



Foto 1. Imagen satelital de la pluma volcánica el 2 de mayo de 2008, con una orientación sur este (NASA).

## LOS EFECTOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS SOBRE LOS ECOSISTEMAS AGROPECUARIOS

Entre el 7 y 9 de mayo de 2008 un equipo del INIA Tamel Aike evaluó los efectos de la erupción del volcán Chaitén, en la provincia de Palena. Posteriormente se realizaron análisis de muestras de cenizas, suelos, aguas y forrajes, en laboratorios de INIA La Platina e INIA Tamel Aike.

**Christian Hepp K.**  
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
INIA Tamel Aike

Luego de 9.000 años de inactividad, el volcán Chaitén entró en erupción, afectando diversos sectores de la provincia de Palena y extensas áreas de la Patagonia Argentina. La pluma de cenizas volcánicas varió su orientación según los vientos predominantes, afectando a más de 650.000 ha de nuestro país y sobre 6 millones de hectáreas de la Patagonia en general.

La situación más crítica, por su cercanía al volcán (10 km), se vivió en la localidad de Chaitén, la que fue completamente evacuada y posteriormente afectada por lahares de barro y cenizas.

### Altura de depósitos

Los depósitos de cenizas presentaron variaciones en el transecto recorrido, con una mayor acumulación cercana a la localidad de Futaleufú. Los valores máximos medidos en un punto fueron de casi 9 cm. En la zona circundante a Futaleufú, las alturas más frecuentes eran entre 3 y 5cm (foto 2). En la zona más cercana al volcán, como Puerto Cárdenas, la capa de cenizas era inferior a 2 mm. Esta última localidad, aunque más cercana al volcán, está ubicada en una zona marginal de la pluma de emisión. En varios puntos se observó que las cenizas ya

depositadas eran levantadas por el viento, y re-depositadas en otros sectores (foto 3).

### Magnitud de los depósitos

Cada centímetro de altura de cenizas significa un volumen de 100 m<sup>3</sup>, con un peso total de aproximadamente 77 ton/ha en este caso. Si se considera un promedio teórico de 20-30 mm de cenizas depositadas por la pluma predominante (SE), a la fecha de muestreo (8 de mayo) había del orden de 70-105 millones de m<sup>3</sup> de material volcánico (54-81 millones de toneladas) sobre las 350.000 ha más afectadas de la provincia de Palena.

La gran mayoría de los suelos del sur de Chile y de la Patagonia se originaron de depósitos de cenizas volcánicas. La erupción del volcán Chaitén no es más que un nuevo, aunque pequeño, aporte a la génesis de esos suelos.

### Mineralogía y granulometría

El análisis mineralógico determinó la presencia de diferentes formas cristalinas de silicatos (cuarzo, cristobalita, albita, diquita y labradorita), solas o asociadas a otros componentes minerales, como calcio, sodio, magnesio y aluminio.

Las partículas de cenizas del Chaitén son finas, predominando las fracciones de limos y arcillas (partículas de diámetro <0,05 mm), con un promedio de 62%. El 38% restante corresponde a la clase de arenas finas. Estas cenizas son de textura franco-limosa, en contraste al suelo subyacente, cuya textura es franca, con mayor proporción de arena, inferior cantidad

de limos y tamaños similar en arcillas. Al producirse la incorporación de las cenizas al suelo, y dependiendo de la magnitud del depósito, podría esperarse algunas alteraciones en la textura natural del suelo.

Para lograr la recuperación rápida de suelos arables las cenizas pueden ser incorporadas con labores culturales. Sin embargo, en esta zona predominan los valles angostos con suelos de topografía de gran pendiente, en los cuales la ceniza deberá quedar expuesta a los efectos del viento y lluvia. Por lo tanto, su velocidad de recuperación dependerá de la magnitud del depósito. Por ejemplo, con alturas de 3 a 5 cm puede llevar varios años, mientras que alturas mayores pueden significar una pérdida productiva de los suelos por un lapso considerable, atendiendo la lentitud de los procesos de formación de suelos.

### Calidad de aguas

El análisis de varias muestras de cursos de agua indicó un pH cercano a neutro (promedio 7,2), con bajo nivel de sulfatos (4,3 mg/l), bastante menor que el máximo aceptado por la norma de agua potable. Los sólidos disueltos y cloruros son igualmente muy bajos (88,3 mg/l y 0,08 mg/l en promedio), en comparación con los límites máximos aceptados por dicha norma. La conductividad eléctrica del agua, en todos los casos, es muy baja, indicativa de baja concentración de iones. Los niveles de flúor y arsénico disueltos, además de elementos trazas metálicos, están bajo los niveles detectables, lo que revela que no hay riesgo respecto de estos elementos. En re-



Foto 2. Depósito de altura aproximada 5 cm de cenizas volcánicas sobre una pradera del sector de Futaleufú.



Foto 3. Cenizas volcánicas levantadas por el viento y re-depositadas. Valle Futaleufú.

sumen, las aguas analizadas no presentaron limitaciones para uso como agua de bebida ni para riego.

### Cenizas volcánicas y suelos

**Acidez:** las cenizas del volcán Chaitén son ligeramente ácidas a neutras (promedio pH 6,78), algo superior a los suelos de Futaleufú (pH 6,3). En zonas más cercanas a Chaitén, con mayor pluviometría, los niveles normales de pH son más cercanos a 5 (fuertemente ácidos), por lo que la mezcla con estas cenizas debiera tender a llevar el suelo superficial a niveles menos ácidos. Ello puede tener efectos positivos si, paralelamente, se logra recuperar las pra-

deras, donde la capa de cenizas depositadas no sea excesiva.

**Flúor y arsénico:** las cenizas muestran una concentración de arsénico similar a la observada en el suelo subyacente (4,4 mg/kg en cenizas vs 5,1 mg/kg en los primeros 10 cm de suelo) y superior al nivel total encontrado en muestras del volcán Llaima, en su erupción de enero de 2008 (promedio de 0,98 mg/kg). En la zona de Palena los suelos parecen tener en forma natural niveles superiores de arsénico total, por lo que las cenizas caídas no alterarán esta situación.

En cuanto a flúor soluble en agua, las cenizas presentan niveles bajos, cercanos al límite de detec-



ción, y muy similares a los encontrados en los suelos del sector (14,3 mg F/kg). Ello permite cierta tranquilidad en relación a este elemento, al encontrarse en niveles muy bajos y normales. En cenizas de los volcanes Llaima y primera erupción del Hudson se encontraron niveles superiores (promedio de 62,7 y 496,4 mg/kg, respectivamente).

**Elementos trazas metálicos:** los niveles de cobre, plomo, zinc, hierro, manganeso y níquel totales son significativamente inferiores en las cenizas volcánicas que en el suelo subyacente. En el caso de cadmio son, en general, similares o menores a los encontrados en el suelo. El cromo y molibdeno están bajo los límites de detección, y son inferiores o similares a los encontrados en el suelo, respectivamente.

Hasta la fecha de muestreo (9 mayo 2008), el volcán Chaitén estaba expulsando cenizas notablemente más pobres en plomo, cobre, zinc, y similares en concentración de cadmio a aquellas del Llaima (Minagri, 2008). Las del Hudson fueron más ricas en zinc, pero similares en plomo, cobre y cadmio con respecto a las del Chaitén (Hepp, Ruiz y Besoain, 1991).

**Minerales totales:** las cenizas tienen niveles más bajos que los suelos en cuanto a contenidos totales de fósforo, azufre, calcio, magnesio y aluminio, y algo más concentración total de potasio y sodio.

### Perspectiva de fertilidad de suelos

Además de la composición de minerales totales de los suelos, es

## De acuerdo a los valores obtenidos en análisis de cenizas, suelos y aguas, no es esperable encontrar situaciones potencialmente riesgosas en los forrajes de la zona por efecto de la erupción del Chaitén.

interesante analizar las cenizas en términos de los eventuales aportes a la fertilidad, es decir, la disponibilidad de nutrientes presentes en las cenizas volcánicas.

**Macronutrientes:** el nivel promedio de fósforo (1 mg/kg) y potasio (32 mg/kg) disponible en cenizas es muy bajo, y muy inferior a lo encontrado en el suelo, por lo que la adición de cenizas no aporta a su fertilidad; más bien lo empobrece. Hay un aporte de azufre, ya que las cenizas son más ricas en este elemento (21 mg/kg en promedio). No obstante, dado que el aporte es en forma de sulfato (soluble), éste puede perderse en profundidad por efecto de la alta pluviometría. En la erupción del volcán Hudson las cenizas fueron mucho más ricas en azufre, llegando a valores promedio de 1.629 mg/kg (Hepp, Ruiz y Besoain, 1991). Los niveles de bases de intercambio detectados en cenizas fueron muy bajos.

**Micronutrientes:** en hierro, zinc y cobre, el suelo supera en hasta diez veces a las cenizas. No así el manganeso, el cual tiene una concentración promedio mayor en las cenizas (2,6 mg/kg) que en el suelo (1,7 mg/kg). Muy distinto es el caso de boro, cuya concentración es hasta seis veces más que en el suelo, donde es limitante.

### Análisis de forrajes

De acuerdo a los valores obtenidos en análisis de cenizas, suelos y aguas, no es esperable encontrar situaciones potencialmente riesgosas en los forrajes de la zona por efecto de la erupción del Chaitén.

En muestras de forraje tomadas en la zona afectada se encontraron concentraciones de flúor en un rango de 4,5 a 8 mg/kg, en praderas y follaje de quila (recurso de ramoneo habitual de la zona). Los niveles señalados, muy cercanos o bajo los límites de detección, son muy similares a los encontrados en forma natural en los suelos subyacentes y pueden considerarse normales e inferiores a los medidos en otras erupciones. Por ejemplo, en la erupción del volcán Hudson, el contenido de flúor en forrajes fluctuó entre 35 y 114 mg/kg, mientras que en la erupción del Llaima se reportaron niveles de 3 a 15 mg F/kg de forraje.

Los problemas potenciales para la producción animal están probablemente más relacionados con la ingesta o respiración de material particulado en cantidades significativas. Este material, según su composición mineralógica, tiene componentes abrasivos que pueden causar un efecto negativo en los animales al estar

expuestos en forma prolongada a tales condiciones. Es probable que se les acumule ceniza en partes del sistema digestivo y lleve a problemas de tipo crónico y acumulativo, más que muertes por respuestas agudas, como se comprobó durante la erupción del volcán Hudson. De acuerdo a estos antecedentes, es aconsejable no exponer a los animales a las cenizas, darles forraje limpio y, eventualmente, evacuarlos hacia zonas menos afectadas.

### Conclusiones

En general, las cenizas analizadas corresponden a material inerte, con baja concentración de elementos nutritivos disponibles. Son más pobres que el suelo subyacente y, por lo tanto, no representan un aporte nutricional en el corto plazo. Por el contrario, al mezclarse tienden a diluir la concentración de nutrientes del suelo. La excepción podría ser el azufre y el boro disponibles, que significan un pequeño aporte.

La magnitud de los efectos dependerá directamente de la altura de cenizas (cantidad por unidad de superficie). Este es un factor central a la hora de estimar la factibilidad de recuperación de cada sector.

El INIA, en su Centro Regional de Investigación Tamei Aike, desarrollará algunos experimentos que se extenderán en el tiempo, de modo de evaluar la dinámica de cenizas y los efectos de diferentes alturas de ceniza sobre la recuperación de praderas. Asimismo, se visitará nuevamente la zona para evaluar la evolución del proceso. 