación y pobreza rural*”. Múltiples procesos ambientales que deterioran la calidad del suelo y el ecosistema, lo que, a su vez, contribuye a condiciones de pobreza entre la población rural. Se caracteriza por tener una estructura agraria desequilibrada, con grandes extensiones de tierra y la mayoría de los productores son pequeños con vínculos culturales con el lugar donde viven, lo que los hace muy vulnerables en términos sociales y ambientales. Una región afectada por eventos naturales que la han llevado a crisis recurrentes, nevadas, la combinación de sequía y caída de cenizas volcánicas y luego su *removilización que puede durar meses*.³⁷

A través de la historia se puede registrar una cronología de eventos. La gran nevada de 1984 puso en evidencia la fragilidad de la economía ganadera de subsistencia de gran parte de la población. Invierno que aún permanece en la memoria de los rionegrinos como uno de los temporales más crudos que sufrió la región en su historia, con registros térmicos de récord provincial de -39 grados³⁸. Ese año, las intensas precipitaciones de nieve se extendieron durante dos semanas consecutivas, provocando el aislamiento y abandono de centenares de familias (muchas de ellas originarias) y la muerte de casi la totalidad de la ganadería. La ventana 2002-2004 es el período más largo sin eventos naturales. A partir del 2007-2014, se superponen momentos de sequía con la caída de ceniza volcánica del Chaiten (2008) y luego con la erupción del Vn Puyehue (2011). Seguido a este último, la removilización de ceniza disminuye luego de las intensas lluvias de 2014 y se comienza con la salida de esta gran crisis generada, pero llega otra nevada en el 2020 (Fantozzi, 2022).

³⁷ Ver Anexo 1 /Figura An9, P. 68: Eventos ocurridos durante tiempo histórico.

³⁸ <https://latinta.com.ar/2023/09/15/la-gran-nevada-de-1984-mapuche/>

Los procesos de transporte de re-ubicación de cenizas que duraron varios meses se observan a diferentes escalas, desde micrositio hasta unidades de paisaje. Las plantas actúan como “trampa” y acumulan cenizas del lado reparado de los vientos dominantes del oeste/noroeste. A diferencia de los sitios sin cobertura vegetal, la proporción de la ceniza depositada es mucho menor. Además de la cobertura vegetal y la exposición al viento, el transporte y redistribución de las cenizas depende de otros factores como la granulometría del material y la humedad (Inta, 2011).

Las cenizas se ubican, al ser movilizadas por los vientos predominantes del oeste, en zonas topográficas bajas y a sotavento de las pasturas³⁹. El paso de los vehículos, y del viento, las moviliza junto con el intemperismo que modifica su química, comenzando el denominado ciclo de las cenizas y el redondeamiento de sus ángulos por rodadura y moldeado de sus ángulos⁴⁰.

En la zona de Jacobacci predominan cenizas volcánicas finas, muy livianas y fácilmente removibles a diferencia de las cenizas caídas en ciudades cercanas⁴¹. Se han reportado hasta fenómenos meteorológicos debido a las propias cenizas volcánicas (litometeoros) en la misma región por los fuertes vientos que azotan la región⁴²

En un estudio realizado por Elissondo (2016), estimaron pérdidas económicas de aproximadamente 187 millones de dólares en el turismo (52% en Neuquén y 37% en Río Negro) y alrededor de 200 millones de dólares en la agricultura y ganadería. Las consecuencias a largo plazo por la erosión eólica de cenizas son imposibles de calcular.

Según Prieto (2012), en el año 2011 el INTA informó que la Provincia de Río Negro fue la más afectada, con un 80% de su territorio comprometido. El 89% de los productores y el 84% de la hacienda también resultaron perjudicados de alguna manera. Los departamentos que sufrieron más daños fueron 25 de Mayo, Pilcaniyeu y Ñorquincó. Este problema ambiental estuvo presente durante muchos años, especialmente en las regiones de estepa. La remoción de cenizas empeoró el impacto de la caída de cenizas volcánicas, y fue hasta después de cinco años que el ambiente y la comunidad agrícola empezaron a recuperarse (Forte *et al.*, 2018; Domínguez *et al.*, 2020).

- **La salud del ganado**

La caída de cenizas del volcán Puyehue del 2011 no hizo más que agravar la economía extensiva de sustentación que ya venía padeciendo la región en estudio, debido a la sequía. La oferta forrajera había disminuído y las condiciones de salud del ganado quedaron a un nivel crítico.

³⁹Ver Anexo 1 /Figura An10, P. 68 a 69: Cenizas a sotavento de pasturas y en topografías bajas.

⁴⁰Ver Anexo 1 /Figura An11,P. 69: Movilización y ciclo de las cenizas volcánicas

⁴¹Ver Anexo 1 /Figura An12, P. 70: Caída de cenizas finas en la Localidad de Ing. Jacobacci.

⁴²Ver Anexo 1 /Figura An13, P. 70: Fenómenos meteorológicos locales debido a las propias cenizas volcánicas

La gravedad está relacionada con (a) la cantidad de las cenizas caídas (b) la composición de las mismas y (c) algunos factores climáticos como presencia y velocidad de los vientos y presencia o ausencia de lluvias.

Robles (2011) (pertenece al Grupo de Salud Animal INTA EEA Bariloche), reporta los diversos trastornos en la salud del ganado, agravados no solo por la caída de cenizas, por la composición química, forma y su granulometría, sino también por la sequía padecida desde años y junto a la escasa oferta forrajera. Esto ha llevado a una condición crítica del ganado. En la primera semana se reportaron 8×10^6 hectáreas en el campo de Argentina afectadas (Botto *et al.*, 2015).

Entre los principales efectos sobre la salud del ganado podemos mencionar: (Robles, 2011)

1. Acúmulo de cenizas sobre el cuerpo: En los lanares, se acumulan cenizas en el lomo y la cabeza, lo que reduce la capacidad aislante de la lana y aumenta la pérdida de calor corporal, obligando al animal a gastar más energía para mantenerse caliente. En los bovinos, la piel del lomo con ceniza se reseca y se agrieta, al igual que en el morro de los lanares. (Figura 5 a).
2. Patologías oculares: Inflamación especialmente en la conjuntiva y el globo ocular. la continúa voladura de cenizas por vientos y falta de lluvia, surgen lesiones ulcerativas que dificultan la visión, el movimiento y la alimentación del ganado. En casos severos, se presentan queratoconjuntivitis infecciosa o ceguera (Figura 5 b y c), (figura 5 c).
3. Abortos tempranos debido al estrés alimenticio o climático o causados por infecciones como brucelosis, campylobacteriosis, salmonelosis, leptospirosis, toxoplasmosis, entre otras.
4. Muertes por caquexia e inanición: en las zonas donde ha caído abundante cantidad de cenizas se dificultó e impidió la alimentación normal del ganado. Donde no se pudo proveer al ganado de forraje adicional, los animales se presentaron muy débiles, con dificultad para moverse y con alta mortalidad.
5. Patologías respiratorias: La exposición a cenizas en el ambiente puede causar distintos grados de dificultad respiratoria en los animales. Es común observar un aumento en la secreción de moco nasal como una respuesta natural del organismo para eliminar las partículas de cenizas inhaladas. La persistencia de las cenizas puede desarrollar enfermedades pulmonares como la silicosis debida a la composición de las cenizas y su accionar sobre el tejido pulmonar. También se podrían incrementar los casos de Neumonías, sobre todo en animales jóvenes. (Figura 6 a).
6. Problemas dentarios: la acción abrasiva de la ceniza, consumida simultáneamente y en forma involuntaria con las pasturas, genera un desgaste prematuro de la dentadura y pérdida de dientes en el animal.
7. Sistema Digestivo: De manera temprana se observó contenido gástrico con cenizas mezcladas. También enterotoxemia y diarrea. Gastroenteritis hemorrágica con tendencia a la necrosis

8. Intoxicaciones por plantas (consumo no habitual de ciertas plantas).

9. Intoxicación o deficiencia de minerales (Robles; 2011). También daño al sistema digestivo (retículo-rumen, omaso, abomaso e intestinos) (Figura 6 b). Obstrucción del tracto gastrointestinal, si cantidades importantes de cenizas son consumidas por los animales. Gastroenteritis hemorrágica con tendencia a la necrosis (Figura 6 c).

10. Daño en piel por abrasión.

11. Abrasión de dientes y pezuñas (Robles, 2011 ; Diario Uach, 2015) (Figura 7 a, b, c).

Los productores señalan que la ceniza mezclada con el agua de lluvia o nieve formaba en el lomo del ganado un gran peso que los imposibilitaba a seguir caminando para alimentarse, quedando enterrados en un “mar de cenizas” (COEM, 2011) reporta también que el ganado padecía de fatiga que las imposibilitaba a comer y a conseguir pasturas frescas, no contaminadas con ellas. Su dentadura se encontraba corroída, en su tracto digestivo tenían formación de cuajo mezclado con cenizas. Se estima que el número de cabezas de ovejas que perecieron fueron de 1.683.000. (Figura 7 d).



Figura 5 a: Cenizas sobre lana de las ovejas. **B)** Inflamación en córnea y globo ocular. **C)** Queratoconjuntivitis o Ceguera
Fuente: Carlos Robles_Inta



Figura 6 a: Cenizas en narinas. **B)** Contenido estomacal con cenizas (oscura). **C)** Dilatación de vísceras y Hemorragia en vísceras. Fuente: Carlos Robles_Inta



Figura 7 a y b: Dentadura sana Fuente: Carlos Robles_Inta.



Figura 7 c y d: c) erosión dentaria d) alta mortalidad. Fuente: Carlos Robles_Inta

El Dr. Rodrigo Arias, de la Universidad Austral de Chile, publicó en el diario Uach en 2015 que la caída de cenizas volcánicas puede causar enfermedades como fluorosis, hipocalcemia y trastornos metabólicos secundarios en el ganado. Explicó que las partículas de flúor generadas durante una erupción se adhieren a las partículas de ceniza finas, representando una amenaza potencial para la salud del ganado (Diario Uach, 2015).

Las pequeñas partículas de cenizas pueden contener grandes cantidades de flúor soluble en el forraje. Estas se consideran tóxicas cuando el consumo es $> 100 \mu\text{g/g}$ en animales en pastoreo. Sin embargo, las concentraciones menores pueden causar enfermedades de mediano a largo plazo. El ganado bovino puede tolerar alrededor de $40 \mu\text{g}$ de Flúor/g y las ovejas hasta $60 \mu\text{g}$ de Flúor/g. El flúor se une al calcio, formando compuestos que pueden afectar negativamente la salud del ganado. Cuando el flúor presente en las cenizas volcánicas es ingerido, se combina con el calcio en el organismo, lo que puede llevar a la desmineralización de los huesos y dientes, así como a otros problemas metabólicos como la hipocalcemia. En el trabajo reportado por (Stewart *et al*; 2016) señala que el flúor (F) extraíble con agua en la tefra recién recolectada de este volcán en estudio, varió de 12 a 167 mg/kg , (valor medio de 67 mg/kg)⁴³. La toxicidad por fluoruro puede ser aguda o crónica: Aclara que: “Fluorosis aguda: (de corto plazo y exposición a altas concentraciones) y Fluorosis crónicas (a largo plazo y exposición a concentraciones más bajas). Se informó también *fluorosis crónica en poblaciones de ciervos salvajes*, posiblemente como consecuencia de la toxicidad del F en el área de depósito de tefra del Cordón Caulle.

- **El sistema ictícola**

La caída de ceniza volcánica puede tener un impacto grave en los suministros de agua, tanto urbanos como agrícolas, al provocar cambios físicos y químicos en su calidad. La ceniza puede causar problemas como la acidificación del agua, un aumento de su turbidez (haciéndola más turbia o sucia), y un incremento en las concentraciones de iones, lo que afecta su potabilidad y su uso en actividades agrícolas.

⁴³ Estas concentraciones son bajas en comparación con las erupciones en todo el mundo (media global de 129 mg/kg , consultando autores como Ayris y Delmelle, 2012), pero son más altas que las registradas en la erupción del volcán Ruapehu del 11 al 12 de octubre de 1995, en Nueva Zelanda, donde la toxicidad del F contribuyó a la muerte del ganado.

Según lo reportado por Maglio y Rauque en 2012, la caída de cenizas volcánicas también afectó la productividad acuática. Varios factores contribuyeron a esto: la suspensión de partículas flotantes en la superficie del agua durante varios días redujo la penetración de la luz solar, lo que alteró la cadena trófica. Además, la presencia de cenizas en la interfaz aire/agua disminuyó la disponibilidad de oxígeno y causó cambios en el pH del agua.

Por ejemplo, en el caso del volcán Puyehue, el lixiviado de cenizas en el agua produjo un pH de 5.2, indicando un ambiente ácido. En comparación, el agua del lago de la Presa Hidroeléctrica Alicurá⁴⁴, sin la presencia de cenizas volcánicas, tenía un pH promedio de 7.20⁴⁵. Con el tiempo, la composición química de las cenizas también cambia, lo que puede afectar el contenido de fluoruros en el agua.

La producción ictícola, como la de los criaderos de truchas, se vio gravemente afectada por la caída de cenizas volcánicas. Según Maglio y Rauque (2012), se observaron altos niveles de mortalidad en los peces debido a la acumulación de cenizas y partículas volcánicas. Las truchas presentaron diversas lesiones, como daño en las branquias, la cavidad bucal, las aletas y el sistema digestivo, donde se encontraron partículas de piedra pómez. También se observaron petequias (pequeñas hemorragias), una vesícula biliar dilatada que indicaba inanición, y signos de estrés severo.

Este estrés provocó inmunodepresión en los peces, lo que favoreció infecciones oportunistas por hongos como (*Saprolegnia spp*). Además, la acumulación de cenizas redujo la superficie respiratoria y alteró el equilibrio osmótico, lo que llevó a la inanición y muerte de muchos ejemplares (Maglio y Rauque, 2012). (Figura 8)



Figura 8: Efectos sobre la fauna acuática. a) Ejemplar de trucha marrón con obliteración de sus branquias por cenizas volcánicas. b) Ejemplar de Trucha arco iris con afección de sus branquias por inmunodepresión por Hongo saprolegnia. c) estómago de pez con gránulos o masas de piedra pómez en estómago. d) Ejemplar de Trucha arco iris con petequias y sangrado en hígado y vesícula biliar dilatada por inanición. Fuente: modificado de (Maglio y Rauque, 2012). <https://es.slideshare.net/slideshow/volcn-puyehue-cordon-caulle-problematica-postceniza-copia/8525496#7>

Vulnerabilidad en Edificaciones-Infraestructura

⁴⁴ Alicurá es una presa hidroeléctrica que forma un lago, con un cuerpo de agua con una superficie de 6750 ha y una capacidad total de 3270 hm³.

⁴⁵ Este valor es considerablemente ácido. Los cuerpos de agua, en el embalse de Alicurá o Alí Curá (es el 1ero de cinco diques sobre el río Limay en el noroeste de la región del Comahue, Argentina, unos 100 km de la ciudad de San Carlos de Bariloche y 190 km al sur de la ciudad de San Martín de los Andes.), 40°35'S 70°45'O, 705 m s. n. m.

En un estudio reciente realizado por Bonadonna, Bran y Dominguez (2020), se destacó la importancia de la infraestructura en el trabajo realizado. Frente a este tipo de catástrofes, las comunidades son muy susceptibles a quedarse sin electricidad. En realidad, el funcionamiento de servicios importantes como las telecomunicaciones, el suministro de agua, los hospitales y las escuelas depende en gran medida de la electricidad. Este trabajo identificó que la causa más común de daño físico provocado por la erupción es la descarga eléctrica en los aisladores de corriente, basándose en reportes de Wardman et al. (2012), Wilson et al. (2012) y Wardman et al. (2014). Cuando se acumula ceniza y esta se moja debido a la lluvia, la nieve, la niebla o el rocío, sus sales se vuelven solubles y pueden causar cortocircuitos que afectan la electricidad en infraestructuras importantes como rutas y hospitales. Cabe mencionar, la investigación de Torres-Corredor, Ponce-Villarreal y Gómez-Martínez (2017) que analiza cómo la acumulación de ceniza afecta a la infraestructura, causando sobrepeso y colapso en los techos de las viviendas, así como enterrando estructuras y ejerciendo presión lateral en los muros. La ceniza, al ser pequeña y húmeda, puede entrar en las estructuras y dañar materiales y equipos dentro de los edificios. También es importante tener en cuenta que las fachadas de las casas, sobre todo las que están en contacto con la lluvia, pueden dañarse debido a la ceniza ácida que emana del volcán y se mezcla con el agua.

En este primer análisis de la vulnerabilidad se aborda únicamente el impacto en la calidad de la construcción, en sus partes y materiales, con una reducción significativa en su resistencia.

Estos autores explican que, según Torres (2001), la falla de una cubierta ocurre cuando se aplica una carga excesiva hasta que alcanza su punto de colapso. Se deben considerar diversos elementos, como la aplicación de la carga de ceniza, la transferencia de cargas, el estado y la geometría de la estructura, los materiales utilizados, el diseño y el ensamblaje de los elementos, así como la edad y el estado de las cubiertas.

El estado general de la estructura se refiere a qué tan bien se conserva. Para indicar un estado óptimo, es importante verificar que no haya grietas o fisuras, que los elementos estructurales estén bien unidos y que la cubierta esté protegida contra la humedad y el deterioro ambiental. También es esencial asegurarse de que no haya hormigueros ni oquedades en el concreto, ni capas gruesas de óxido en elementos metálicos, ni ataques de termitas en la madera. El estado regular se caracteriza por la falta de algunas condiciones del estado óptimo, como pequeñas fisuras, acoples deficientes entre elementos estructurales, leves humedades, alteraciones en elementos de concreto o metálicos, y señales poco evidentes de daños en elementos de madera. Se puede notar un mal estado cuando hay grietas o deformaciones en las estructuras, revestimientos faltantes en el concreto, corrosión en piezas metálicas, madera en estado de putrefacción por insectos, y elementos desacoplados que afectan la respuesta estructural.

La madera es un material que se descompone con el tiempo y pierde sus propiedades mecánicas, por lo que solo se puede utilizar hasta que llega al final de su vida útil. Cuando ésta se expone durante mucho tiempo al aire, la celulosa cambia y estudios en vigas han demostrado que el porcentaje de celulosa disminuye gradualmente, mientras que la lignina se mantiene estable. Según Marks (1982), con el paso del tiempo, las variaciones en la madera resultan en una disminución de resistencia, flexión y compresión en los elementos de madera. Distinguen que las losas son muy fuertes frente a la ceniza. La teja en las cubiertas es crucial para la estructura, junto con los elementos de apoyo y el material de soporte. Es importante diseñar la cubierta con pendientes adecuadas y con mecanismos de limpieza o accesos para evitar que se acumule ceniza y cause daños. Esto se debe hacer siguiendo normas de diseño y construcción para asegurar que la cubierta sea resistente a las sobrecargas de ceniza. La ceniza acumulada en un techo puede provocar corrosión, uno de los problemas más comunes en estos casos (Torres-Corredor, Ponce-Villarreal y Gómez-Martínez, 2017). (Figura 9)



Figura 9: Daños en infraestructuras. Techos caídos. c) Estructuras de zinc alterados, por la presencia de cenizas volcánicas. <https://cawtvonline.wordpress.com/2016/01/19/cenizas-volcanicas-generan-danos-a-techos-de-zinc-o-metal/>

La caída de ceniza volcánica del Puyehue en 2011 generó un impacto significativo en la infraestructura urbana y rural. Entre los daños más notables se incluyó el colapso de techos debido al sobrepeso causado por la acumulación de ceniza. Esto afectó no solo a viviendas, sino también a infraestructuras críticas como el sistema sanitario y otros recursos.

Una situación de alto riesgo se presenta durante las tareas de limpieza de techos, ya que el peso adicional de una persona sobre un techo ya sobrecargado por la ceniza aumenta la probabilidad de colapso, poniendo en peligro la integridad física de quienes realizan estas labores. Es importante planificar y ejecutar con cuidado las tareas de limpieza para evitar accidentes.

La limpieza y el acopio de cenizas volcánicas. La importancia de su gestión.

Las cenizas volcánicas pueden afectar la salud humana y el medio ambiente si no se recogen y gestionan adecuadamente. En la Figura 10 se pueden ver personas barriendo cenizas sin protección adecuada y acumulando montones de cenizas en los bordes de las calles de la ciudad, en las rutas, etc. Los vientos fuertes del oeste son muy importantes en la zona. La ceniza volcánica se sigue moviendo constantemente

debido a la actividad humana y la falta de gestión adecuada de su manejo como residuo⁴⁶. La falta de embolsado en bolsas plásticas⁴⁷, el tránsito vehicular y el tiempo, junto con la desinformación, exponen a la población a altos niveles de material volcánico respirable y vidrio volcánico en esta zona de estudio.



Figura 10: Barrido y acopio inadecuado de cenizas en las calles de las ciudades aledañas afectadas del Volcán Puyehue. a) fuente: https://www.clarin.com/sociedad/Bariloche-encuentra-cubierta-ceniza-volcanica_0_SJRe_b6vOg.html. B) Fuente: BCC. C) <https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-170525-2011-06-21.html>

Como mencionamos anteriormente, la movilización de las cenizas sometidas a la intemperie comenzarán **su propia ruta de meteorización (de degradación física y química)**, que traerán un impacto en la salud y en el ambiente, produciendo mayores cantidades de iones liberados de aluminio (Al^{+3}), silicio (Si^{+4}) e hierro (Fe^{+3}) al medio (Flórez y Parra, 2010). También hay mayor contaminación de otros iones regionalmente, como el aluminio en agua (Orsini Delgado *et al.*, 2022 citado en a Wilson *et al.*, 2012; Vaamonde *et al.*, 2022). Las cenizas del volcán Puyehue son ricas en Fe y el propio intemperismo hace que se produzcan mayores cantidades de iones de hierro expuestos y libres (provocado por un cambio de estado de oxidación de Fe^{+2} a Fe^{+3}). A su vez, el hierro es una sustancia nutritiva, vital para bacterias del género *pseudomonas*, un regulador global de funciones celulares. Un sustrato específico para el crecimiento, desarrollo del biofilm y su proliferación y por ende, un elemento químico de mayor disponibilidad, para causar patologías⁴⁸ (Vaamonde *et al.*, 2017).

Actualmente, las cenizas volcánicas se desechan en vertederos y no existe una legislación clara con respecto a su *acopio adecuado y a su reciclaje*. Por ejemplo, la Unión Europea las clasifica dentro del grupo genérico de “residuos municipales” y más específicamente como “residuos de limpieza viaria”.

⁴⁶ Para quienes están involucrados en tareas de limpieza o tareas al aire libre, es recomendable que las máscaras deben usarse todo el tiempo. Para protegerse de las cenizas volcánicas son apropiadas las máscaras descartables, de alta eficiencia y livianas, que tienen una tecnología que permite retener las denominadas partículas respirables. Existen dos normas (una americana y la otra europea) que indican con diferentes nombres las mascarillas acorde al factor de seguridad que ofrecen. Las máscaras más adecuadas son las que llevan la marca “CE”, probadas bajo un estándar reconocido. También llevarán la marca con el estándar (por ejemplo, EN 149:2001 en la Unión Europea, o N95 en los Estados Unidos de Norteamérica), y un código adicional tal como FFP1 (eficiencia baja), FFP2 (eficiencia media), o FFP3 (eficiencia alta) (Vaamonde; *et al.*, 2017).

⁴⁷ (Caselli, Vélez y Agosto, 2011).

⁴⁸ Las bacterias cuentan con un sistema de transporte especializado para el hierro, para su incorporación al citoplasma celular, que es mediado por un receptor específico de membrana (Crosa, 1989).

Varios estudios han tratado la reutilización de éstas como aditivo en la elaboración de diversos materiales de construcción, sobre todo morteros y hormigones⁴⁹.

Es indispensable contar con edificaciones con capacidad que puedan resistir los efectos probables de nuevas erupciones, incluyendo la acumulación de ceniza y sumado a la carga de nieve como ocurrió en esta erupción, a fin de reducir la urgencia de una posible evacuación o facilitar la reocupación y la recuperación posterior a la erupción. También de sectores para el acopio gestionado de cenizas.

Comentamos el caso de un niño de 9 años de edad, que murió electrocutado cuando jugaba sobre un acopio de cenizas en 2012⁵⁰. Este material volcánico se encontraba ubicado en las inmediaciones del puente las Piedritas, en Av. Arrayanes y Millaqueo, en Villa La Angostura. Según las primeras informaciones, el menor jugaba con unos amigos, sobre el montículo abandonado, cuando tocó el cable de media tensión y se electrocutó. Por la altura de éste, el cable estaba a pocos centímetros, por lo cual el menor tomó contacto con la línea recibiendo una fatal descarga. (Figuras 11). El *acopio responsable* debe ser valorado. Las cenizas deben ser puestas en bolsas plásticas inmediatamente después de su recolección. Utilizar depósitos techados para el resguardo de estas bolsas y buscar un destino final, como por ejemplo la fabricación de ladrillos de la construcción^{51/52}. Y si esta ceniza no se elimina pueden surgir nuevas complicaciones en salud por la **removilización** de las partículas por parte del viento y la circulación vehicular. También provocar aludes de barro cuando se derrite la nieve y fenómenos de remoción en masa derivados de la removilización de los depósitos de cenizas.



Figura: 11: Inmediaciones del Puente Las Piedritas. Av Arrayanes y Millaqueo. Villa La Angostura, donde se dejó un acopio de cenizas abandonado predisponiendo el fallecimiento de un menor. Fuente: Capturas de Google maps.

49

<https://canal.ugr.es/noticia/un-cientifico-de-la-ugr-demuestra-que-anadir-ceniza-volcanica-a-la-arcilla-al-fabricar-ladrillos-los-hace-mas-resistentes-y-duraderos/>

50

<https://www.diarioandino.com.ar/noticias/2012/02/29/72308-nino-murio-electrocutado-cuando-jugaba-sobre-un-acopio-de-cenizas>

⁵¹ Giuseppe Cultrone, investigador del departamento de Mineralogía y Petrología de la UGR, emplea ceniza volcánica procedente del Etna (Italia) para mejorar las propiedades físicas de los ladrillos, hace que estos sean menos porosos y más resistentes. Se trata de una de las pocas investigaciones realizadas hasta la fecha sobre la eficacia de la ceniza volcánica en la fabricación de productos cerámicos. <https://canal.ugr.es/noticia/un-cientifico-de-la-ugr-demuestra-que-anadir-ceniza-volcanica-a-la-arcilla-al-fabricar-ladrillos-los-hace-mas-resistentes-y-duraderos/>

⁵² https://www.clarin.com/sociedad/invento-argentino-ladrillo-cenizas-puyehue_0_HkCGz3X3Pml.html

La salud de las personas

En junio de 2011, el complejo volcánico Puyehue, comenzó un ciclo eruptivo emitiendo un enorme volumen de cenizas. Los vientos movilizaron este material formando una pluma volcánica que se dispersó en sentido sudeste (SE), afectando a zonas pobladas de la región norte de la Patagonia argentina. En los pueblos más cercanos al centro eruptivo la ceniza se acumuló hasta 40 cm de espesor.

Las cenizas volcánicas⁵³ pueden tener varios efectos negativos en la salud humana, especialmente cuando se inhalan o entran en contacto con la piel y los ojos. El tamaño de las partículas es de capital importancia y se define en forma convencional como el diámetro aerodinámico, de modo que las partículas menores a 10 μ de diámetro (PM10) son capaces de atravesar los mecanismos de defensa del sistema respiratorio e impactar en la vía aérea menor y alvéolos. (Vaamonde *et al.*, 2017)

Las emisiones continuaron hasta principios de enero de 2012. Estas nuevas acumulaciones asociadas a la extensa removilización de las cenizas por la actividad humana y los fuertes vientos del oeste que prevalecen en la región mantuvieron expuesta a la población a altos niveles de material volcánico respirable (Benítez *et al.*, 2014).

Durante las últimas tres décadas se comenzaron a estudiar los efectos respiratorios de la exposición de este material. En mayo de 1980, el Monte St. Helens (EE.UU) entró en erupción y provocó la primera aproximación científica al estudio de los efectos sobre la función respiratoria medida por espirometría, mostrando un patrón obstructivo reversible en adultos gravemente expuestos y la ausencia de deterioro espirométrico en niños. Desde ese momento, un número limitado de estudios han tenido resultados contradictorios respecto de los efectos de esta exposición sobre la función pulmonar (Benítez *et al.*, 2014).

Uno de los factores que más influye en la magnitud del traumatismo producido por un desastre, es la situación de salud existente en la comunidad antes de la ocurrencia del mismo (Wilches Chaux, 1993).

La cobertura de salud en la ciudad de Jacobacci y los parajes circundantes es proporcionada por el Hospital Rogelio Cortizo (nivel 4 de complejidad), seis centros provinciales urbanos y cinco centros rurales, pero no cuentan con plantel médico permanente. Es el Centro de Atención Sanitaria más importante de la región Sur, ubicado en Av. Roca y Pastor Obligado (Prieto *et al.*, 2012).

En la Tabla 2 se presentan las estadísticas recopiladas por un grupo de epidemiólogos regionales (Prieto *et al.*, 2012), quienes reportaron un número controvertido de consultas por patologías respiratorias, oftalmológicas y dermatológicas entre junio y diciembre de 2010, durante los primeros meses de la

⁵³ Es un mito que todas las cenizas volcánicas mejoren la fertilidad del suelo, ya que esto depende de su composición química y su posterior meteorización. Algunas cenizas contienen elementos tóxicos, como flúor, arsénico y metales pesados, que pueden dañar el suelo, afectar la vegetación, contaminar el agua y poner en riesgo la salud humana y animal. Además, la acumulación excesiva de ceniza puede alterar las propiedades del suelo, como su textura y drenaje, afectando los ecosistemas. Un ejemplo es la contaminación por arsénico tras la erupción del volcán chileno Descabezado en la década de 1930, que contaminó pozos de agua debido a la liberación de arsénico de las cenizas.

erupción volcánica. Sin embargo, estas cifras no reflejaron la realidad de manera precisa. Los propios pobladores señalaron la falta de personal médico y administrativo, por lo que **no todas las consultas fueron inventariadas en los “libros de guardia del hospital Rogelio Cortizo”**⁵⁴. Además, parte del personal médico se trasladó a Bariloche u otras ciudades, agravando la situación.

La vulnerabilidad de la población quedó evidenciada no solo en las estadísticas, sino también en los relatos de los habitantes de la ciudad, recogidos en 2017 por estudiantes de la *Tecnicatura Superior en Operaciones Mineras del Instituto Técnico Superior Jacobacci*. Estos testimonios describen el impacto económico, social y educativo de la erupción, destacando cómo, durante el pico de la crisis en 2011, muchos pobladores migraron a ciudades vecinas en un proceso de autoevacuación. Quienes permanecieron, principalmente adultos mayores, se vieron obligados a cuidar de sus hogares y de sí mismos, enfrentando solos las consecuencias de la emergencia.

En este contexto, en 2011, Benítez et al. (2014) realizaron un estudio observacional sobre la exposición a la ceniza volcánica del Puyehue, centrado en la función pulmonar de personas entre 45 y 75 años en Bariloche. Mediante espirometrías, analizaron 767 pruebas realizadas en los tres meses previos (n = 297, grupo pre-erupción) y seis meses posteriores (n = 470, grupo post-erupción) al evento. Aunque los participantes no fueron los mismos antes y después de la exposición, los grupos mostraron características demográficas y antropométricas similares, con excepción de una pequeña diferencia significativa en la edad."

Afecciones	Consultas totales	Consultas por enfermedad	Enfermos (%)	Diferencia 2010-2011 (%)
Respiratorias				
2010	6.025	1.710	28,38	
2011	7.541	1.896	25,14	-3,24
Oftalmológicas				
2010	6.025	142	2,36	
2011	7.541	210	2,78	0,42
Dermatológicas				
2010	6.025	162	2,69	
2011	7.541	215	2,85	0,16
Total de trazadoras				
2010	6.025	2.014	33,43	
2011	7.541	2.321	30,78	-2,65

TABLA 2. Comparación entre consultas acumuladas de grupos de patologías trazadoras. Junio-diciembre de 2010 y todo el 2011. https://rasp.msal.gov.ar/rasp/articulos/volumen11/sala_de_situacion.pdf.

⁵⁴ Muchos trabajos realizados y publicados se basan en estos datos únicos y existentes. A nuestro entender son incompletos, ya que sabemos que hubo poco personal médico y administrativo de guardia. No han reportado a las autoridades de que se perdieron 3 libros de guardia y hubo muchas consultas que no pudieron ser registradas en el Hospital Rogelio Cortizo.

En el año 2011 Benítez *et al.*, 2014⁵⁵ realizaron un estudio referido a la exposición de ceniza volcánica del Puyehue y estudiaron la función pulmonar mediante mediciones espirométricas en personas entre 45 a 75 años de edad pertenecientes a la ciudad de Bariloche. Este estudio fue observacional. Se tomaron para el análisis de 767 pruebas llevadas a cabo dentro de los tres meses previos (n = 297, grupo pre-erupción) y seis meses posteriores (n = 470, grupo post-erupción). Los participantes no eran los mismos antes y después de la exposición. Fuera de una pequeña pero estadísticamente significativa diferencia de edad, no se encontraron diferencias entre los grupos en ninguna de las características demográficas y antropométricas.

Por otra parte, gastroenterólogos del Hospital Udaondo en Buenos Aires, centro de referencia nacional para enfermedades inflamatorias intestinales (EII), realizaron un estudio sobre el uso de Infliximab como terapia de rescate en pacientes con colitis ulcerosa (CU) resistente a corticosteroides. Este análisis se llevó a cabo antes de la erupción del volcán Puyehue, lo que permitió comparar los datos con los obtenidos después de la exposición a la ceniza volcánica. Entre junio de 2011 y enero de 2012, se hospitalizó a 31 pacientes con EII debido a la actividad grave de su enfermedad (Orsini Delgado *et al.*, 2022).

Estos hallazgos, junto con los estudios previos como el de Benítez *et al.*, (2014) sobre la función pulmonar en Bariloche, evidencian cómo la erupción del Puyehue no solo impactó en la salud respiratoria, sino que también pudo influir en el curso de otras condiciones médicas, como las enfermedades inflamatorias intestinales, en poblaciones expuestas directa o indirectamente a la ceniza volcánica.

Conocer el tamaño de las partículas es de crucial importancia. Prieto *et al.*, (2012) señalan que el *tamaño de las cenizas* se define convencionalmente en términos de *diámetro aerodinámico*⁵⁶, de modo que las partículas menores a 10 µ de diámetro (PM10) son capaces de atravesar los mecanismos de defensa del sistema respiratorio e impactar en la vía aérea menor y alvéolos⁵⁷.

El tamaño de las partículas y el volumen del depósito son dos factores claves en la magnitud del evento. Por otra parte, es muy importante conocer la localización del volcán, el tipo de erupción y la predominancia de vientos (Mazzoni, 1985; Caselli; Velez y Agosto, 2011).

En cuanto al impacto que tiene sobre las vías respiratorias, el PM10 representa la masa de las partículas que entran al sistema respiratorio: incluye tanto las partículas gruesas (tamaño comprendido entre 2,5 y

55

https://www.ramr.org/articulos/volumen_14_numero_4/articulos_originales/articulos_originales_efectos_ceniza_volcanica_funcion_pulmonar_personas_mayores_45_bariloche.php

⁵⁶ El diámetro aerodinámico es un concepto teórico que relaciona el tamaño de una partícula real con el diámetro de una esfera de densidad 1 g/cm³ que tendría un comportamiento fluido dinámicamente similar, en aire calmo, a la partícula en cuestión. <https://www.siafa.com.ar/notisiafa/362/mp101.html>

⁵⁷ Material particulado respirable MP10: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrómetros (µm)

10 μ), finas (menores a 2,5 μ). Estas últimas constituyen la fracción de mayor agresividad, debido a que son respirables en un 100%. Se alojan en bronquios, bronquiolos y alvéolos (Vaamonde *et al*; 2017; Echenique *et al*; 2012; Caselli; Vélez y Agosto, 2011; Caselli y Vélez, 2011 y Horwell y Baxter, 2006). En las Figura 12 y 13, se pueden observar fotografías de trizas vítreas bajo lupa bidimensional, microscopía óptica y electrónica del Vn Puyehue presentando un aspecto aerodinámico con canalículos y tabiques de vidrio volcánico y composicional ricas en sílice⁵⁸ (Vaamonde *et al.*, 2022).

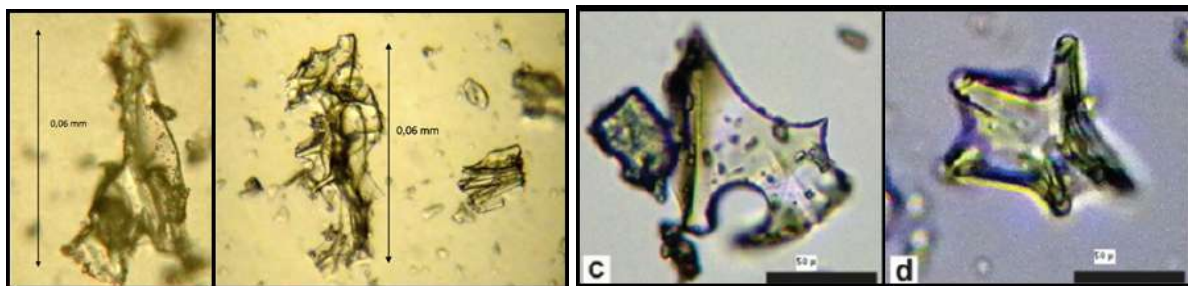


Figura 12 a y b: Microscopio Petrográfico de fragmentos de ceniza volcánica caída en la ciudad de Neuquén. Véase las trizas vítreas con sus bordes angulosos a muy angulosos. Se puede apreciar claramente las típicas formas afiladas y la composición vítrea de las trizas de vidrio. Fuente: Modificado de http://www.culturademontania.org.ar/Noticias/NOT_informe_actividad_volcan_puyehue_impacto_territorio_argentino_072011.htm. **C y D)** Se muestran fotografías de trizas vítreas con métodos de Lupa bidimensional. Vn Puyehue. Fuente: (Vaamonde *et al*; 2022).

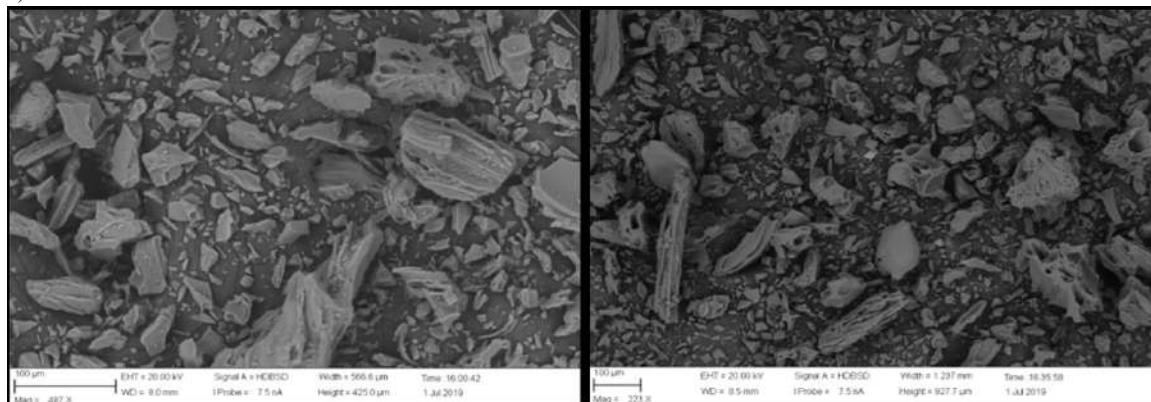


Figura 13: Microscopía electrónica (MEB). Aspecto de la forma de los pómez con sus canalículos y tabiques de vidrio de las cenizas del Vn. Puyehue. Muestras obtenidas el 4 de junio. Véase las trizas vítreas con sus bordes angulosos a muy angulosos. Se puede apreciar claramente las típicas formas afiladas y la composición vítrea de las trizas de vidrio. **A) Ing Jacobacci. B) San Carlos de Bariloche.** Se observan múltiples fragmentos astillosos de granulometría respirable. Fuente: (Vaamonde *et al*, 2022).

Los aerosoles volcánicos son ácidos, y una alta concentración de los mismos puede ser severa para el sistema respiratorio y esa fuerte acidez del aerosol o contenido alto en sulfato, puede contribuir a efectos asociados con partículas < 2.5 μ m (Caselli; Vélez y Agosto, 2011).

El sistema respiratorio humano está formado por 23 generaciones de bronquios (denominada *segmentación broncopulmonar*) que se divide en dos zonas: una de mayor diámetro para la conducción

⁵⁸ Ver Anexo 1 /Figura An14, P. 71: Composición de las cenizas volcánicas, bajo Microscopía electrónica MEB (Erupción del 4 de junio 2011). Muestras con vidrio volcánico muy abundante. y Espectro EDS con tabla de análisis con concentraciones de óxidos mayoritarios correspondientes. Características composicionales con predominio de sílice.

del aire y otra más estrecha para el intercambio de gases en los pulmones. Las partículas finas pueden llegar a los pulmones debido a su tamaño pequeño.(Vaamonde *et al.*, 2022; Vaamonde; *et al.*, 2023)⁵⁹.

Comúnmente, una de las medidas de seguridad que debe adoptar la población es el uso del barbijo. Sin embargo, el barbijo es una mera barrera, de muy baja performance. Para estos casos es mejor el uso de máscaras o mascarillas para polvo, descartables o con filtros intercambiables. Para quienes están involucrados en tareas de limpieza o tareas al aire libre, es recomendable que las máscaras deben usarse todo el tiempo. Para protegerse de las cenizas volcánicas son apropiadas las máscaras descartables, de alta eficiencia y livianas, que tienen una tecnología que permite retener las denominadas partículas respirables.

Existen dos normas (una americana y la otra europea) que indican con diferentes nombres las mascarillas acorde al factor de seguridad que ofrecen. Las máscaras más adecuadas son las que llevan la marca “CE”, lo cual muestra que han sido probadas bajo un estándar reconocido. También llevarán la marca con el estándar (por ejemplo, EN 149:2001 en la Unión Europea, o N95 en los Estados Unidos de Norteamérica), y un código adicional tal como FFP1 (eficiencia baja), FFP2 (eficiencia media), o FFP3 (eficiencia alta). En las máscaras hechas en la Unión Europea se marca FFP = Pieza de Fase de Filtrado. El estándar N95 en USA alcanza el equivalente al FFP2 o FFP3. Cuanto más alto es el número de FFP, mayor protección provee el respirador, si se usa adecuadamente.

Para la población en general expuesta a partículas suspendidas de polvo volcánico, la máscara FFP1 puede ser apropiada si los niveles de polvo no son elevados. Para trabajadores involucrados en tareas de limpieza y otras de alta exposición, las FFP2 y FFP3 son las que se recomiendan. Pero, para quienes trabajan continuamente en ambientes con polvo, las máscaras con filtros intercambiables serán más apropiadas y también resultan más cómodos.

Una máscara debe (i) proveer adecuada protección; (ii) ajustarse adecuadamente y ser compatible con otro equipo personal de protección que deba ser usado al mismo tiempo; (iii) debe ser siempre usado correctamente para ser totalmente efectivo (Caselli; Vélez y Agosto, 2011).

Las vías aéreas del tracto respiratorio humano, tienen un tamaño similar al de las partículas de ceniza (comprendido entre 2.5 y 10 micras, tamaños “respirables”) por lo que estas son en consecuencia aspirables y altamente nocivas para la salud. La profundidad a la que puede penetrar un material particulado en el sistema respiratorio depende de su tamaño. Las partículas finas tienen una alta probabilidad de depositarse en el alveolo de los pulmones y se asocian con un mayor riesgo para la salud

⁵⁹ Ver Anexo 1 /Figura An15, P. 72: Segmentación broncopulmonar y Patrones de Flujo pulmonares.

que el de las partículas grandes⁶⁰ (Vaamonde *et al*; 2022; Vaamonde *et al*; 2023; Reckziegel, Arango Palacios y Viramonte, 2019).

Como se puede apreciar, las trizas vítreas tienen un aspecto astilloso, como un espejo cuando se rompe. La angularidad de cada partícula y bordes en punta provocan *abrasividad y reacciones inflamatorias*, que pueden reagudizar y/o provocar patologías respiratorias como neumonías (Vaamonde *et al*; 2022; Vaamonde *et al*, 2023). Además dentro del mismo sistema respiratorio-segmentación pulmonar el aire se puede movilizar con *flujo laminar* y con *flujo turbulento*, de allí *la peligrosidad del impacto de las astillas de vidrio de las cenizas volcánicas en mucosas respiratorias*. También provoca patologías oculares y otras patologías que no se mencionan en este trabajo.

En un Proyecto de Investigación de un Instituto Universitario de la ciudad autónoma de Buenos Aires, uno de los objetivos específicos fue la recolección de cenizas volcánicas durante el primer día, el 4 de junio del 2011, en plena erupción del Volcán Puyehue, en tres ciudades afectadas de **San Carlos de Bariloche, San Martín de los Andes e Ing. Jacobacci**, de manera casi simultánea, por tres grupos de personas, distribuidos en estas tres ciudades. Se utilizaron sábanas de polietileno estériles durante 10 horas⁶¹. Cada una de las muestras se reservó en frascos plásticos estériles rotulados, herméticamente cerrados para la realización de cultivos microbianos en laboratorio de análisis clínicos, manteniendo sus condiciones originales.

Se aisló un microorganismo *inédito* llamado *Pseudomonas stutzeri*, en las tres ciudades estudiadas, San Martín de los Andes, Ing. Jacobacci y Bariloche. Es un bacilo Gram negativo, aerobio, móvil, con flagelo monótrico, ampliamente distribuido en el medio ambiente, con versatilidad metabólica, estable a temperaturas desde los 2° a 42°C y que ocupa diversos nichos ecológicos (Lalucat *et al.*, 2006; Jameson *et al.*, 2018; Molgatini *et al.*, 2017). Lo inédito del trabajo es que por primera vez se ha recuperado, aislado un agente microbiano arrastrados por las cenizas volcánicas⁶² (Vaamonde *et al.*, 2022).

Sobre el bacilo encontrado por nuestro equipo, la bibliografía consultada reporta que habita en los primeros 10 cm del suelo, y se trata de un patógeno no común, siendo el responsable de diversas patologías incluyendo Neumonías Adquirida en la Comunidad (NAC) según diversos autores como (Noble, Overman, 1994; Köse *et al*; 2004; Loyse *et al.*, 2006; Nicolau *et al.*,; 2010; Jameson *et al.*, 2018). De forma inicial y dada su ubicuidad, este microorganismo se adquiere del ambiente y el simple contacto no es suficiente para la colonización o la infección. Malhotra y Singh (2008) señalan que, como patógeno oportunista, debe existir uno a varios factores responsables, como por ejemplo un *traumatismo*

⁶⁰Las cenizas continúan circulando, por meses, y años, sobrevolando la región; removilizadas por el viento, la sequía, el paso de automóviles y su exposición a la intemperie, continuando así su propia ruta de meteorización, de degradación física y química.

⁶¹ Ver Anexo 1 /Figuras An15 y An16, páginas 72 a 75, con explicación correspondiente.

⁶² Cultivos con tipificación bacteriana se realizaron en el Complejo médico Churruca Visca.

de las mucosas, (ejemplo por la abrasión de las mucosas del sistema respiratorio), la disminución de las defensas del hospedador, alteraciones fisiológicas, entre otros, para que acompañen su patogenicidad y pueda provocar diferentes afecciones inflamatorias e infecciosas.

Coincidentemente, en el año 2013, finalizó un **estudio de vigilancia activa epidemiológica** prospectiva de Lopardo *et al.*, (2017) sobre la incidencia de Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC)⁶³ en la localidad de General Roca (Río Negro), registró mediante radiografías de tórax, y clínica o sintomatología de los pacientes, una incidencia global de 8,4 (IC 95% 2,4-14,4) casos por 1.000 habitantes y de 34 (IC 95% 15,5-52,5) casos por 1000 habitantes mayores de 65 años de edad, con una alta mortalidad del 17,31%. Esta incidencia corresponde al período de enero de 2012-agosto de 2013, posterior a la primera erupción. Pero en este trabajo epidemiológico no tenían como objetivo realizar y/o aislar microorganismo responsable alguno de la Neumonía adquirida en la comunidad por algún método de laboratorio clínico microbiológico. Se abocaron en el diagnóstico sólo por la clínica de los pacientes y por la presencia de infiltrados radiológicos de patrón neumónico. Debemos aclarar que esta mortalidad es coincidentemente posterior a la erupción del volcán Puyehue 2011-2012, con gran posibilidad de causalidad con el bacilo hallado.

Si bien, el hallazgo de este bacilo en la primera erupción del Volcán Puyehue (2011), es un caso excepcional e inédito desde un carácter médico, éste puede causar problemas epidemiológicos, y por lo tanto su análisis en las futuras erupciones volcánicas es importante y debe contemplarse.

La *Pseudomonas stutzeri* es un microorganismo patógeno, cosmopolita. No se conoce un caso similar, aislado en cenizas. Existen reportes de mortalidad por neumonías (Loyse, Storrington y Melzer, 2006) y otras patologías a causa de este grupo, por lo cual su incidencia debe ser también considerada en el análisis microbiológico tras una erupción (si mencionas que existen reportes agregar las citas correspondientes). Es oportuno aclarar que no son microorganismos propios de la tefra. Las cenizas volcánicas y el viento predominante del Oeste, han favorecido la asimilación y el arrastre de estas pseudomonas ubicuarias. Por lo tanto, se trata de un hallazgo contaminante. (Vaamonde *et al.*, 2022).

Dadas las áreas secas impactadas en las estepas patagónicas argentinas, los depósitos de ceniza fueron persistentes, causando una exposición muy alta a PM fino para toda la población (Wilson *et al.*, 2014).

⁶³ La neumonía adquirida en la comunidad (NAC) es una causa frecuente de morbilidad y mortalidad en adultos, especialmente en personas mayores y en aquellos con comorbilidades previas. Se define como una infección pulmonar que presenta síntomas clínicos acompañados de un infiltrado radiográfico de aparición reciente, y afecta a adultos inmunocompetentes que viven de manera independiente en la comunidad. Esta infección respiratoria aguda compromete el parénquima pulmonar y es causada por microorganismos adquiridos fuera del ámbito hospitalario, lo que indica que el proceso de incubación ocurre en el ambiente comunitario. Entre los patógenos más frecuentemente aislados se encuentran el *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Legionella* sp. La vigilancia epidemiológica es fundamental para identificar los microorganismos responsables y evaluar su sensibilidad a los antimicrobianos.

Junto con el impacto en la salud ocular y respiratoria, se recibieron muchos informes sobre una alta incidencia de enfermedades gastrointestinales en varias ciudades ubicadas al pie de los Andes.

Orsini Delgado *et al*, (2022), grupo de profesionales del Hospital Udaondo de Buenos Aires (centro de referencia para Enfermedades inflamatorias intestinales (EII) en Argentina)⁶⁴, reportaron que de junio de 2011 a enero de 2012, tuvieron 31 pacientes con EII que debieron ser hospitalizados debido a la mayor gravedad de la enfermedad. A su vez, estos investigadores trataron de reproducir patologías intestinales anteriormente referidas, con la instilación rectal de agua mezclada con cenizas del Puyehue de la Ciudad de Bariloche en ratones de laboratorio. Luego de varios días fueron sacrificados, con resultados negativos. Sin embargo, es oportuno adelantar el comentario que este resultado es dudoso y controversial ya que las cenizas utilizadas refieren ser previamente calcinadas (100°C) para su secado.

Una erupción volcánica representa un *fenómeno natural*, definido como toda manifestación de la naturaleza, se da como resultado de su funcionamiento interno, de extraordinaria ocurrencia. La Tierra está en actividad. La ocurrencia de éste no necesariamente provoca un *desastre natural*, *lo será cuando existan determinadas condiciones socioeconómicas, físicas vulnerables* (Romero y Maskrey, 1993).

Rivera Tapia, Yañez-Santos y Cedillo-Ramírez (2005) señalan que los efectos causados por la contaminación en el ecosistema y han permitido detectar manifestaciones y alteraciones, tanto en el **hombre como en animales y sistemas acuáticos**. Las cenizas en suspensión bloquean la luz solar, reduciendo la visibilidad, al punto de producir oscuridad completa durante el día en algunos casos. La reducción de visibilidad debido a partículas en suspensión puede causar accidentes, y este peligro se combina con la cobertura de los pavimentos con ceniza. No sólo se ocultan las señales del camino, sino que las capas finas de cenizas secas o húmedas son resbaladizas, reduciendo la tracción de los vehículos. Los depósitos espesos de cenizas pueden hacer las carreteras infranqueables, aislando comunidades para el suministro de recursos básicos.

También, los mismos autores comentan que la exposición a las cenizas volcánicas, trae aparejado algunas patologías como *hiperreactividad bronquial, asma o enfermedades pulmonares obstructivas crónicas* puede complicar la enfermedad de base. A nivel de la conjuntiva, la ceniza actúa como un cuerpo extraño, siendo los cristales de dióxido de azufre los que afectan directamente a la conjuntiva y a la córnea, produciendo abrasiones, además del efecto irritante. Lo es en la piel, especialmente si la ceniza es ácida, como en esta erupción volcánica. Los usuarios de lentes de contacto deben estar especialmente advertidos de este problema y retirarlos para prevenir una abrasión en la córnea. Por su parte, los microelementos

⁶⁴ EII: Se trata de una afección crónica, lo que significa que dura mucho tiempo o que va y viene constantemente. Hay dos tipos de enfermedad inflamatoria intestinal: la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa.

como el bromo volcánico pueden formar parte del agua de vertientes y durante la potabilización generar trihalometanos, que son compuestos cancerígenos.

En varios trabajos se reportan la *ausencia de azufre*, pero los estudios que realizamos si encontramos **escamas de azufre y niveles de arsénico** , relevantes para la salud y el ambiente (Vaamonde *et al.*, 2022).

7. Identificación y análisis de los actores sociales involucrados

Los actores sociales son aquellos que desempeñan un papel clave y tienen responsabilidades principales en el manejo de temas ambientales.

Tomando las palabras del sociólogo argentino Pedro Pírez (1995), se refiere a los actores sociales como:

...“unidades reales de acción en la sociedad: tomadores y ejecutores de decisiones que inciden en la realidad local. Son parte de la base social, son definidos por ella, pero actúan como individuos o colectivos que, además, están sometidos a otras condiciones (culturales, étnico-culturales, políticas y territoriales)”. (p.3)

Según Gudynas (2001), distintos actores como el Estado, científicos, partidos políticos, empresarios, sindicatos, ONGs y voluntarios pueden tomar decisiones y actuar juntos para proteger el ambiente. Son personas importantes que deben liderar y guiar al resto de la sociedad en cada circunstancia. Según el autor, la noción de un "actor clave" varía según la circunstancia en particular.

Según Pírez (1995), en un entorno local existen actores económicos que hacen crecer su capital gracias a relaciones dentro de la comunidad (como comerciantes o productores que venden principalmente a la población local) y actores políticos que aumentan su influencia en relación a otros actores locales y al gobierno local. Además, también participan otros actores locales en la región.

La Línea Sur de la provincia de Río Negro se caracteriza por su clima duro, vegetación esteparia, escasez de agua y los efectos de la actividad volcánica.

Como señalan Murgida y Gentile, (2015), en la Línea Sur, la población enfrenta una situación de vulnerabilidad social evidenciada en indicadores censales como las altas necesidades básicas insatisfechas, la falta de propiedad de la tierra, el analfabetismo, la baja densidad poblacional y la carencia de caminos adecuados. En la región, las familias mapuches y criollas se dedican a la producción agropecuaria, produciendo sus propios alimentos y vendiendo parte de ellos en el mercado. La inseguridad en la tenencia de la tierra es un factor importante que aumenta su fragilidad, ya que provoca incertidumbre legal y política.

Los productores tuvieron que ajustarse a terrenos poco fértiles y un clima seco con periodos de sequía, donde la escasez de agua era un desafío tanto para las necesidades humanas como para las actividades agrícolas. La fragilidad de los ecosistemas y la sobreexplotación animal causaron su degradación y

desertificación, lo que llevó a una disminución en la oferta de recursos naturales y a la mayor vulnerabilidad de los agricultores, sobre todo los que dependen de esa economía de subsistencia (Murgida y Gentile, 2015; Lada, 2011; UNCCD, 1994).

Murgida y Gentile (2015) destacan que los participantes juegan un papel clave en las decisiones de gestión. Destacan que el Ministerio de Producción Provincial, la Dirección Nacional de Desastre Agropecuario, representantes de comunidades y organismos científico-técnicos trabajaron juntos para apoyar a los productores locales a recuperarse de las pérdidas causadas por emergencias.

Se destaca el traslado de familias a los centros urbanos para recibir asistencia. En la respuesta a la emergencia, se coordinaron Protección Civil de la Nación, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Desarrollo Social. Se enfocaron en ayudar a las comunidades vulnerables mediante la mejora de la comunicación a través de la radio, la instalación de paneles solares para bombas de agua y la renovación de techos y ventanas en las casas rurales. También se tomaron medidas para proteger la producción, como trasladar animales sobrevivientes y distribuir forraje a los que aún estaban en las zonas afectadas (Murgida y Gentile, 2015).

Othón Zevallos, por su parte, en un informe técnico del año 2004 afirma, según lo expresado por Hewitt (1996), que en un escenario de riesgo, debido a que frente a una amenaza, existe un círculo vicioso, donde los actores sociales con menos recursos económicos no tienen capacidad para enfrentar las pérdidas. Sus condiciones de vida empeoran generando mayores factores de vulnerabilidad ante la siguiente amenaza, produciendo una amplificación de los efectos. En este mismo informe señala, según una publicación de Daqui del año 2004, existen relaciones complejas entre los procesos sociales-económicos, que inciden sobre las condiciones de vulnerabilidad, las amenazas y el riesgo.

Con respecto a ello, Velasco; Gaetano y Fornasa (2018), comentan que en la región sur de Río Negro en el año 2011, se conformó el *COEM (Centro de Operaciones de Emergencia Municipal)* en la localidad de Ing. Jacobacci, para llevar adelante medidas de acción que paliaran los efectos de las cenizas sobre la población urbana y rural, y para contener y/o disminuir los efectos de mortandad animal. Con respecto a los actores sociales, incorporar innovaciones a los modelos de gestión y promover la participación ciudadana. Incluir nuevas ideas en la forma en que se gestionan las organizaciones y fomentar la participación de la sociedad en general.

En este espacio fueron convergiendo instituciones públicas con implicancia en la actividad rural (INTA, Ente Región Sur, SENASA, SAF.) y organizaciones de productores, tanto formales como informales. (Velasco; Gaetano y Fornasa, 2018).

Se realizaron charlas, talleres y diversas capacitaciones sobre la peligrosidad volcánica en la región, con el fin de mejorar la comprensión de los fenómenos volcánicos y contribuir a mejorar la preparación frente

a estos eventos. Trabajar en prevención, en la respuesta reactiva y en un cambio de paradigma que mejore las capacidades de la Protección Civil frente a emergencias. Algunas charlas fueron destinadas a público en general y otras, más específicas, dirigidas a personal de aeropuertos, Gendarmería Nacional, Bomberos y personal de Protección Civil. Un trabajo conjunto que se dió por ejemplo en Villa La Angostura entre científicos, autoridades del municipio y representantes de la comunidad.

Meses previos a la erupción de 2011, el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur, (OVDAS), dependiente del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN) que brinda el seguimiento de la actividad de sus volcanes activos. Informaba los crecientes niveles de alerta volcánica emitidos para el Cordón Caulle. Condujeron a alertar reiteradamente a las autoridades de varios municipios e instituciones de la región para la necesidad de reforzar el plan de preparación y respuesta. Pero resulta con una respuesta tardía y minimizada (Viand y Briones, 2015).

En octubre del 2019, se llevó a cabo un workshop en la Ciudad de Bariloche (Bonadonna; Bran y Dominguez; 2020), entre diferentes universidades y agrupaciones técnicas y civiles, de varios países. También se realizaron talleres, con habitantes de asentamientos rurales (Vergara Pinto y Romero 2023)⁶⁵. Se comenta la importancia de celebrar reuniones, con un enfoque multidisciplinario, con presentaciones y discusiones abiertas. Así, una de las lecciones más importantes aprendidas con la erupción del Puyehue 2011 es la necesidad del trabajo conjunto y coordinado entre los distintos organismos: Protección Civil, Universidades, Infraestructuras críticas. Han destacado y analizado el impacto de tres localidades, entre ellas Jacobacci. Han señalado la necesidad de desarrollar métodos conjuntos más eficientes para la recopilación de datos. Identificar las zonas importantes en cada sistema (infraestructuras) que podrían ser afectadas por la ceniza volcánica y tomar medidas de precaución para mitigar los daños. Para llevar a cabo rápidamente estrategias, es necesario distribuir agua, equipo de protección personal como mascarillas, protectores oculares y también comida para los animales. Dentro de las estrategias a largo plazo se encuentran optimizar y gestionar la información, repoblar el ganado y fortalecer las relaciones interinstitucionales, así como cuantificar la vulnerabilidad socioambiental. También indican la necesidad de diseñar planes de emergencia y contingencia, los cuales han sido elaborados gradualmente.

Para esto es necesario la sinergia entre los diferentes actores implicados a través de una definición específica de las funciones y responsabilidades de cada componente, así como el diseño de planes conjuntos de contingencia. Identificar la vulnerabilidad sistémica de las infraestructuras críticas, en particular la dependencia del sistema eléctrico, la coordinación de los servicios de saneamiento.

⁶⁵ Ver Anexo 1 /Figura An17, página 76. Se destaca la actuación de los actores sociales locales.

En el Anexo 1 se muestra la organización aproximada de los diferentes actores sociales intervinientes y mapa de Actores involucrados⁶⁶. Se destaca la actuación de los actores sociales locales.

Consultando Fundación Cambio Democrático, (2016), destacando el problema generado entre organismos de Turismo, que pese a la presencia de cenizas volcánicas, fomentaban la inocuidad de ellas. La pobre percepción del problema desde la mayoría de los actores del sector empresario turístico quienes, a pesar del trabajo realizado para demostrar lo contrario, suponían que la visibilización de la peligrosidad volcánica sería negativa para el sector.

Destacamos la organización de jóvenes estudiantes, del municipio y de Vialidad Nacional que comenzaron a retirar la abundante ceniza de las calles. Entrega de la leña del Plan Calor. Agua, barbijos y otros insumos para la emergencia. El municipio de Jacobacci junto con Nación, gestionaron la entrega de colchones para distribuir en la localidad y la zona rural. En la Figura 18 se realiza un mapa de actores involucrados y se destaca su actuación..

La nevada de 1984 provocó una crisis que llevó a fortalecer las organizaciones y aumentar la participación de las familias rurales. En los años 90 se creó la Federación de Cooperativas de la Región Sur (FECORSUR). La Cooperativa Ganadera Indígena tenía muchos años de existencia. Después de la nevada de 1984, se organizó la campaña "Una oveja para mi hermano" como parte de un proyecto pastoral dirigido por el obispo Hesayne de la Diócesis de Viedma. Esta iniciativa se unió a otros proyectos a nivel nacional y provincial para aumentar la cantidad de ganado en la región. Las acciones tomadas por las instituciones en respuesta a la emergencia de 2011 fueron diversas. Se comenzó brindando ayuda básica como alimentos, agua potable y forraje. Debido a la sequía, se pusieron en marcha proyectos para garantizar el suministro de agua en áreas afectadas, iniciados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, los cuales siguieron con el apoyo de programas como la Ley Ovina y el PRODERPA en la Patagonia. Desde 2014, se comenzaron a dar mayor importancia a los proyectos de repoblación ganadera, como el de cabras Criollas y otros apoyados por la provincia y el gobierno nacional. Hubo muchos más proyectos después de la nevada de 1984 en comparación con los anteriores. El número de proyectos se incrementó significativamente respecto de aquellos posteriores a la nevada de 1984. Además, se amplió el horizonte de problemáticas abordadas, asignando recursos, no sólo a la recuperación de majadas, sino también a la provisión de agua, la comercialización y la infraestructura (Fantozzi, 2022).

8. Conclusiones y consideraciones finales

⁶⁶ Ver Anexo 1 /Figura An18, P. 76: Mapa de Actores involucrados. Se destaca la actuación de los actores sociales locales.

En junio de 2011, el Volcán Puyehue, ubicado en Chile, inició una erupción que liberó 100 millones de toneladas de cenizas, alcanzando entre 7 y 10 km de altura. Esta nube de cenizas atravesó Argentina, afectando las ciudades de la Línea Sur de la Patagonia, especialmente la localidad de Ing. Jacobacci, nuestro principal punto de interés. La erupción del Volcán Puyehue alteró el equilibrio ambiental al liberar grandes cantidades de ceniza, lo que afectó tanto el entorno natural como la vida de las personas. Este evento resalta cómo los cambios en el medio ambiente pueden impactar negativamente la calidad de vida de las comunidades, como ocurrió en Ing. Jacobacci.

Los problemas ambientales surgen cuando hay un desequilibrio entre los componentes del sistema ambiental, lo que afecta negativamente la calidad de vida de las poblaciones presentes y futuras. Este desequilibrio refleja la compleja interacción entre la naturaleza y la cultura, donde el ambiente se entiende como la relación entre los seres humanos y el espacio físico que habitan, uniendo el entorno biofísico con el simbólico. Así, la manera en que los seres humanos interactúan con su entorno influye directamente en el bienestar del planeta y de las generaciones futuras.

La ceniza volcánica es un contaminante compuesto por roca volcánica, cristales minerales y vidrio volcánico, de tamaño de grano ≤ 2 mm, siendo el vidrio volcánico el componente más abundante en esta erupción. La lava, enfriada casi instantáneamente, se fragmenta, se "astilla" y se rompe como vidrio de ventana rota. Justamente es esta morfología puntiaguda, la que provoca la abrasividad al entrar en contacto con cualquier superficie del cuerpo y mucosas, piel, córnea de los ojos, boca, nariz, vías aéreas superiores e inferiores y provocar patologías consecuentes. Las erupciones explosivas con alto contenido de sílice son uno de los fenómenos naturales más peligrosos y poco frecuentes, para los seres humanos, animales, sistema ictícola, entre otros. Por eventos históricos anteriores, se reporta que la composición de las cenizas es cada vez más silíceas y con mayor explosividad y de ahí el monitoreo minucioso que requiere este volcán. El vidrio volcánico, es lo que caracteriza a las cenizas de esta erupción, siendo el componente más abundante.

Respecto a los efectos que pueden generar las cenizas volcánicas, se suele mencionar de manera general que provocan "irritación", pero pocas veces se detallan las patologías específicas que realmente causan. Además, los estudios no siempre se replican para corroborar o descubrir nuevas variaciones, como las diferencias en la granulometría y concentraciones químicas entre distintas ciudades afectadas por la erupción.

En cuanto a los estudios sobre salud humana, es importante mencionar que se encontró la presencia de un bacilo del género *Pseudomonas* en cultivos bacterianos que fueron realizados en varias ciudades afectadas por las cenizas. Este microorganismo, que es capaz de sobrevivir a temperaturas de hasta 42°C, (con su propio ciclo de vida), podría estar relacionado con las neumonías reportadas, aunque los estudios

existentes se basaron únicamente en diagnósticos radiológicos. Contrariamente a esta observación, el grupo de Benítez *et al.* (2014), no encontró diferencias significativas en la función respiratoria antes y después de la erupción.

Tal cual fue mencionado previamente, el grupo de Orsini Delgado *et al.*, 2022, recrearon enfermedades de reactivación inflamatoria intestinal de los pobladores, que viven cerca al foco eruptivo empleando un modelo de ratones experimentales instilando por vía rectal cenizas de la erupción del Puyehue. Debemos aclarar, que en estos ensayos las cenizas fueron **calcinadas (100°C)**. A su vez, no se tomaron las muestras bajo protocolos estériles por lo cual sus resultados pueden ser confusos. Si hubiera alguna bacteria no se encontraría ya que el género *Pseudomonas* sobrevive hasta los 42°C y no tomaron las muestras de cenizas bajo protocolos estériles y a temperatura ambiental (Vaamonde *et al.*, 2022).

En el ámbito ganadero, la caída de cenizas volcánicas empeoró una situación ya crítica provocada por la sequía sostenida por varios años. Se reportaron pérdidas de más del 70% del ganado, agravadas por la falta de agua y pasturas. Las patologías más comunes incluyeron queratoconjuntivitis, ceguera, inanición, deshidratación y fluorosis crónica en animales salvajes. Además, los ecosistemas acuáticos también sufrieron alteraciones debido a la falta de luz solar y el aumento de la acidez del agua.

Con respecto a los aspectos relacionados a la infraestructura, es indispensable contar con edificaciones con capacidad que puedan resistir los efectos probables de nuevas erupciones, incluyendo la acumulación de ceniza y sumado a la carga de nieve en techo y voladizos, entre otros, a fin de reducir la urgencia de una posible evacuación o facilitar la reocupación y la recuperación posterior a la erupción.

En Ing. Jacobacci, se generó controversia sobre el número de habitantes registrado en el censo de 2010, si oscilaba en 6.000 o eran más de 10.000 personas. Las diferencias se explican por factores como doble residencia, migraciones, trabajo y acceso a internet⁶⁷. La inadecuada gestión de la limpieza de calles, sin el equipo requerido, la falta de un acopio responsable en bolsas plásticas y en galpones de resguardo, permitió que las cenizas se redistribuyeran por el viento y el paso de vehículos. Esto no solo provoca la meteorización y su mayor concentración de Fe⁺³ (componente ideal para desarrollo bacteriano causante de más patologías), sino también el fallecimiento de un niño por electrocución, debido a la acumulación de cenizas en las líneas eléctricas. Esto trae aparejado la creación, por el hombre de impacto ambiental negativo

El abordaje a las emergencias y desastres es una actividad inter-trans-multi-disciplinaria, en la cual en el desarrollo de las distintas instancias del proceso de gestión (análisis y reducción de riesgos, manejo del

⁶⁷ Recién en el 2017, el INDEC define el significado del término "Localidad", y establece el perímetro del área censada, refiriéndose exclusivamente a la "Localidad de Ing. Jacobacci". Concepto clave para mejorar la precisión en futuros censos, registros demográficos y análisis de vulnerabilidades.

evento adverso y recuperación) intervienen diversos organismos, agencias, ONGs, etc, por lo cual se necesita, identificar a cada uno de estos actores, conocer sus capacidades, ante la autoridad que gestiona el riesgo de desastres, a los fines de optimizar las articulaciones necesarias para actuar en forma coordinada y estandarizada y transformarse en una estructura organizacional común para realizar una verdadera gestión integral del riesgo de desastres.

Pese al antecedente de erupciones previas, los pobladores y gestores en siniestros no estaban preparados para un nuevo episodio. Estamos en presencia de un problema de alta complejidad que involucra varias situaciones y las vulnerabilidades quedaron al desnudo, en evidencia.

Finalmente, en este entramado las decisiones y la intencionalidad de los actores sociales presentan repercusiones que van más allá de las escalas temporales y espaciales, representan un constructo social, donde se destaca la participación constructiva de los participantes.

La vulnerabilidad, en el contexto de los desastres y la gestión de riesgos, no significa literalmente un "retroceso en el tiempo", pero puede tener efectos que llevan a una comunidad o sociedad a condiciones de desarrollo similares a las de un pasado más precario o menos avanzado.

La erupción del Volcán Puyehue en 2011 nos debe dejar una enseñanza, produjo consecuencias significativas muy complejas en diversas áreas: la salud humana, el ambiente, la ganadería y la infraestructura urbana. La interacción entre factores naturales y sociales puso de manifiesto las vulnerabilidades preexistentes en las comunidades afectadas. Las respuestas científicas hasta ahora han sido parciales y, en muchos casos, no han abordado adecuadamente las especificidades del problema, como la variabilidad en las características de las cenizas y sus impactos a largo plazo.

Es fundamental realizar estudios detallados y repetibles en diferentes áreas afectadas. Es importante no solo analizar los efectos que se producen de manera inmediata, sino también comprender que hay patologías que requieren su tiempo para manifestarse, situación que la mayoría de los autores desconocen. A su vez es de suma utilidad analizar los cambios químicos de elementos a través de los meses y la ubicación, esto permite evaluar su impacto en la salud humana, la biodiversidad, la economía, el medio ambiente y las posibilidades de remediación. Se requiere también la búsqueda de un manejo adecuado de las pasturas para poder mejorar la calidad del suelo, aumentar la biodiversidad y garantizar una alimentación sostenible para los animales, que promueva el bienestar a largo plazo y la sostenibilidad ambiental.

9. Bibliografía Consultada

- Basualto, D., Tassara, A., Lazo-Gil, J., Franco-Marin, L., Cardona, C., San Martín, J., Gil-Cruz, F., Calabi-Floddy, M., and Farias, C.: Anatomy of a high-silica eruption as observed by a local seismic network: the June 2011 Puyehue–Cordón Caulle event (southern Andes, Chile), *Solid Earth*, 14, 69–87.
- Beck, U. (2008). La Sociedad del Riesgo Mundial. En busca de la seguridad perdida. Editorial Paidós, Barcelona.
- Bengoa, G. (2007). Ambiente y gestión local. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Mar del Plata. Centro de Investigaciones Ambientales. Mar del Plata. *Cap. 1, pp: 10-28*.
- Benítez, S.; Sobrino, E.; Calandrelli, M.; Gutiérrez, L.; Irazola, V. y Rubinstein, A. (2014). Efectos de la ceniza volcánica sobre la función pulmonar en una cohorte de personas mayores de 45 años en Bariloche (Argentina). *Revista Americana de Medicina Respiratoria - 14(4)*
https://www.ramr.org/articulos/volumen_14_numero_4/articulos_originales/articulos_originales_efectos_ceniza_volcanica_funcion_pulmonar_personas_mayores_45_bariloche.php
- Bonadonna, C.; Bran, D. y Dominguez, L.; (2020). Impactos de la caída primaria de cenizas volcánicas y de su posterior removilización eólica.
https://www.researchgate.net/publication/344178960_Impactos_de_la_caida_primaria_de_cenizas_volcanicas_y_de_su_posterior_removilizacion_eolica/link/5f59536b92851c07895855c6/download
- Botto, L.; Barone, V.; Canafoglia, M.E.; Rovere, E.; Violante, R.; González, M.J.; Gazzoli, D. y Schalamuk, I. (2015). Pyroclasts of the First Phases of the Explosive-Effusive PCCVC Volcanic Eruption: Physicochemical Analysis. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 5, 302-315.
- Blaikie, P., et al. (1996). Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres. La Red. Tercer Mundo Ed. Capítulo 1. <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/>
- Bran, D.; Velasco, V.; Gaitán, J.; Fantozzi, A.; Aramayo, V.; Umaña, F. y Raffo, F. (2018). Desarrollo de un Observatorio de Sustentabilidad Rural en Jacobacci, Provincia de Río Negro. I Jornada Nacional de la Evaluación Integrada de la Desertificación: Enfoques y Metodologías Socioambientales 25 y 26 de septiembre, Mendoza.
- Bran, D., Domínguez, L., Forte, P., Velasco, V., Fantozzi, A., y Gaitán, J. (2023). Ceniza volcánica en la región sur de Río Negro: estudios, resultados y lecciones aprendidas de la erupción 2011-2012 del volcán Cordón Caulle. Capítulo 5. En A diez años de la erupción del Puyehue-Cordón Caulle. Murriello, S. y Barrios García, G. (editores), Editorial UNRN. <https://doi.org/10.4000/books.eunrn.20113>
- Calvo, A y Pereira, S. (2015). Patagonia andina y costera. Aceptabilidad y amplicación del riesgo en la estepa norpatagónica. Cap. 10. en: Riesgos al Sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina. 1a ed. Buenos Aires. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Ediciones Imago Mundi.
- Carballo, C; Pereyra, A. y Ventura, P. (2014). Estrategias de gestión o resiliencia social: respuestas sociales y comunitarias frente al riesgo ambiental urbano.
<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Teoriaymetodo/Investigacion/12.pdf>
- Caselli, A. T.; Vélez, M. L. y Agosto, M. R. (2011). Manual de procedimientos ante caída de cenizas volcánicas. Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos. Proyecto “Exactas con la Sociedad” Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires. Consultado en Octubre 2022.
http://www.fcen.uba.ar/cenizas/Manual_Cenizas_2011.pdf
- Caselli, A. T. y Vélez, M. L. (2011). Riesgo Volcánico. Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria. *Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. Neuquén, Capítulo 47. Páginas 601 a 607*.
- Craig, H.; Wilson, Th. ; Stewart, C.; Outes, V.; Villarosa, G. y Baxter, P. (2016). Impacts to agriculture and critical infrastructure in Argentina after ashfall from the 2011 eruption of the Cordón Caulle volcanic complex: an assessment of published damage and function thresholds. *Journal of Applied Volcanology* . V 5(7).
<https://appliedvolc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13617-016-0046-1>
- Cumbre para la tierra. Programa 21, 1992. Division for Sustainable Development
https://web.archive.org/web/20120606053242/http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/index.shtml
- Cutter, S. L.; Boruff, B. J. y Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261.
- Daga, R.; Serquis A.; Cotaro, C.; Ayala, C.; Wilberger D.; Scerbo E.; Mogni, L.; Caneiro, A.; Tolley, A. y Condó, A.M. (2011). Las cenizas del volcán Puyehue-Cordón Caulle bajo el microscopio. Reunión: Congreso; XI Congreso Interamericano de Microscopia, CIASEM.

http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=buscar&id=24159&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=1273611

Diario Río Negro (2021).

<https://www.rionegro.com.ar/la-historia-de-la-familia-de-crianceros-que-le-gano-la-batalla-a-las-cenizas-1842730/>

Diario UACH, (2015) Consideraciones sobre las Cenizas del Calbuco y el Ganado. <https://diario.uach.cl/consideraciones-sobre-las-cenizas-del-calbuco-y-el-ganado/>

Di Pace, M.; Federovisky, S.; Gallopin, G.; Gómez, I.; Gross, M.; Gutman, P.; Hardoy, J.; Marchetti, B.; Morello, J. Pérez, A. y Winograd, M. (1992). Las utopías del medio ambiente. Desarrollo Sustentable en la Argentina. DI PACE, Coordinador. Capítulo 3. CEAL. IIED-AL. CEA- UBA –GASE. Buenos Aires.

Dominguez, L.; Bonadonna, C.; Forte, P.; Jarvis, P. A.; Cioni, R.; Mingari, L.; Bran, D. E. y Panebianco, J. E. (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, 343.

Prieto, F.; Echenique, H.; Moral, M.; Hadad, F.; Rüffer, A.; Agüero, G. y Arellano, O. (2012). Vigilancia ambiental y control del impacto de las cenizas volcánicas en Ingeniero Jacobacci, Provincia de Río Negro. *Revista Argentina De Salud Pública*, 3(11), 44–46. Recuperado de <https://rasp.msal.gov.ar/index.php/rasp/article/view/353>

Fantozzi, A. (2022). Un recorrido por los riesgos en Ingeniero Jacobacci. Amenazas y resiliencia comunitaria. *Presencia* N°78. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/214257/CONICET_Digital_Nro.2290d457-2380-46f7-a7f5-31c6deeb7536_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Fernández, M. A.; (1996). Compiladora. Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 32 páginas.

Flórez, M. T. y Parra, L. N.; (2010). Characteristics of alteration in minerals of volcanic ashes of the north of the "Cordillera Central" of Colombia. *Bol. Cienc. Tierra (Año 10 no.27 Medellín Jan. /June)*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302010000100005

Forte, P., Domínguez, L., Bonadonna, C.; Gregg, CH. E.; Bran, D. E.; Bird, D. y Castro, J. M. (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, 18-32. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores>.

Fundación Cambio Democrático (2016). Guía para confeccionar un mapeo de actores. Bases conceptuales y metodológicas de María de los Ángeles Ortiz, Victoria Matamoro y Jimena Psathakis, con el apoyo de todo el equipo de Fundación Cambio Democrático. Disponible en la cátedra.

Funtowicz, S. (1994), "Conferencia sobre Epistemología Política. Ciencia con la Gente, realizada el 31/5/94" en: *Serie Documentos e Informes de Investigación* n° 178, Flacso, Buenos Aires. <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/5228/>

Gaitan, J. J.; Ayesa, J.A.; Raffo, F.; Umaña, F.; Brand, B. y Moranga, H. (2011). Monitoreo de la distribución de cenizas volcánicas en Río Negro y Neuquén: situación a los 6 meses de la erupción. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-informe_distribucion_cenizas_6meses.pdf

García, R. (1994). "Interdisciplinarietà y Sistemas Complejos" en: *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*, Gedisa-UNAM, Barcelona. Recuperado de: <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/4352/>

Gómez Orea, D. (1999). "Cap. 1" Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. *Mundi Prensa* y Editorial Agrícola Española SA. Madrid. <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/4453>

González, Ladrón De Guevara, G. F. y Valencia Cuellar, J. (2013). Conceptos básicos para repensar la problemática ambiental. *Gestión y Ambiente*; 16(2), 121-128. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169428420010>

Gudynas, E. 2001. "Actores sociales y ámbitos de construcción de políticas ambientales". *Ambiente & Sociedade*. 4(8): 5-19. NEPAM. UICAMP. Campinas, Brasil. <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/5251>

Hernández, A. J. (1987) "El medio ambiente como eje en el que se apoya el cambio social". Temas ecológicos de incidencia social. Ed. Narcea y Servicio *Publicaciones Universidad Alcalá de Henares*, Madrid.

Hilson Foot, R.(S/F). Delimitación censal de la localidad Ingeniero Jacobacci. La definición censal de localidad y determinación para el caso de Ingeniero Jacobacci <https://www.estudiospatagonicos.com.ar/informes/delimitacion-censal-de-la-localidad-ingeniero-jacobacci-roberto-hilson-foot.htm>

Horwell, C. J. y Baxter, P. (2006). The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bulletin of Volcanology*, doi: 10.1007/s00445-006-0052. <http://www.geo.mtu.edu/~raman/papers2/HorwellBaxterBV.pdf>

Inta Bariloche. (2011). Análisis económico-productivo de la región afectada por la caída de cenizas del cordón Caulle-Puyehue en la provincia de Río Negro.

- Jameson, L., Fauci, A., Kasper, D., Hauser, S., Longo, D. y Loscalzo, J. (2018). Harrison Principios de Medicina Interna. 20a edición, Capítulo 7. McGraw Hill, London.
- Köse, M., Öztürk, M., Kuyucu, T., Güneş, T., Akçakır, M. y Sümerkan, B. (2004). Community-acquired pneumonia and empyema caused by *Pseudomonas stutzeri*: a case report. *The Turkish Journal of Pediatrics* 46: 177-178.
- Kullock, D. (1993). Gestión Urbana Participativa. En: *Panorama de la Situación Urbana en Argentina*. FADU UBA, Buenos Aires.
- Ley 25675 2002. General del Ambiente. República Argentina.
<http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2025675.pdf>
- Ley 26.509 República Argentina.
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/155000-159999/157271/norma.htm#:~:text=LEY%2026.509%20Cr%C3%A9ase%20el%20Sistema%20Nacional%20para%20la,20%20de%202009.%20Promulgada%3A%20Agosto%202027%20de%202009.>
- Lalucat, J., Bennasar, A., Bosch, R., García-Valdes, E. y Palleroni, N. (2006). Biology of *Pseudomonas stutzeri*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 70 (2): 510-547.
- Lopardo, G., Fridman, D., Raimondo, E., Alborno, H., Lopardo, A., Bagnulo, H., Goleniuk, D., Sanabria, M. y Stamboulia, D. (2017). Incidence rate of community acquired pneumonia in adults: a population-based prospective active surveillance study in three cities in South America. *BMJ Open* 2018;8: e019439. doi:10.1136/bmjopen-2017-019439
- López, S. (2022). La localidad de Ingeniero Jacobacci y los antecedentes de las políticas a la producción ganadera en perspectiva histórica (1885-1985). *Comunicación Técnica N°266 Área Desarrollo Rural*. ISSN 1667-4006.
- Loyse, A., Storrer, R. A., y Melzer, M. (2006). *Pseudomonas stutzeri* pneumonia in an HIV seropositive patient. *Journal of Infection*, 53(1), 75–76.
- Maglio, L. y Rauque, C.A. (2012). Erupción del Complejo Puyehue-Cordón Caulle. Efectos sobre la producción acuícola y recomendaciones.
- Malhotra, S. y Singh, K. (2008). *Pseudomonas stutzeri* associated conjunctivitis. *Indian J Pathol Microbiol* 2008;51:572
- Molgatini, S., Rey, E., Basilaki, J., Mosca, CH., Galante, R. y Gliosca, L. (2017). Quiste odontogénico inflamatorio: aislamiento de *Pseudomonas stutzeri*. Relevancia diagnóstica. *Revista Argentina de Microbiología*, 49 (1): 32-38.
- Murgida, A. M. y Gentile, E. E. (2015). Patagonia andina y costera. Aceptabilidad y aplicación del riesgo en la estepa norpatagónica. Cap. 13. en: Riesgos al Sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina. 1a ed. Buenos Aires. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Ediciones Imago Mundi.
- Nievas, R y Stevenazzi, J.E. (2023). Herramientas para un abordaje del Riesgo de Desastres: un enfoque integral, práctico y estratégico. *Libros de carrera*. 1º Ed. IUPFA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Noble, R. C., y Overman, S. B. (1994). *Pseudomonas stutzeri* infection a review of hospital isolates and a review of the literature. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 19(1), 51–56.
- Nicolau, C. J. y Oliver, A. (2010). Carbapenemasas en especies del género *Pseudomonas*. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2010;28 (Supl 1):19-28
- Orsini Delgado, M.A.; Sambuelli, A.; Negreira, S. ; Gil, A.; D'Elia, L.; Smaldini, P.L.; Docena, G. H.(2022). Volcanic ash-driven worsening of mucosal inflammation in an experimental colitis model. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118351>
- Outes, V.; Villarosa, G.; Delménico, A.; Gómez Lissarrague, M.; Beigt, D. Manzoni, C. y Arretche, M. (2015). Patagonia andina y costera. Aceptabilidad y aplicación del riesgo en la estepa norpatagónica. Cap. 1. en: Riesgos al Sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina. 1a ed. Buenos Aires. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Ediciones Imago Mundi.
- Pérez, P. (1995). Actores sociales y gestión de la ciudad. *Ciudades*, 28, 8-14.
- Porta, F.; Baruj, G.; Moldovan, P.; Zárate, R.; González, M.; Josserme, H. y Van Den Heede, B. (2018). Lineamientos estratégicos para la política de CTI. Centro interdisciplinario de estudios en ciencia, tecnología e innovación (ciecti). Río Negro. Informe final.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos_estrategicos_para_la_politica_de_cti_-_rio_negro.pdf
- Prieto, F.; Echenique, H. ;Moral, M.; Hadad, F.; Rüffer, A. ; Agüero, G. y Arellano, O. (2012). Vigilancia ambiental y control del impacto de las cenizas volcánicas en Ingeniero Jacobacci, Provincia de Río Negro. Sala de Situación. *Revista Argentina de Salud Pública*. 3 (11), 44–46. <https://rasp.msal.gov.ar/index.php/rasp/article/view/353>
- Ramos Ojeda, D. (2019) Entendiendo la vulnerabilidad social: una mirada desde sus principales teóricos. Universidad de Sancti Spiritus José Martí Pérez, *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, vol. 7, núm. 1, pp.

- 139-154. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Programa Cuba. Cuba. <https://www.redalyc.org/journal/5523/552364016005/html/>
- Reckziegel, F; Arango Palacios, E. y Viramonte, J. G. (2019). Ceniza volcánica: Dispersión y caída. Impactos, riesgos y mitigación. *Temas BGNOA. Vol. 9, N° 3*. <http://eprints.natura.unsa.edu.ar/715/1/Reckziegel.pdf>
- Rivera Tapia, A., Yañez-Santos, L. y Cedillo-Ramírez. (2005). Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. *Ecosistemas 14 (3): 107-115*. Septiembre. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/434/417>.
- Robles, C. 2011. Consecuencias de la erupción volcánica sobre la salud del ganado en la región patagónica. *Revista Presencia N° 57: 20-25* <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-saludganado.pdf>
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993), "¿Cómo entender los desastres naturales?" en: Los desastres no son naturales, La Red - ITDG, Bogotá. <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/1931/>
- Scotti, A y Torres, D. N. (2012). Caracterización de Cenizas del Volcán Peteroa. *Cuadernos Ices 5*. Editores: José Ruzzante, M. Isabel López Pumarega. 1a ed. . Comisión Nacional de Energía Atómica - CNEA. Buenos Aires.
- Sernageomin. (2012). Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle. Servicio Nacional de Geología y Minería. [en línea]. [Consulta: 18 de octubre 2021]. <https://www.sernageomin.cl/complejo-volcanico-puyehue-cordon-caulle/>
- Sernageomin. (2012). Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle. Servicio Nacional de Geología y Minería. [en línea]. [Consulta: 14 de mayo 2017]. <http://www.sernageomin.cl/archivosvolcanes/2012091304582290fichavnpuyehuecord%3%b3ncaulle.pdf>
- Stewart, C., Craig, H.M., Gaw, S., Wilson, TH. ; Villarosa, G. ; Outes, A. ; Cronin, SH. y Oze, CH. (2016). Fate and agricultural consequences of leachable elements added to the environment from the 2011 Cordón Caulle tephra fall. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 327, 554-570.
- Taboada, M. A. (2007). Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa, Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis, 71-83. https://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/49-efectos_pisoteo.pdf
- Torres-Corredor, R. A.; Ponce-Villarreal, P. y Gómez-Martínez; D.M. (2017). Vulnerabilidad física de cubiertas de edificaciones de uso de ocupación normal ante caídas de ceniza en la zona de influencia del Volcán Galeras. *Boletín de Geología*, 39(2): 67-82.
- Unisdr-Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2009). Terminología de ONU-ISDR sobre desastres. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Unisdr-Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015) Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Vaamonde, C; Nievas, R.; Fridman, D.; Aragón, E. González, P.D; Cavarozzi, C.; Stevenazzi, J.E.; Pérez, S.; Barros, R. y Miodownik, C.; (2017). Papel del Hierro y la abrasividad de las Cenizas Volcánicas en la Salud Respiratoria. Proyecto de Investigación de Gestión de Riesgos de Desastres. *Actas de XX Congreso Argentino de Geología. Tucumán* Simposio de Volcanología. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/5691?mode=full>
- Vaamonde, C.; Nievas, R.; Casarino, G.; Padilla Montoya, K.G.; Nahuel, J.C y González, P.D. (2022). Hallazgo de pseudomonas stutzeri en cenizas de la erupción del volcán Puyehue-Cordón Caulle del 2011 y su incidencia en la salud. *Actas de XXI Congreso Argentino de Geología. Puerto Madryn*, Simposio de Volcanología.
- Valenzuela, C. (2006). Contribuciones al análisis del concepto de escala como instrumento clave en el contexto multiparadigmático de la geografía contemporánea. *Investigaciones geográficas, abril 059*, Universidad Nacional Autónoma de México. DF México. Pp: 123-134. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n59/n59a9.pdf>
- Velasco, V.; Gaetano, A.; Fornasa, A. (2018). Experiencias a terreno para el acceso al agua en la region sur de Río Negro. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/5578/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Velasco_V_Experiencias_A_Terreno_Para_El_Acceso_Al_Agua_En-La_Region_Sur_De_Rio_Negro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vélez, M. L. (2023). "Análisis de la deformación asociada al comportamiento de sistemas volcánicos activos: Volcán Copahue". Tesis presentada para optar por el título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5079_Velez.pdf.
- Vergara Pinto, F. y Romero, J. E. (2023). Perceptions of past and future eruptions of Puyehue-Cordón Caulle (Southern Chile): connecting neighbourhood, social cohesion and disaster memory in volcanic risk research. Doi:10.55467/reder.v7i2.126.
- Viand, J.y Briones, F. (compiladores). (2015). Riesgos al Sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina. 1a ed. Buenos Aires. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Ediciones Imago

- Mundi. Capítulo 15. Valeria Outes, y otros. La erupción del Cordón Caulle 2011 en Villa la Angostura: una experiencia de cooperación entre los sistemas científico y de protección civil. <https://www.desenredando.org/public/2015/riesgosalsurArgentina.pdf>
- Wilches Chaux, G. (1993). "La Vulnerabilidad Global" en: Los desastres no son naturales, La Red. ITDG, Colombia. Cap. 2. <https://repositorio.uvq.edu.ar/detail/1931/> <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap2.htm>
- Wilson, T.; Stewart, C.; Bickerton, H.; Baxter, P.; Outes, V., Villarosa, G. y Rovere, E. (2013). Impacts of June 2011 Puyehue-Cordón Caulle volcanic complex eruption on urban infrastructure, agriculture and public health. *GNS Science Report 2012/20 January*. https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/78121/CONICET_Digital_Nro.43206608-6226-4c8f-9a58-51038cda51df_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Zevallos, O. (2004) Proyecto Gestión del Riesgo ENSO en América Latina. Investigación comparativa, información y capacitación desde una perspectiva social. *Informe técnico final – informe técnico final – borrador. Patrones y procesos de configuración.* Quito. <http://www.cambioglobal.org/enso/informes/anho4/Ecuador/Informe%20PATRONES%20y%20PROC.%20CONST.%20SOCIAL%20Con%20Figuras%20Compactas1.pdf>
- Zilio, M. C. y D'Amico, G.M. (2022). Teoría Social del Riesgo: de la ira divina a la explicación ambiental. Capítulo 1. En *Volcán Antropogénico*. Zilio, M. C. y D'Amico, G. M. y Báez, S. (Coordinadores). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UNLP. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/147914/Documento_completo.pdf-PDEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXO 1 Fotográfico Comentado.

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

- Figura An1:** Delimitación del Campo Volcánico Complejo Puyehue-Cordón Caulle. (Pertenece al Cuerpo del Texto, P. 22). P.61
- Figura An2:** Pluma generada por los vientos del oeste e imagen satelital Modis de la erupción explosiva del Vn Puyehue (Pertenece al Cuerpo del Texto, P. 22). P.63
- Figura An3:** Mapa de dispersión de las cenizas del volcán Puyehue en la República Argentina. (Pertenece al cuerpo del Texto, P. 22). P.64
- Figura An4:** Fragmentación del magma. Formación de vidrio volcánico y trizas vítreas. (Pertenece al Cuerpo del Texto, P. 22). P. 64-65.
- Figura An5:** Índice de Explosividad Volcánica (VEI). (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 23). P.65-66.
- Figura An6:** Delimitación perimetral censal por INDEC 2017 de Ing. Jacobacci (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 27). P.67.
- Figura An7:** Mapa de las principales actividades económicas. Región de la Estepa (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 27). P. 67.
- Figura An8:** Gramíneas. Pasturas Coirón dulce o blanco y Coirón amargo. (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 30). P. 68.
- Figura An9:** Eventos naturales históricos en la Región de estudio (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 31). P. 68.
- Figura An10:** Acumulación de cenizas a sotavento de pasturas y zonas topográficas bajas en Ing. Jacobacci. (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 32). P.68-69.

Figura An11: Ciclo de vida de las cenizas volcánicas (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 32). P. 69.

Figura An12: Caída de cenizas en diferentes localidades de la Línea Sur. Patagonia (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 32). P. 70.

Figura An13: Fenómenos meteorológicos de ceniza volcánica (litometeoros) observados en la región de Ing. Jacobacci (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 32). P. 70.

Figura An14: Composición de las cenizas volcánicas por Microscopía electrónica MEB y Espectro EDS con tabla de análisis con concentraciones de óxidos mayoritarios correspondientes. Características composicionales con predominio de sílice (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 44 a 46). P. 71.

Figura An16: a). Fotografía satelital Modis de la pluma de cenizas volcánicas de la erupción del Volcán Puyehue modificada que muestra los cultivos positivos en las tres muestras de las tres ciudades de San Martín de los Andes, Bariloche e Ingeniero Jacobacci, recolectadas simultáneamente por tres equipos distintas el día 4 y 5 de junio de 2011. b y c) Detalle de las colonias de *Pseudomonas stutzeri* en agar Sangre (+). Son adherentes y presentan inicialmente un aspecto mucoide (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 47). P. 73-75.

Figura An17: Taller con la asociación de empresarios turísticos de Puyehue Fuente: Proyecto FONDECYT N° 11171068 (2019) (Pertenece al Cuerpo del Texto en P. 51). P. 76

Figura An18: Mapa de Actores involucrados. Se destaca la actuación de los actores sociales locales (Pertenece al Cuerpo del Texto en P.52). P.76

Figura An1: Delimitación del Campo Volcánico Complejo Puyehue-Cordón Caulle.

En Chile existen más de dos mil volcanes, de los cuales alrededor de 80 cuentan con un registro eruptivo histórico en los últimos 450 años, con un total aproximado de 300 erupciones en ese tiempo considerándose por ello “geológicamente activos”. Dentro de dicho grupo, se hallan el volcán Chaitén, el Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle, el volcán Calbuco, el volcán Copahue.

El Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle se encuentra en la República de Chile. Coordenadas: 40,59° S – 72,11° W. Es el campo volcánico más grande existente al sur de la región del Maule (diámetro basal de diecisiete kilómetros, aproximadamente). Este complejo volcánico, es también uno de los más activos de los Andes del Sur. Es un conjunto de centros emisores coalescentes pleistoceno-holocenos situado en la provincia central de los Andes del Sur. Entre los volcanes principales que forman este complejo, cuya arquitectura es la de un alineamiento de rumbo NW-SE, se encuentra la caldera Cordillera Nevada, el estratovolcán Puyehue y el volcán fisural, Cordón Caulle. La actividad eruptiva que progresivamente ha dado forma a este complejo, se inició hace 500 mil años. Las erupciones más recientes, tanto del volcán Puyehue como del Cordón Caulle han sido muy explosivas, ocurriendo en los últimos 100 años 3 erupciones importantes en él, siendo la más reciente y conocida la del año 2011, con actividad registrada hasta el año 2012. (Sernageomin, 2012 ; Sernageomin, 2016).

La secuencia de erupciones comenzó con un enjambre de terremotos volcano-tectónicos detectados bajo el complejo volcánico el 27 de abril de 2011 (Sernageomin, 2011). Estos terremotos continuaron aumentando en magnitud y frecuencia hasta el 4 de junio, cuando la secuencia de erupciones comenzó con una serie de fases plinianas (Schipper et al. 2013). Una columna de ceniza y gas de 5 km de ancho se elevó a 12,2 km de altura. Aunque no se observó lava inicialmente, se notaron flujos piroclásticos. La actividad eruptiva continuó durante junio y julio. Las columnas de ceniza y gas continuaron erupcionando hasta 13 km de altura. Se detectaron partículas de ceniza en los filtros de monitoreo de calidad del aire en Porto Alegre, Brasil, a más de 2000 km al noreste del volcán, el 9 y 14 de junio (Lima et al., 2012). El transporte de larga distancia de la columna de ceniza provocó interrupciones de vuelos en Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica a fines de junio y principios de julio (Smithsonian 2014). Antes de 2011, la última

erupción de este centro fue en mayo de 1960, 38 h después del terremoto de magnitud 9,5 en Valdivia, Chile (Smithsonian 2014).

Debido a los efectos de los vientos dominantes a estas latitudes, la pluma volcánica atravesó la República Argentina, dejando a docenas de localidades bajo los depósitos piroclásticos y afectando la vida de la población (Daga et al., 2011)

La erupción ha traído consigo problemas económicos para las localidades principalmente afectadas, como Villa La Angostura, Villa Traful, San Carlos de Bariloche, San Martín de los Andes, Ing. Jacobacci, Buenos Aires, Montevideo, Puerto Argentino, Porto Alegre, Ciudad del Cabo, Perth, Melbourne y Auckland forzando a las aerolíneas a cancelar vuelos locales e internacionales y problemas tanto turísticos como ganaderos, además de cancelaciones aéreas en el hemisferio sur. También ha tenido un impacto directo sobre los ecosistemas de la región.



Figura An1: Imagen satelital de Google Earth del sistema PCC registrada en septiembre de 2012, luego del evento eruptivo iniciado en junio de 2011. Se observa el cráter activo con emisión de gases que continuaban en 2012 y las coladas de lava que acompañaron la emisión de ceniza. Es un conjunto de centros emisores coalescentes pleistocenoholocenos situado en la provincia central de los Andes del Sur. Entre los volcanes principales que forman este complejo, cuya arquitectura es la de un alineamiento de rumbo NW-SE, se encuentra la caldera Cordillera Nevada, el estratovolcán Puyehue y el volcán fisural, Cordón Caulle. Según Newhall y Hoblitt (2002), la acumulación de tefra puede superar los 10 cm a 100 km a favor del viento en caso de una erupción $VEI \geq 4$. Fuente: Villarosa 2023.

Figura An2: Pluma generada por los vientos del oeste e imagen satelital Modis de la erupción explosiva del Vn Puyehue

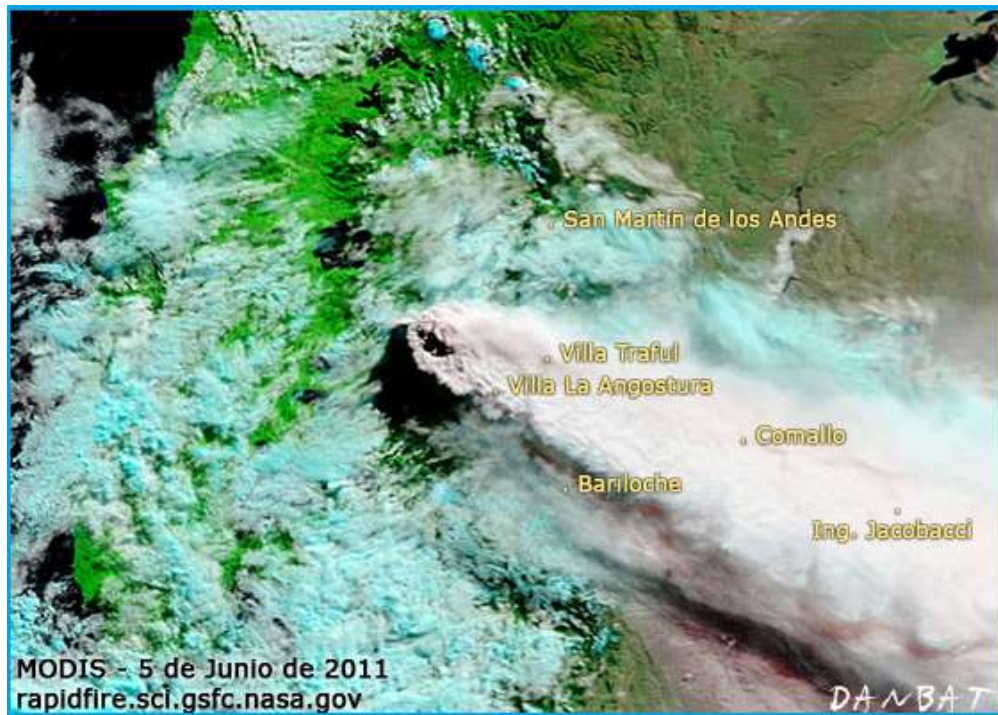


Figura An2: Pluma e Imagen Satelital de la erupción explosiva del Vn Puyehue, **a)** Nube de ceniza que salía del Volcán Puyehue, cerca de Osorno en el sur de Chile, 870 km al sur de Santiago, el 5 de junio de 2011. Fuente: fotografía de: Luis Castro Disponible en: http://www.culturademontania.org.ar/Noticias/NOT_informe_actividad_volcan_puyehue_impacto_territorio_argentino_072011.htm. **b)** Imagen Satelital MODIS del 5 de junio 2011. Fuente: <http://www.danbat.net/2011/07/erupcion-del-volcan-puyehue-dia-28/>

Figura An3: Mapa de dispersión de las cenizas del volcán Puyehue en la República Argentina.

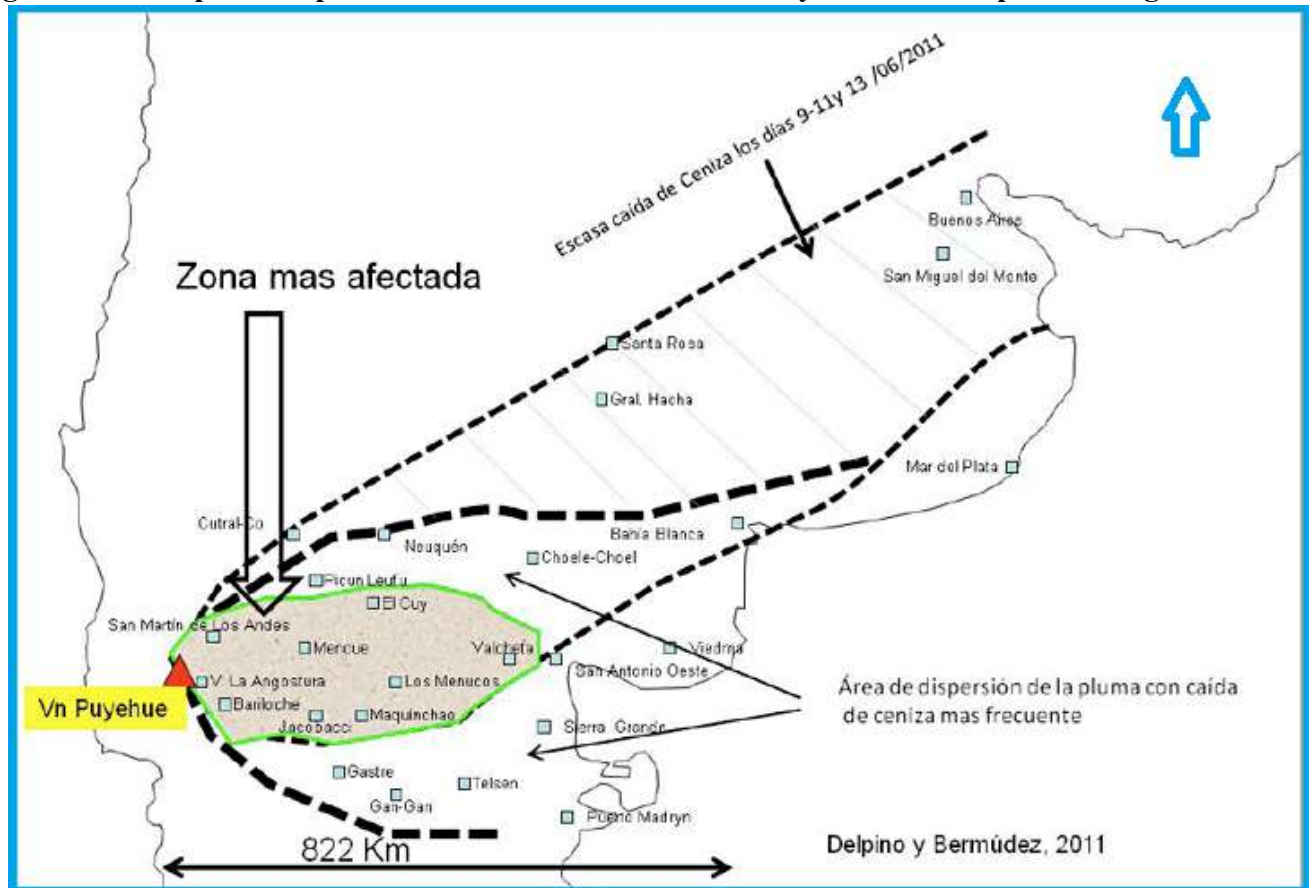


Figura An3: Mapa de dispersión de las cenizas del volcán Puyehue. Las zonas marcadas fueron delimitadas de acuerdo a las imágenes de los satélites MODIS y GOES NASA. Fuente: Delpino y Bermúdez. Castro Disponible en: http://www.culturademontania.org.ar/Noticias/NOT_informe_actividad_volcan_puyehue_impacto_territorio_argentino_072011.htm

Figura An4. Fragmentación del magma. Formación de vidrio volcánico y trizas vítreas.

Los autores Caselli, Vélez y Agosto, (2011) explican el mecanismo de fragmentación y la formación de vidrio volcánico y trizas vítreas resultantes. A medida que el magma asciende por la chimenea, los gases se expanden rápidamente por la disminución de la presión, generando una espuma en el fundido. En la (figura 3a) se muestran la formación de las burbujas de gases a medida que se exsuelven del fundido. Éstas se expanden y prácticamente se tocan entre sí (Figura 3b). Entre las burbujas quedan tabiques finos del fundido, que se enfría rápidamente (Figura 3c). Con la presión se fragmentan estos tabiques, dando lugar a partículas finas de vidrio, muy puntiagudas, denominadas cenizas volcánicas, las que son expulsadas a gran velocidad por el cráter, por lo tanto, son rocas pulverizadas de pequeño tamaño. (Figura 3d). El magma es expulsado en forma de fragmentos líquidos y sólidos, que son eyectados hacia arriba desde el cráter para formar una columna o nube de material transportado por el aire, del cual las partículas más finas son arrastradas por el viento. Los fragmentos de mayores tamaños caen rápidamente en el área más cercana al volcán y los más pequeños a mayores distancias.

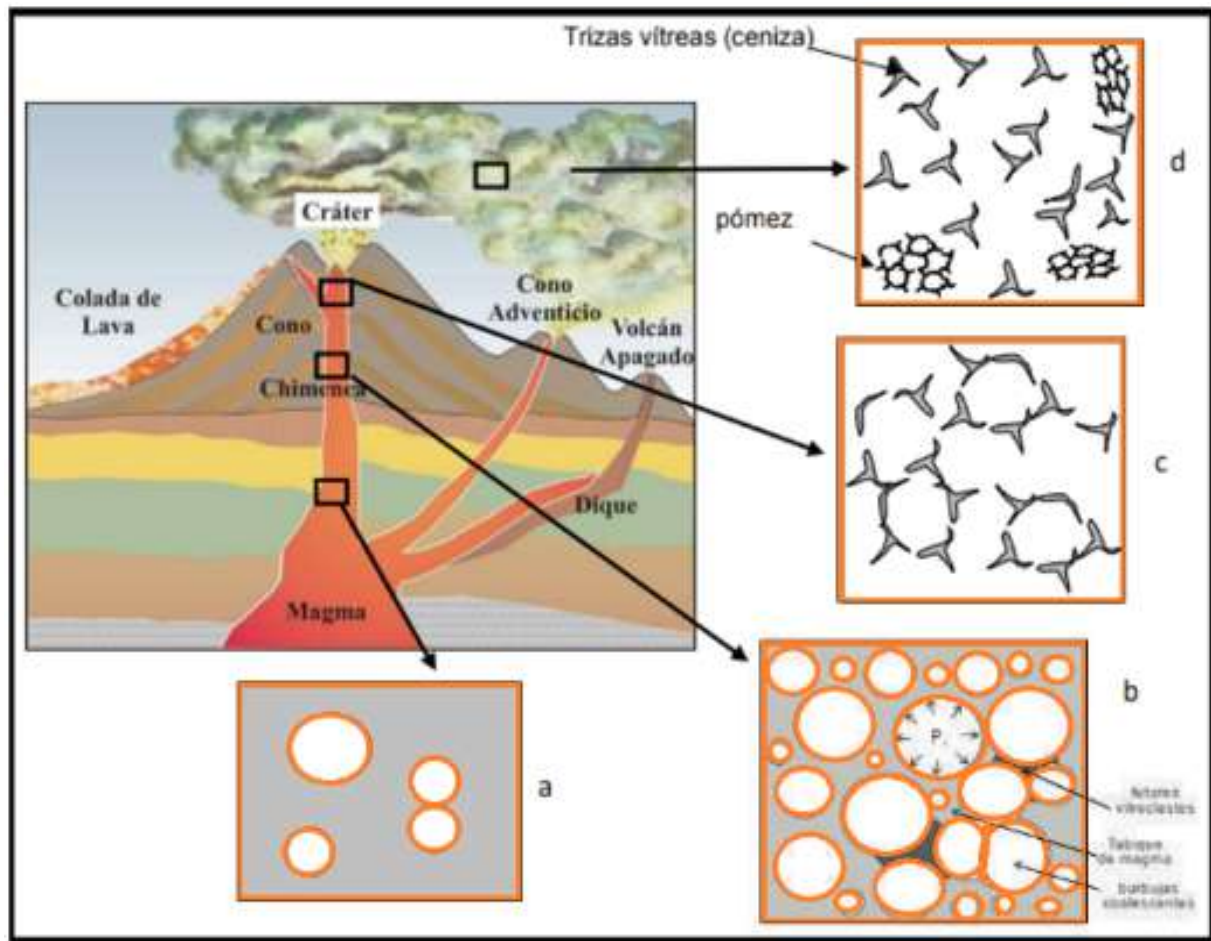


Figura An4: Fragmentación del magma. Formación de vidrio volcánico y trizas vítreas. Representación del origen de las cenizas en los volcanes (a) porción del magma (en gris) con formación de burbujas (en blanco) producidas por pérdida de presión; (b) aumento de exsolución de burbujas (círculos blancos) del magma (en gris) mostrando los tabiques (remarcado en negro) que se forman al crecer las burbujas y disminuir el espacio entre ellas (futuras trizas vítreas que en conjunto son denominadas como ceniza volcánica al ser eyectadas por el cráter; (c) fragmentación de los tabiques (en gris) que existe entre burbujas dando lugar a partículas puntiagudas denominadas trizas vítreas o ceniza; (d) porción de la nube donde se observan las trizas eyectadas (que darán lugar a nubes de cenizas) junto a porciones que no se fragmentaron (pómez). Fuente: Modificado de (Caselli, Vélez y Agosto, 2011).

Figura An5: Índice de Explosividad Volcánica (VEI)

Se refiere a un Índice de Explosividad Volcánica (VEI por sus siglas en inglés). Una escala logarítmica que mide la magnitud de las erupciones volcánicas teniendo en cuenta factores como el volumen de material expulsado, la altura de la columna eruptiva y la duración de la erupción. En 1982, Christopher Newhall y Stephen Self crearon una escala para comparar la fuerza de las erupciones volcánicas a lo largo del tiempo. La escala que maneja va del 0 al 8, donde cada número mayor indica una erupción diez veces más fuerte que la anterior. Es importante para analizar erupciones volcánicas pasadas y predecir el impacto que podrían tener futuras erupciones. Se utiliza para evaluar y comparar erupciones volcánicas. VEI 0: Erupciones calmas, o no eruptivas (como la mayoría de los flujos de lava). Poca cantidad de material arrojado. Erupciones hawaianas o fisurales muy efusivas de baja explosividad y con larga

duración en el tiempo. Ejemplos: Kilauea (1977), Mauna Loa (1984), Ertá Ale (2018), Monte Erebus (1963).^{68/69/70}

VEI 1-2: Erupciones no muy grandes, con columnas de ceniza que pueden llegar hasta 10 km de altura. Erupciones estrombolianas- hawaianas de larga duración y baja explosividad. Ejemplos: Kilauea (2018) Erupciones estrombolianas- vulcanianas con cierta explosividad. Ejemplos: Estrómboli y Etna suelen tener este VEI. También Cumbre Vieja (1949), Sinabung (2010), volcán Whakaari (2019), Taal (2020). Estos son solo algunos ya que la mayoría de las erupciones más habituales están dentro de este VEI.

VEI 3: Erupciones vulcanianas – peleanas de bastante explosividad y baja duración en el tiempo. No se dan todos los años a diferencia de las anteriores⁷¹. Ejemplos: Nevado del Ruiz (1985), Ontake (2014), Cumbre Vieja (2021).

VEI 4: Se producen erupciones explosivas importantes que lanzan grandes cantidades de material y forman columnas de hasta 20 km de altura. Erupciones estrombolianas- vulcanianas con cierta explosividad. Erupciones peleanas y subplinianas muchas veces catastróficas. Su explosividad es alta y duración corta. Por suerte no son habituales estas erupciones. La mayoría son muy conocidas debido a los desastres que provocaron. Ejemplos: Cotopaxi (1877), Peleé (1902), Parícutín (1944), Eyfajallajökull (2010), Cabulco (2015), Volcán de Fuego (2018)

VEI 5: Erupciones plinianas catastróficas que se dan cada decenas de años pero son capaces de destruirlo todo a su alrededor y pueden influir en el clima. Ejemplos: Erupción del Vesubio del 79 (la que sepultó Pompeya, Herculano y otras ciudades y pueblos). Aunque algunos autores creen que tuvo VEI 6. También están: Fuji (1707), Colima (1913), Agung (1963), Sant Helens (1980), **Puyehue (2011)**, Volcán Tonga (2022)

VEI 6: Erupciones extremadamente intensas, como la erupción del Monte Pinatubo en 1991.

VEI 7: Erupciones volcánicas muy grandes, como la ocurrida en Tambora en 1815, que pueden tener un impacto en el clima a nivel mundial.

VEI 8: Son erupciones masivas llamadas "supervolcanes" que tienen un gran impacto en el clima de la Tierra y afectan a todo el mundo. Pertenecen a erupciones ultraplínianas que pueden ser apocalípticas, relacionadas con extinciones y alteraciones del clima. Ejemplos: Santorini (1610): Destruyó toda la isla formando la caldera actual dando lugar a la leyenda de la Atlántida. Tambora (1816): Dió lugar al año sin verano cuya información puedes ver en la erupción del volcán Tambora de 1815. Yellowstone(640.000 a.C.) , Campi Flegrei, Toba (73.000 a.C.), Taupo (26.500 a.C.): Erupciones apocalípticas.

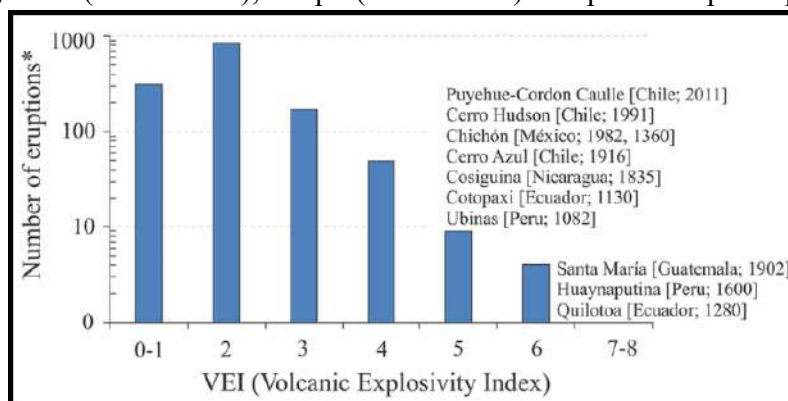


Figura An5: VEI. Volcanic Explosivity Index. Número de erupciones volcánicas ordenadas por VEI en los últimos 1.000 años. Datos compilados de la base de datos del Programa Global de Vulcanismo 2013 (GVP) (<https://volcano.si.edu>), considerando, para todos los VEI, tanto los eventos confirmados como los inciertos. Los grandes eventos VEI (VEI 5 y 6) se muestran en el diagrama según su VEI.

<https://volcanismandgeology.wordpress.com/2020/03/17/como-se-clasifica-la-fuerza-de-la-erupcion-de-un-volcan/>

⁶⁸ <https://geology.com/stories/13/volcanic-explosivity-index>

⁶⁹ <https://oavv.segemar.gob.ar/preguntas-frecuentes-sobre-los-volcanes/>

⁷⁰ <https://www.argentina.gob.ar/inpres/docentes-y-alumnos/volcanes/indice-de-explosividad-de-un-volcan>

⁷¹ <https://volcanismandgeology.wordpress.com/2020/03/17/como-se-clasifica-la-fuerza-de-la-erupcion-de-un-volcan/>

Figura An6: Delimitación perimetral censal por Indec 2017 de Ing. Jacobacci.



Figura An6: Delimitación areal censal del año 2017, de la localidad de Ing. Jacobacci, para futuros registros censales. Fuente Modificado de imagen satelital. de <https://www.estudiospatagonicos.com.ar/informes/delimitacion-censal-de-la-localidad-ingeniero-jacobacci-roberto-hilson-foot.htm>

Figura An7: Mapa de las principales actividades económicas. Región de la Estepa

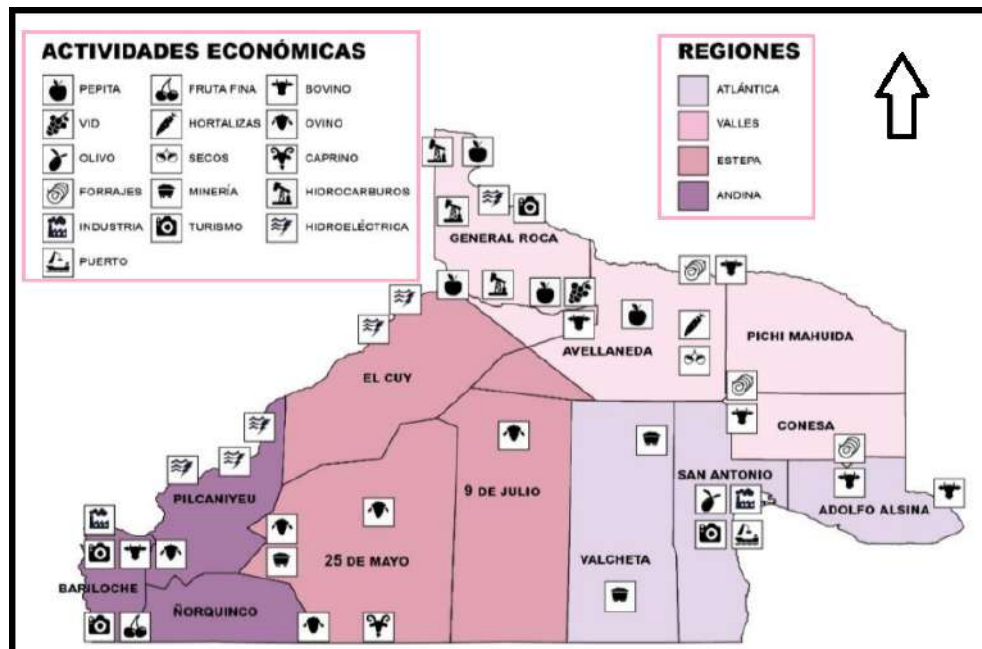


Figura An7: Mapa de las principales actividades económicas. Región de la Estepa: abarca los departamentos de El Cuy (con excepción de las localidades de Las Perlas, Paso Córdoba y Valle Azul que pertenecen a la region de los Valles), 25 de Mayo y 9 de Julio, comprendiendo 20 gobiernos locales Fuente: Modificado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lineamientos_estrategicos_para_la_politica_de_cti_-_rio_negro.pdf

Figura An8: Gramíneas. Pasturas Coirón dulce o blanco y Coirón amargo



Figura An8: a) Gramíneas Coirón dulce (*Festuca pallescens*) muy apetecible para el ganado por ser más tiernos que el Coirón amargo y b) Coirón amargo (poco apetecible para el ganado). Fuentes: <https://sib.gob.ar/especies/festuca-pallescens?tab=info-general> <https://patagonianatural.org.ar/wp-content/uploads/2021/04/gramineas-perennes.pdf>

Figura An9: Eventos naturales históricos en la Región de estudio.

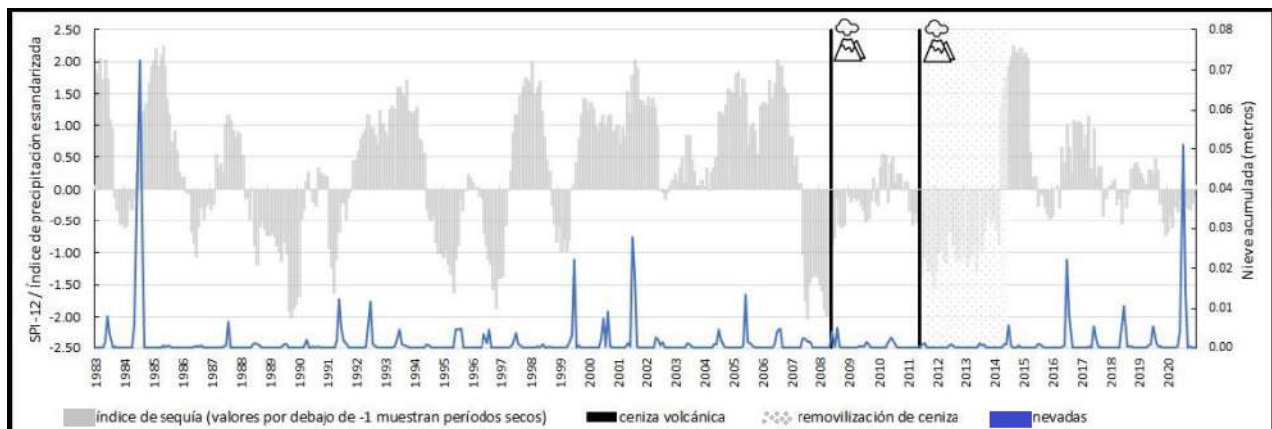


Figura An9: Esquema temporal de eventos naturales. Fuente: Modificado de (Fantozzi, 2022)

Figura An10: Acumulación de cenizas a sotavento de pasturas y zonas topográficas bajas en Ing. Jacobacci.



Figura An10: Acumulación de cenizas a sotavento de pasturas y zonas topográficas bajas en Ing. Jacobacci. a) Acumulación de cenizas a sotavento de un coirón. b) Ladera expuesta con baja cobertura vegetal y baja concentración de cenizas, mientras que el sector más bajo de la ladera, posee mayor cobertura con una cantidad importante de cenizas. Fuente:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-informe_distribucion_cenizas_6meses.pdf c)Tefra movilizada por el viento que forma estructuras de dunas en el área de Jacobacci, vista en marzo de 2012. Fuente:https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/63030/CONICET_Digital_Nro.6e45729d-02d3-48bc-a583-b9e25cebd5ec_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Figura An11: Ciclo de vida de las cenizas volcánicas.

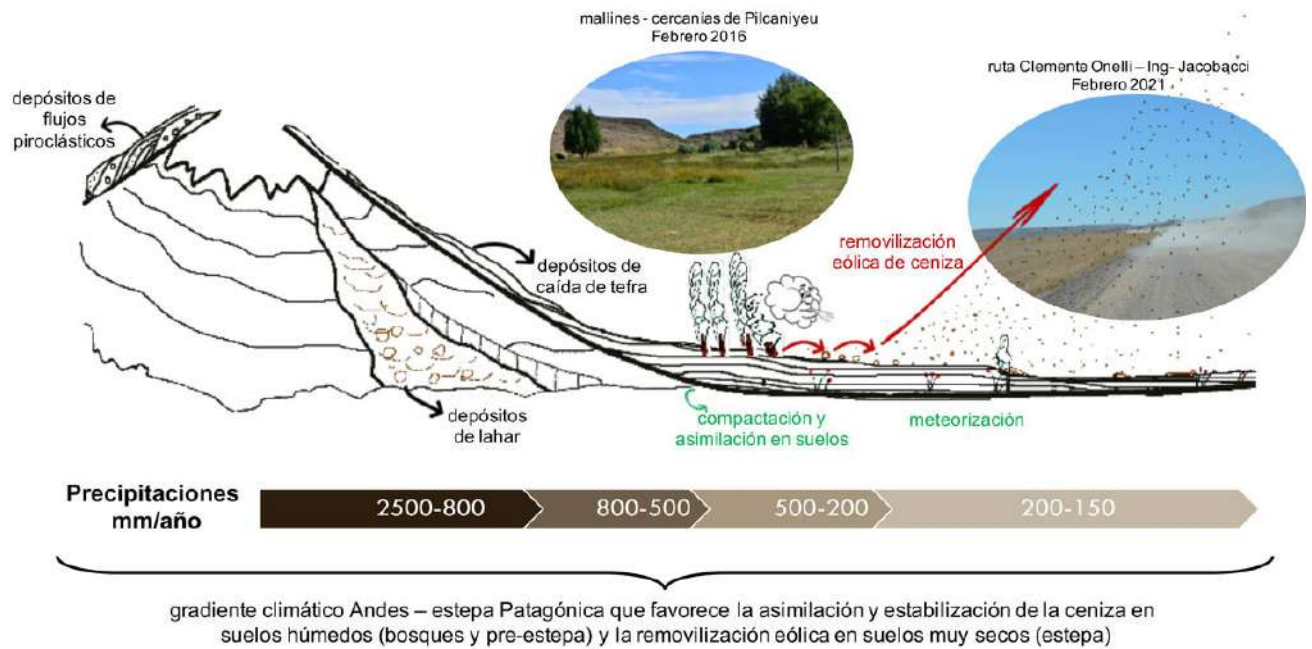


Figura An11a : Ciclo de vida de las cenizas volcánicas. La erupción del Cordon Caulle en 2011, y el tiempo transcurrido desde entonces, brindaron la oportunidad de observar y estudiar diversos procesos exógenos vinculados al ciclo de vida de la ceniza volcánica. Una vez inyectado en la atmósfera, este material volcánico fue transportado y dispersado por el viento hasta, finalmente, ser depositado por acción gravitatoria tapizando una diversidad de relieves y ambientes. 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). Fuente: <https://books.openedition.org/eunrn/20113>

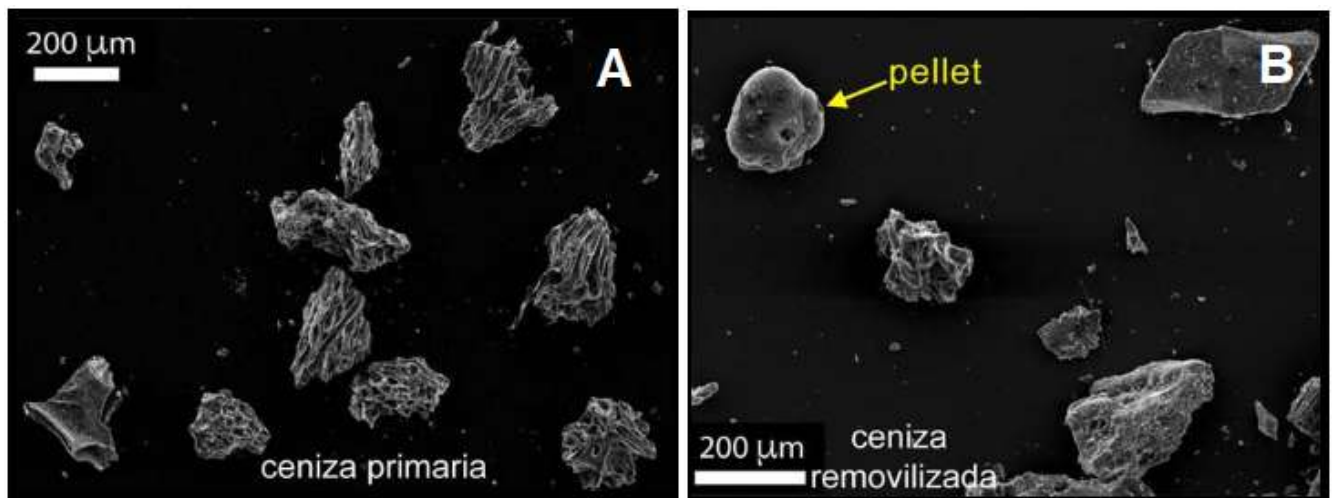


Figura An11b: la movilización y el intemperismo provoca el redondeamiento de las cenizas y cambios químicos. Fuente: modificado de Domínguez 2023.

Figura An12: Caída de cenizas en diferentes localidades de la Línea Sur. Patagonia.



Figura An12: Caída de cenizas en diferentes localidades. En las fotografías se observa la diferencia en el espesor de la caída de cenizas y los tamaños de grano a lo largo diferentes ciudades. a) ceniza gruesa cerca de Villa la Angostura (290 mm de espesor); b) ceniza de grano medio cerca de Bariloche (30 mm de espesor); c) ceniza fina en la región de la estepa cerca de Jacobacci (40 mm de espesor). Fuente: Modificado de <https://appliedvolc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13617-016-0046-1>

Figura An13. Fenómenos meteorológicos de ceniza volcánica (litometeoros) observados en la región de Ing. Jacobacci.

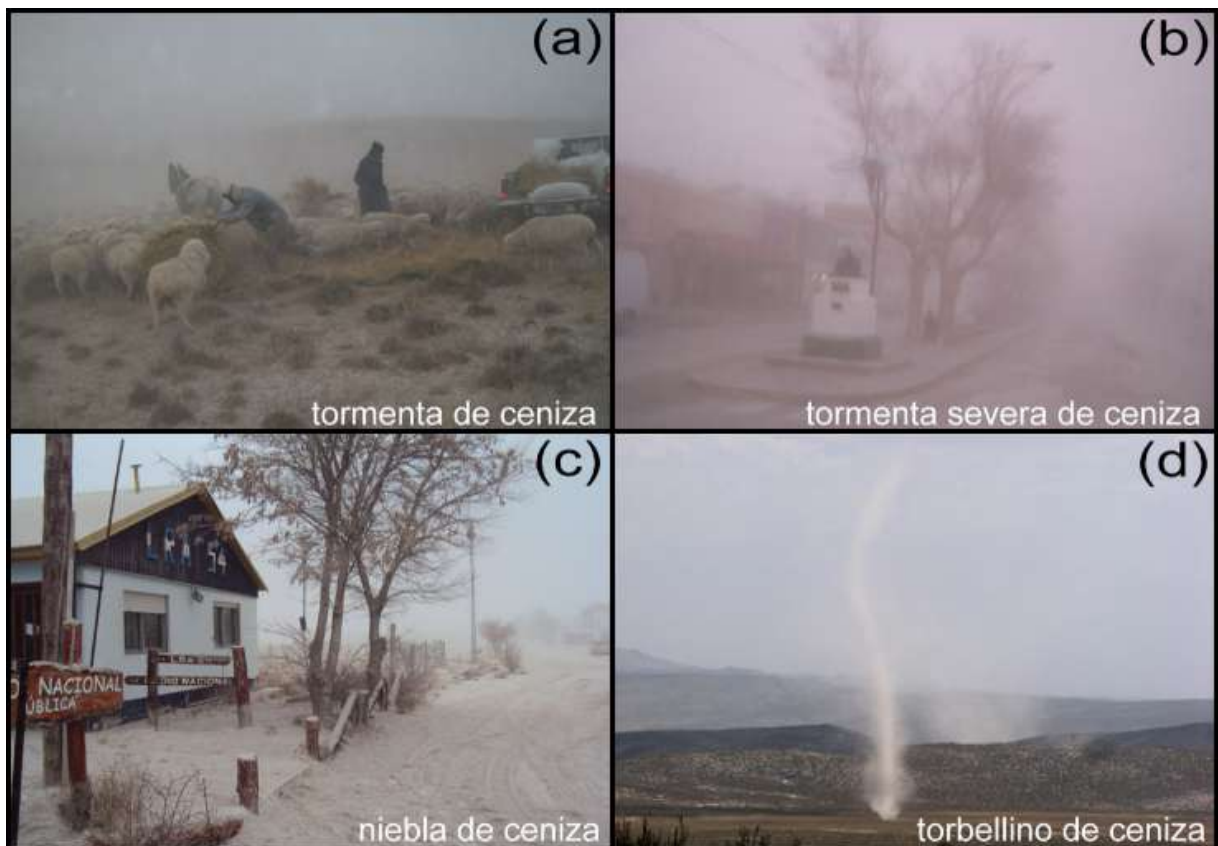


Figura An13. Fenómenos meteorológicos de ceniza volcánica (litometeoros) observados en la región de Ing. Jacobacci. Fuente: Fuente: Bran, D., Domínguez, L., Forte, P., Velasco, V., Fantozzi, A., y Gaitán, J. (2023). Capítulo 5. Ceniza volcánica en la región sur de Río Negro: estudios, resultados y lecciones aprendidas de la erupción 2011-2012 del volcán Cordon Caulle. In S. Murriello & G. Barrios García (éds.), A diez años de la erupción del Puyehue-Cordon Caulle (1-). Editorial UNRN. Fuente: Modificado de <https://doi.org/10.4000/books.eunrn.20113>

Figura An14: Microscopía electrónica y estudio composicional de cenizas volcánicas del Puyehue

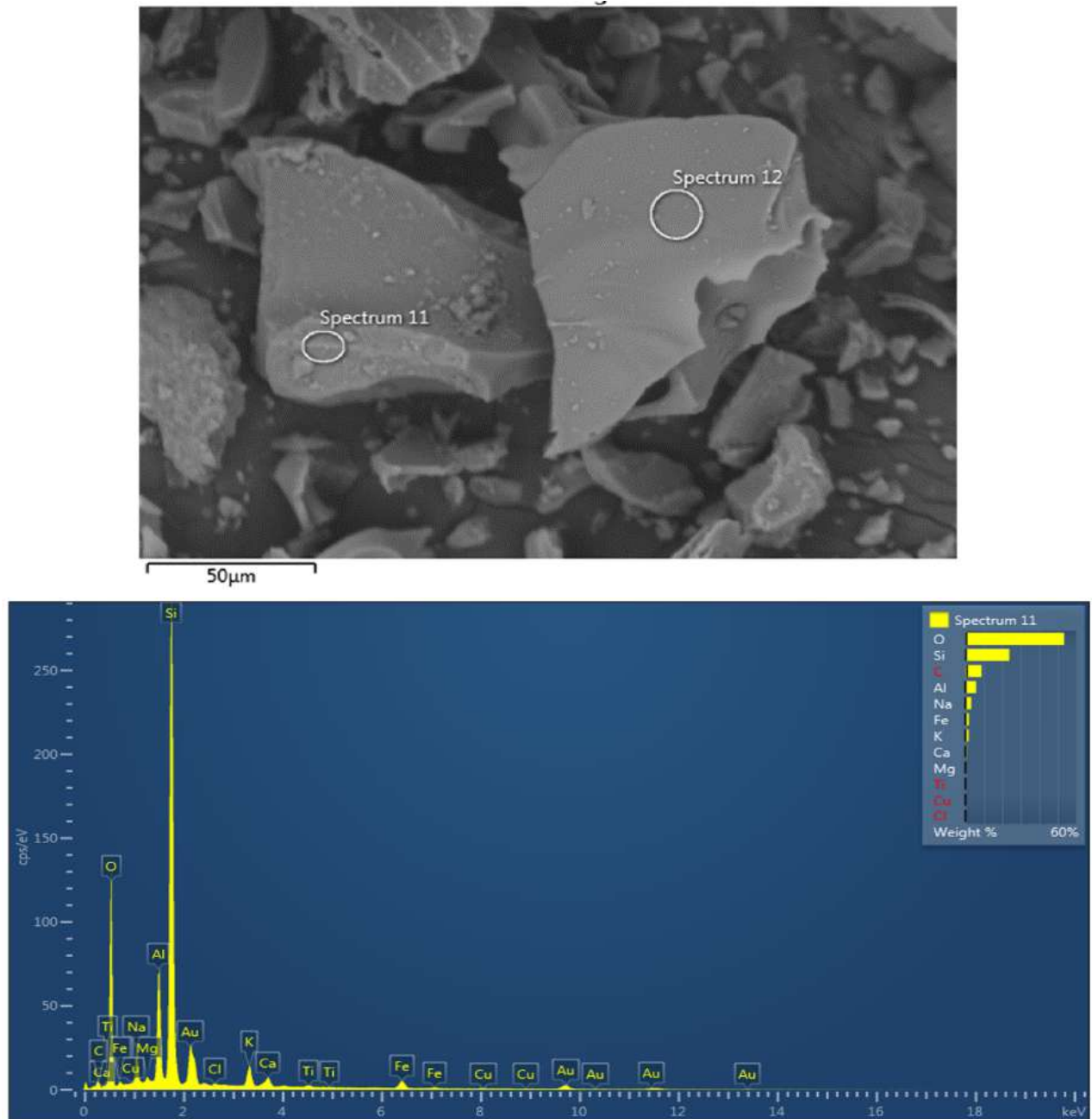


Figura An14: a) Microscopía electrónica MEB de cenizas volcánicas del Puyehue. Erupción del 4 de junio 2011. Muestras con vidrio volcánico muy abundante. **b)** Espectro EDS y tabla de análisis con concentraciones de óxidos mayoritarios correspondientes. Características composicionales con predominio de sílice. Los análisis de EDS mostraron el mismo rango de variación de óxidos mayoritarios en otras muestras. Fuente: (Vaamonde *et al*; 2022).

Figura An15: Segmentación Broncopulmonar humana y Patrones de flujo en las vías respiratorias.

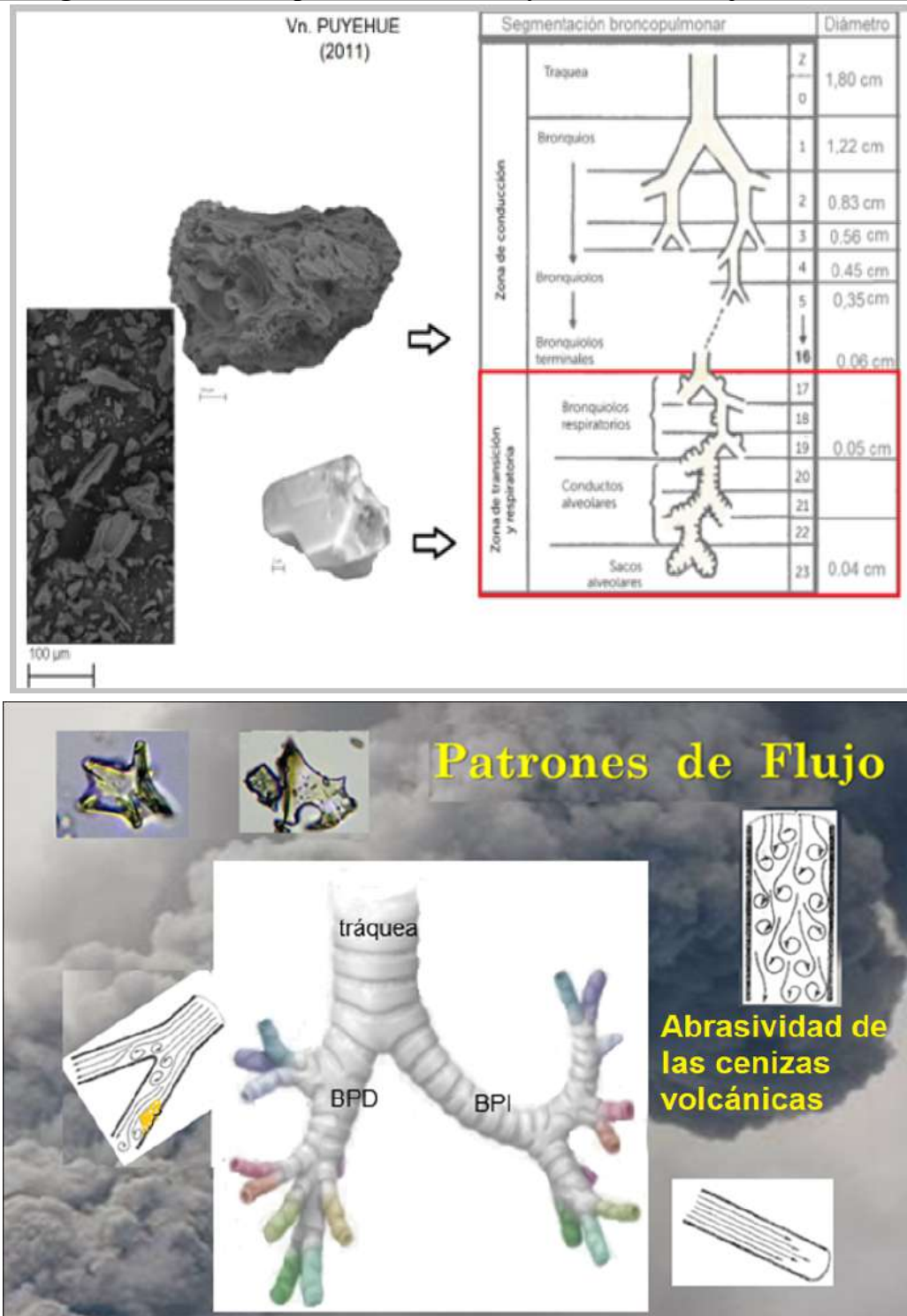


Figura An15: a) Segmentación Broncopulmonar humana con 23 generaciones de ramas bronquiales. **b)** Patrones de flujo en las vías respiratorias. Obsérvese que en la tráquea, en zonas de bifurcación de bronquios se presenta un flujo turbulento. En todas aquellas regiones del árbol bronquial que tenga presencia de moco (representado en color amarillo), se modifica el flujo laminar a turbulento. el flujo turbulento trae aparejado un mayor impacto de las trizas vítreas y la abrasividad de las mucosas que tapizan el árbol bronquial. Fuente: Elaboración propia.



Figura An16: a). Fotografía satelital Modis de la pluma de cenizas volcánicas de la erupción del Volcán Puyehue modificada que muestra los cultivos positivos en las tres muestras de las tres ciudades de San Martín de los Andes, Bariloche e Ingeniero Jacobacci, recolectadas simultáneamente por tres equipos distintos el día 4 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia

En el **trabajo Vaamonde *et al.*, 2022** se realizó un estudio comparativo de cultivos bacterianos de cenizas volcánicas de dos erupciones que afectaron a nuestro país: la erupción bajo estudio (volcán Puyehue, 2011) y la erupción del Vn Calbuco 2015 .

La recolección de muestras se realizó bajo estrictos protocolos estériles, utilizando sábanas de polietileno estériles y almacenando las muestras en frascos de cultivo igualmente estériles. Las muestras, procedentes de las cinco ciudades mencionadas en la fotografía 16 C, se mantuvieron a temperatura ambiente y bajo condiciones estériles en todo momento, con el fin de preservar el material para su posterior cultivo.

El tiempo de exposición y despliegue de la sábana de polietileno estéril (de 1 m²), que se mantuvo hasta por 10 horas y alejada de los árboles, fue cuidadosamente controlado para evitar que las partículas de ceniza más finas fueran arrastradas por el viento, garantizando así la captura de una mayor cantidad de las partículas, su diversidad de tamaños, peso y densidad.

Cabe señalar que estas muestras no fueron utilizadas para estudios mineralógicos, ya que dichos análisis requieren condiciones específicas. Por ejemplo, procesos como la calcinación (con temperaturas entre 65 y 100°C), la digestión de la materia orgánica presente, y otros procedimientos físico-químicos normalizados según el elemento o mineral que se desee identificar y cuantificar.

Para la realización de los cultivos, las muestras se homogeneizaron por agitación en vórtex. Se sembró del homogenato con ansa calibrada en diversos medios de cultivo separadamente: Agar sangre de carnero 5%, Agar EMB Levine, Agar Chocolate y en caldo tioglicolato.

Las placas de Petri se incubaron a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ en condiciones de aerobiosis y en atmósfera enriquecida en dióxido de carbono.

A las 24 hs de incubación en todas las muestras de cenizas pertenecientes al Volcán Puyehue, cultivadas en Agar sangre de carnero, se obtuvo el desarrollo de un *bacilo Gram negativo* con ligero pigmento amarillo. Para la determinación del grupo de *Pseudomonas* a las que pertenecían, se le practicaron Pruebas de Tipificación Manual resultando: oxidasa positiva, movilidad positiva, crecimiento a 37°C positivo, crecimiento a 42°C negativo, catalasa positiva, TSI (agar triple azúcar-hierro) sin cambio. Para la corroboración se realiza una tipificación automatizada por Vitek 2 Compact (Biomerieux) obteniéndose resultado positivo para *Pseudomonas stutzeri*. (Vaamonde *et al.*, 2022). El mismo procedimiento se realizó para las cenizas del Volcán Calbuco. Un bacilo es una bacteria en forma de bastoncillo o filamento más o menos largo, recto o encorvado según las especies.

En las muestras de cenizas volcánicas obtenidas en las ciudades afectadas de San Carlos de Bariloche, San Martín de los Andes e Ing. Jacobacci, se aisló este microorganismo y ningún microorganismo en las cenizas del Calbuco.

Se trata de un bacilo Gram negativo, aerobio, móvil, con flagelo monótrico, ampliamente distribuido en el medio ambiente, con versatilidad metabólica, estable a temperaturas desde los 2° a 42°C y que ocupa diversos nichos ecológicos (Lalucat *et al.*, 2006; Jameson *et al.*, 2018; Molgatini *et al.*, 2017). Un bacilo es una bacteria en forma de bastoncillo o filamento más o menos largo, recto o encorvado según las especies.

La **tinción de Gram** es un procedimiento rápido de laboratorio para comenzar a discernir entre microorganismos basado en las características de la pared celular de las bacterias. El procedimiento de tinción más ampliamente usado en bacteriología. Permite dividir a las bacterias en dos grandes grupos taxonómicos: Gram positivas y Gram negativas, según sea su comportamiento frente a la tinción.

Este bacilo encontrado habita en los primeros 10 cm del suelo, y se trata de un patógeno no común, siendo el responsable de diversas patologías incluyendo Neumonías Adquirida en la Comunidad (NAC). (Noble y Overman, 1994; Köse *et al.*, 2004; Loyse *et al.*, 2006; Nicolau *et al.*, 2010; Jameson *et al.*, 2018).

Estos procedimientos se realizaron en el laboratorio microbiológico del Hospital Churruca-Visca.

Estudios bacteriológicos-clínicos

Cultivos Positivos: *P. stutzeri* (Agar sangre de carnero):

Muestra: Vn. Puyehue (2011) - (Bariloche)

Muestra: Vn. Puyehue (2011) - (San Martín de los Andes)

Muestra: Vn. Puyehue (2011) - (Ingeniero Jacobacci)

Cultivos Negativos: para *P. stutzeri*

Muestra: Vn. Calbuco (2015) - (Piedra del Águila)

Muestra: Vn. Calbuco (2015) - (General Roca)

B) Cultivo negativo
Agar EMB Levine
Gral Roca



A_ Cultivo positivo: (Agar sangre de carnero).
(San Martín de los Andes) Aspecto mucoso



C-Cultivo negativo (Agar sangre de carnero) (General Roca)

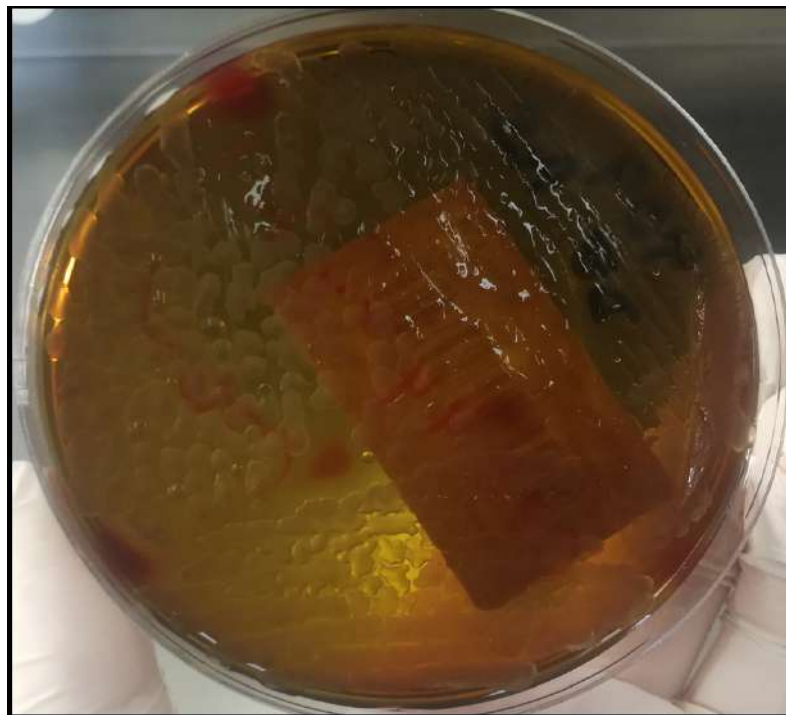


Figura An16 b y c) Detalle de las colonias de *pseudomonas stutzeri* en agar Sangre (+). Son adherentes y presentan inicialmente un aspecto mucoso. Fuente: (Vaamonde *et al.*, 2022 ; Vaamonde *et al.*, 2023).



Figura An16 d: Detalle de las colonias *Pseudomonas stutzeri*. Morfología de bastón algo curvado, toman un color púrpura bajo tinción de Gram. Fuente: (Vaamonde *et al.*, 2022 ; Vaamonde *et al.*, 2023). Elaboración propia

Figura An17: Taller con la asociación de empresarios turísticos de Puyehue



Figura An17: Taller con la asociación de empresarios turísticos de Puyehue Fuente: Proyecto FONDECYT N° 11171068 (2019). a) Taller en la que se discutió el mapa de peligrosidad del Cordón Caulle, planteándose la pregunta “¿sabemos lo suficiente? Incluye participantes de la comunidad mapuche, pobladores del Fundo El Caulle y funcionarios de CONAF (b, c). Fuente: Modificado de (Vergara Pinto y Romero, 2023). DOI: 10.55467/reder.v7i2.126

Figura An18: Mapa de Actores involucrados.

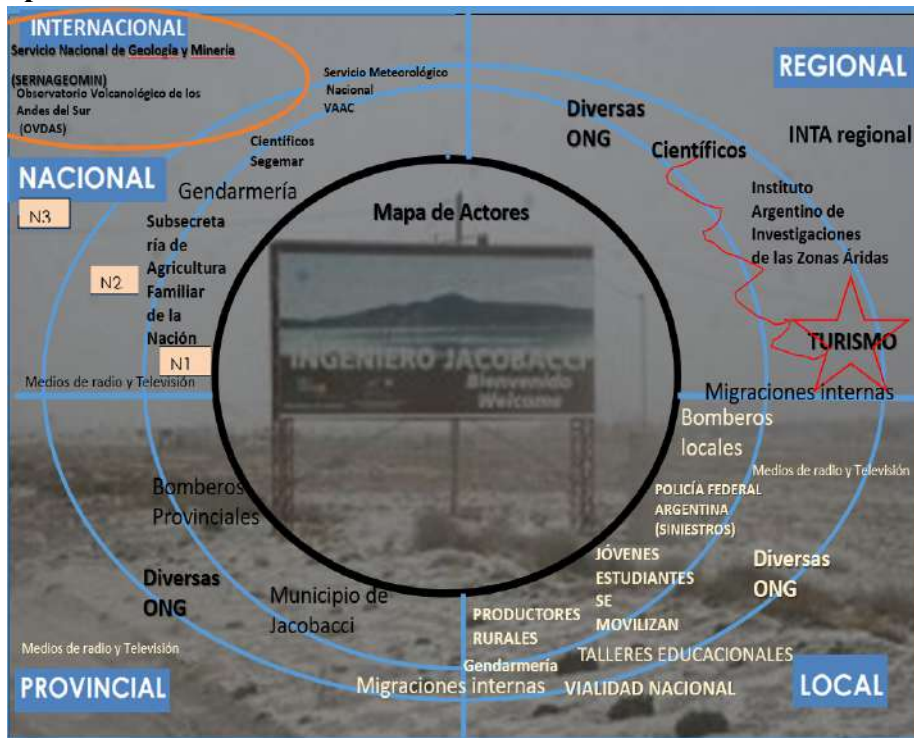


Figura An18: Mapa de Actores involucrados. Se destaca la actuación de los actores sociales locales. Fuente: elaboración propia.

ANEXO 2: Propuestas de Investigaciones

La magnitud y la diversidad de los efectos que las erupciones volcánicas pueden causar en distintos sectores requieren un enfoque integral y multidisciplinario para su estudio. Desde el análisis de los impactos en la salud pública, como el seguimiento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, hasta la evaluación de las alteraciones en la composición química del suelo y los ecosistemas acuáticos, es fundamental generar conocimientos que permitan una mejor preparación y respuesta ante futuros eventos. Además, la investigación sobre la vulnerabilidad social y económica, las migraciones internas y los efectos sobre la infraestructura y la producción agrícola ofrece oportunidades clave para diseñar estrategias de intervención más efectivas. Estas propuestas de investigación no solo buscan evaluar los impactos inmediatos de las erupciones, sino también comprender los procesos a largo plazo y las posibles aplicaciones de las cenizas en diversos sectores industriales.

A continuación, se presentan diversas propuestas que apuntan a obtener datos fundamentales para tomar decisiones informadas y mejorar la resiliencia frente a futuros eventos volcánicos.

En el campo de la salud pública: a) “Vigilancia epidemiológica infectológica de carácter prospectivo con rescate de gérmenes en ciudades aledañas al foco eruptivo y retrospectiva post erupción. Idealmente en personas mayores de 65 años de edad, para la búsqueda de Neumonías Adquiridas en la Comunidad, especialmente en personas vulnerables”. b) Vigilancia y seguimiento de enfermedades inflamatorias intestinales como el Crohn. c) “La captación de muestras de cenizas recién emitidas, con protocolos de recolección apropiados en frascos estériles, necesariamente secadas a temperaturas ambiente o a temperaturas no mayores de los 42°C y utilización de vestimenta adecuada. La realización de protocolos de cultivos en medios necesarios para la eventual tipificación de microorganismos bacterianos y fúngicos que puedan ser arrastrados por las cenizas volcánicas”.

En el campo ambiental: ¿Cómo es la composición química y pH inicial de las cenizas recién emitidas en ojos de agua y cómo se va modificando mes a mes durante el intemperismo”. **En el campo del estudio de la vulnerabilidad social-demográfica-económica:** a) “Estudios de las migraciones internas con realización de mediciones entre censos nacionales comparando con los censos agropecuarios regionales”. b) “Estudios demográficos por migraciones internas comparativas con otras erupciones explosivas con emisión de cenizas”. De utilidad en la localidad bajo estudio, puesto que se podrá ubicar con mayor rapidez a las personas adultas mayores, o con discapacidades motoras, visuales, entre otras en otros eventos naturales para el plan de contingencia. **En el campo de la agronomía y ecología** se podría analizar cómo la deposición de las cenizas afecta la fertilidad del suelo, los cultivos y la productividad agrícola. ¿Cómo se afecta la descomposición de la materia orgánica, por variación química o del pH entre el propio suelo y las cenizas? Investigar los efectos de las cenizas en los ecosistemas terrestres y

acuáticos, incluyendo la alteración de ciclos biogeoquímicos. ¿Cómo va variando químicamente, mes a mes, las cenizas expuestas al intemperismo?. Lo mismo que su morfología. Comparando también entre cenizas de diferentes volcanes. En el campo de la veterinaria en general. **En el campo de la ingeniería civil:** a) Se puede estudiar cómo las cenizas afectan a las infraestructuras (carreteras, edificios, sistemas de energía) y cómo diseñar estructuras más resistentes. b) También explorar otros potenciales de la utilización de cenizas volcánicas en sectores industriales, como en cerámicos, vidrio, como aditivos en la construcción en hormigón. Para filtrado de agua según la composición química que presenten las cenizas pueda captar arsénico.

ANEXO 3: Introducción a las Normativas Ambientales

Información de legislaciones referidas al ambiente y documentación provincial

Las normativas ambientales son un conjunto de regulaciones y principios destinados a proteger y preservar el medio ambiente que buscan equilibrar el desarrollo económico y social con la conservación de los recursos naturales, garantizando la sostenibilidad a largo plazo. En un contexto global donde los desafíos ambientales, como la contaminación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, se intensifican, las políticas y regulaciones ambientales juegan un papel clave en la gestión responsable de los recursos y en la promoción de prácticas sostenibles. A través de una normativa adecuada, se establecen los marcos legales que permiten el control y la mitigación de impactos negativos, asegurando la salud del planeta y el bienestar de las generaciones futuras.

Normativa ambiental (local, provincial, nacional)

En 1967 se creó el INTA Bariloche, y en 1972 el Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. (Murgida y Gentile, 2015. p. 208)

Cumbre de Río o Cumbre para la Tierra (1992), llevada a cabo del 3 al 14 de junio en Río de Janeiro. En ella, más de 170 países participantes acordaron adoptar el programa (Programa 21) con un enfoque de desarrollo que protegiera el medio ambiente, mientras se aseguraba el desarrollo económico y social. Desarrolla varias secciones relacionadas y enfocadas a las actividades rurales que tienen lugar en estrecho contacto con la naturaleza. Añade valor mediante la producción de recursos renovables. La conservación y gestión de los recursos para el desarrollo y fomento de la agricultura y del desarrollo rural sostenible. Al fortalecimiento del papel de las organizaciones no gubernamentales asociadas en la búsqueda de un desarrollo sostenible y la conservación de la diversidad biológica. También en sus párrafos estimulan la posibilidad de asociación y el diálogo entre las organizaciones no gubernamentales y las autoridades locales en actividades dirigidas a lograr un desarrollo sostenible.

En la legislación argentina se cuenta con la **Ley Nacional N° 25.675**, llamada Ley General de Ambiente, fue sancionada el 6 de noviembre de 2002. Está relacionada con el ordenamiento territorial y tiene el fin principal de brindar presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y política ambiental. En su ARTÍCULO 34, informa sobre la creación de un Fondo de Compensación Ambiental administrado por alguna autoridad competente de esa jurisdicción, destinado a la mitigación de efectos nocivos sobre el ambiente, a la atención de emergencias ambientales, a la protección, preservación, conservación o compensación de los sistemas ecológicos y el ambiente. Vale decir, un ambiente jurídicamente protegido con objetivos de preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, conservar la diversidad biológica y sobre todo fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión, organizar e integrar la información ambiental y asegurar el libre acceso de la población a la misma.

Otras leyes sancionadas y promulgadas frente a los efectos de las catástrofes de origen natural en el sector agropecuario, en el ámbito nacional son las leyes de Emergencia Agropecuaria de 1975, 21.130/75, su modificatoria 22.913/83. Otra ley, actualmente vigente es la 26.509/09, sancionada y promulgada en agosto del año 2009. (Calvo y Pereyra 2015, p.146 a 149), en su trabajo de compilación, mencionan que, en su artículo 5, las funciones de la Comisión Nacional de Emergencias y Desastres Agropecuarios, son de aplicación tanto a nivel nacional como provincial. Ante la presencia de diversos factores de carácter inevitables, o que no puedan ser previsibles como eventos climáticos, meteorológicos, telúricos, biológicos o físicos, que afecten la capacidad de producción y dificulten gravemente las actividades agrarias de una región debe tener la intervención del Estado en las obligaciones crediticias y fiscales.

Estos mismos autores señalan que, esta “legislación actual contempla la prevención, integrando medidas correctivas y prospectivas de gestión de riesgos”. Hacen referencia también a la asistencia económica de otorgamiento de créditos con una reducción del 25 % en sus intereses, mientras que en situaciones de desastre (referido a eventos de mayor magnitud), esta bonificación alcanza el 50 %. Para financiar los programas, proyectos y acciones propuestas en este Sistema Nacional, la ley creó el Fondo Nacional para la Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios (FONEDA) (**LEY 26.509/09, en su artículo 16**). La administración de dicho Fondo estará a cargo del Ministerio de Producción.

Consultando a (Murgida y Gentile, 2015. P 209) sobre la **Ley 25.422 del año 2003**, o ley ovina, propicia programas para la recuperación de la ganadería ovina a través de proyectos y líneas de crédito directo o aportes no reintegrables a productores organizados. “Esta ley permitió dar apoyo tecnológico para garantizar la conservación y la distribución de los recursos: agua, suelo, pasturas, y otros”. Se debe aclarar que no es una ley que se vincula específicamente con la gestión de Riesgo, “resulta en un indicador de percepción del riesgo en el marco de la atención de la vulnerabilidad social y de la gestión

intersectorial para reducirlo interviniendo sobre causas socionaturales”. Siguiendo a las mismas autoras comentan en vuestro trabajo un **decreto provincial 648 del año 2007**, comentando dentro de la historia de las diferentes normativas y leyes relacionadas con este sector. Hacia 2007 el estado provincial declaró la Emergencia Agropecuaria, pero en este caso hubo “episodios de lluvias torrenciales que provocaron inundaciones de magnitud y que volvieron a demostrar la debilidad del sistema de emergencias durante el alerta, la respuesta y la recuperación”. Murgida y Gentile, (2015).

“El Marco de Acción de Hyogo se concibió para dar un mayor impulso a la labor mundial en relación con el Marco Internacional de Acción del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales de 1989 y la Estrategia de Yokohama para un Mundo Más Seguro: Directrices para la prevención de los desastres naturales, la preparación para casos de desastre y la mitigación de sus efectos, adoptada en 1994, así como su Plan de Acción, y la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres de 1999” (P. 210)

Se celebró en Sendai, Miyagi (Japón), el 18 de marzo de 2015, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas). Es el instrumento sucesor del Marco de Acción de Hyogo de 2005-2015. Plantea en su Prioridad N° 4, que a Nivel Nacional y local se debe: “Preparar o examinar y actualizar periódicamente los planes, políticas y programas de preparación y contingencia para casos de desastre”. Reiteraron su compromiso de abordar la reducción del riesgo de desastres y el aumento de la resiliencia (Unisdir, 2015).

Actualmente la gestión del riesgo en Argentina se encuentra alineada con el Marco de Acción de Hyogo (2005-2015) y el Marco de Acción de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030). El Plan Nacional para la Reducción de Riesgo (PNRRD) está constituido por las políticas relacionadas con la gestión integral del riesgo. A su vez, dentro de este marco, la gestión del riesgo en Argentina se encuentra institucionalizado a través del Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR) que fue creado en octubre de 2016 tras la sanción de la Ley 27287.