

COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

El 4 de junio de 2011, a las 14:45, el volcán Puyehue-Cordón Caulle entró en erupción. Sus efectos se hicieron sentir en una amplia superficie de la Patagonia Norte, desde la cordillera a la estepa. Las cenizas continuaron su viaje y dieron la vuelta al mundo, afectando el tráfico aéreo de lugares tan diferentes como Buenos Aires o Sydney. Representantes de las instituciones científicas con sede en Bariloche, el Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Centro Atómico Bariloche (CAB), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Asociación de Parques Nacionales (APN), así como representantes del Hospital Ramón Carrillo y de la Municipalidad de San Carlos de Bariloche, se reunieron para tratar de contribuir al entendimiento del fenómeno y conformaron el Programa de Emergencia Volcánica (PROEVO). En esta sección presentamos primero un resumen de la charla organizada por el comité de seguridad de INIBIOMA y presentada por el Dr. Gustavo Villarosa, en el CRUB en junio de 2011, y a continuación una selección de fotos del evento y sus consecuencias en la zona de Bariloche.

Charla de Gustavo Villarosa: Los fenómenos volcánicos en Patagonia Norte

¿Qué hacemos durante la emergencia de cenizas? ¿Qué es lo que se espera para los próximos días?

El objetivo de esta charla es hacer una especie de visita a vuelo de pájaro sobre el evento y sobre todo lo que está relacionado con este fenómeno volcánico, básicamente explosivo. Y tratar de responder las preguntas que últimamente trascendieron a través de los medios.

Los temas que más nos preocupan tienen que ver con algo muy general que es entender el fenómeno, conocer qué peligros vienen asociados a este tipo de erupciones y cómo nos van a afectar. También queremos mostrarles qué datos tenemos quienes estudiamos estos volcanes, y cómo nos van a ayudar a entender y predecir un poquito mejor qué es lo que nos va a pasar. Y por último y lo más importante, qué podemos hacer. Yo voy a intentar acercar algunas ideas, pero es evidente que no tenemos la última palabra: acá está la responsabilidad de quienes tienen una visión más

global de la cuestión, que nos tienen que decir cómo proceder.

Pensé que era bastante honesto y conveniente que basara esta charla en las que dábamos antes de esta erupción, incluso antes de la del volcán Chaitén (en mayo de 2008), dentro de un proyecto de extensión de la Universidad Nacional del Comahue (ver *Desde la Patagonia, difundiendo saberes*, 5(7): Caída de ceniza volcánica en Bariloche y alrededores. ¿Qué debemos saber?). Y me parece interesante el ejercicio de ver que estas cosas no surgen de la emergencia, sino que eran cosas de alguna manera perfectamente previsibles. Ya en ese momento nos preguntábamos cuál era (y es) el desafío que tenemos por delante y a partir del trabajo con el grupo (de investigación) y con la gente de Defensa Civil, bomberos e instituciones diversas, nos parecía que lo más peligroso era una falsa percepción de que estamos en una zona donde no hay peligrosidad volcánica. Ese proyecto apuntaba a cambiar esa percepción.

¿Por qué se produce el volcanismo?

Básicamente el volcanismo terrestre se relaciona con la situación tectónica. Hemos escuchado mucho sobre las placas tectónicas después de los terremotos importantes ocurridos recientemente en Chile, y que nosotros hemos sentido por acá. Para decirlo rápidamente, hay placas continentales y oceánicas y esas placas están en movimiento. En algunos lugares se

Gustavo Villarosa

Dr. en Geología, Univ. de Buenos Aires, Argentina.
Grupo Gea, INIBIOMA CONICET y Universidad
Nacional del Comahue Argentina.
villarosag@comahue-conicet.gob.ar

separan unas de otras y en otros convergen y chocan entre ellas.

Donde esas placas chocan se concentra la sismicidad de la Tierra y se producen los fenómenos volcánicos. ¿Cuál sería nuestra situación en Bariloche? Bueno, el margen de placa que nosotros habitamos es un lugar donde la placa Pacífica y la de Nazca pasan por debajo de la placa Sudamericana (subducción) y se genera una presión sobre la placa continental. Parte del material que se hunde se funde, porque la temperatura aumenta a medida que vamos hacia el interior de la corteza de la tierra, y ese material fundido, llamado magma, es el que alimenta los volcanes; es el que sale a la superficie durante las erupciones y que conocemos como *lava*. En particular hay diversos tipos de erupciones: la que hoy nos convoca es la que llamamos *volcanismo explosivo*, que no es una efusión tranquila de magma que sale por el cráter del volcán y corre sobre la superficie, sino algo distinto. Debajo del volcán está lo que llamamos *cámara magmática*, un reservorio de magma donde se concentra el magma con gran cantidad de gases disueltos. Es como si fuera una botella de champagne (o gaseosa) cuando está tapada; nosotros sabemos que tiene gases porque cuando la abrimos salen burbujas, pero cuando está tapada y a presión, los gases están disueltos en el líquido. En la medida en que se destape el conducto volcánico, ese gas se exsuelve (lo contrario de disuelve), se forman burbujas, el volumen aumenta muy rápidamente y entonces se produce una emisión de material a través del conducto y lo que nosotros los vulcanólogos llamamos *fragmentación*. Las burbujas en expansión rompen en pedacitos ese magma que está saliendo por el conducto, y esos pedacitos son emitidos a la atmósfera a velocidad supersónica, enfriándose en el trayecto. Dependiendo de la energía de la erupción, la altura de la columna puede ser de algunas decenas de metros a varios kilómetros. En el caso del

Puyehue-Cordón Caulle, al principio, la altura del techo de la columna fue de 12.500 metros. A partir de esta columna eruptiva tenemos lo que se llama nube volcánica o pluma: hay un nivel de la atmósfera, generalmente en la estratósfera, donde esta emisión de material se detiene, no puede ascender más y empieza a viajar horizontalmente. Ahí se produce el transporte de ese material que llamamos *piroclastos*. Son pedacitos de magma fragmentado que empiezan a viajar horizontalmente, impulsados por el viento, y van decantando y cayendo; los más pesados caen cerca del volcán, mientras que los más livianos pueden llegar a miles de kilómetros de éste.

En general las erupciones explosivas producen estas partículas muy porosas, formadas por la espuma de un gas en un líquido que se enfría rápidamente y que llamamos *pómez*. Esos fragmentos de pómez tienen distintos tamaños de acuerdo con la fragmentación que ocurre en el volcán. Simplificando, se podrían clasificar así: los fragmentos grandes que caen cerca del volcán son las *bombas volcánicas* y son fragmentos de decenas de centímetros; los medianos, que hemos visto en el lago y que cayeron directamente en Villa la Angostura, son de algunos milímetros a 4 ó 5 centímetros y los llamamos *lapilli*; y los más finitos serían *cenizas*. A veces, para generalizar, llamamos a todos cenizas, pero si vemos estas cenizas en un microscopio electrónico podemos sacar microfotografías, donde se ve la estructura porosa de la pómez. También se puede observar que es un material muy fino y áspero, con formas muy agudas; por eso existe preocupación cuando pensamos que entran a los pulmones.

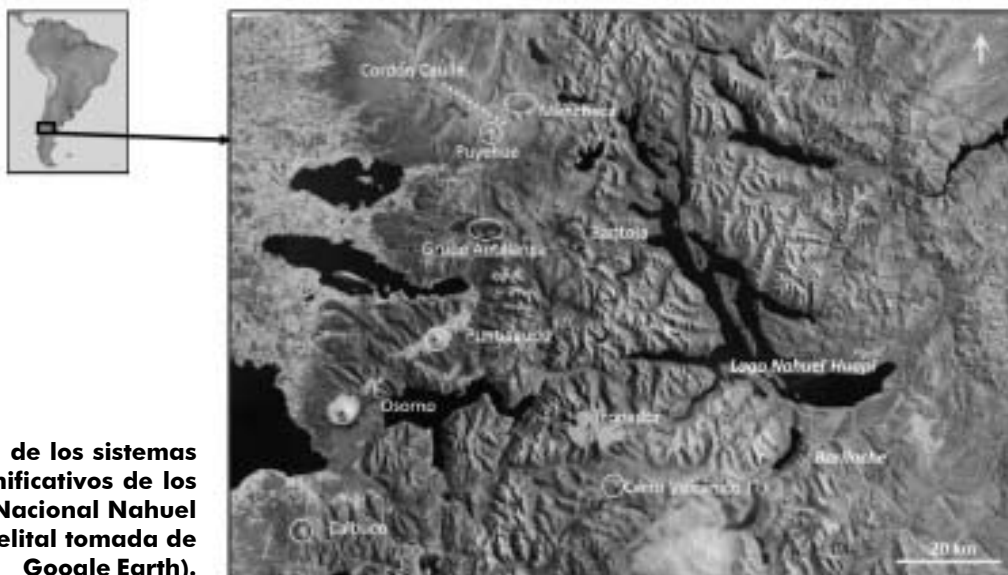


Figura 1: Localización de los sistemas volcánicos activos significativos de los alrededores del Parque Nacional Nahuel Huapi (sobre imagen satelital tomada de Google Earth).

DESDE LA PATAGONIA

Peligros volcánicos: cerca del volcán

Para repararlos muy rápidamente los peligros volcánicos a partir de una erupción cualquiera, son:

- *Proyección de bombas y escoria.* Esto nos tiene que preocupar sólo si estamos muy cerca del volcán agregar cuánto; las bombas son fragmentos muy grandes y, a diferencia de la ceniza, no viajan grandes distancias por la atmósfera.

- *Las lavas y los domos.* En general tienen alcance local, en las proximidades del volcán. Los domos son lavas muy densas como las que emitió el volcán Chaitén en 2008.

- *Oleadas, flujos piroclásticos.* El mejor ejemplo son las poblaciones romanas de Pompeya y Herculano. Estos poblados, ubicados al pie del Vesubio, quedaron tapados en el siglo I de nuestra era. Son avalanchas de material piroclástico, incandescente, que baja por las laderas del volcán. Son terriblemente destructivas, pero el ámbito donde nos preocupan es la proximidad del volcán. A veces alcanzan distancias importantes, pero son controlados por el relieve. En nuestro caso la parte más alta de la cordillera pone límite a este tipo de fenómenos, que ya se han registrado en esta erupción.

- *Colapso total o parcial de edificios volcánicos.* Esto ocurre exclusivamente en el entorno del volcán.

- *Deslizamiento de laderas.* Igual al caso anterior.

- *Gases.* Esto lo escuchamos mucho en estos días, había preocupación en varios lugares. Los gases pueden ser problemáticos, pero nuevamente en el entorno del volcán. Si uno vive a 5 ó 10 kilómetros del volcán hay que monitorearlos, pero viviendo a 50 ó 100 kilómetros, no es un problema de consideración.

- *Ondas de choque.* Algo de esto se vio aquí el día de la erupción: vibraciones de vidrios, explosiones, ruidos muy graves que la gente decía que venían de adentro de la tierra y que se escucharon, por lo menos hasta en Aluminé, relacionándolos con los sismos. Bueno, no es así. Tienen que ver con ondas de choque producidas a partir de las explosiones en el volcán, que pueden viajar muchísimos kilómetros. No tienen efecto destructivo si uno no está demasiado cerca, por lo tanto no nos preocupan.

- *Terremotos y temblores volcánicos.* Aquí hay muchísima confusión, por lo que voy a intentar simplificarlo. Los sismos pueden dividirse en dos categorías: sismos de origen tectónico y sismos de origen volcánico. Los de origen tectónico son los que vimos en Chile en el último año. Aquí llegaron a sentirse, aunque en Bariloche no estamos en la zona de peligrosidad sísmica más alta, estamos en zona de sismicidad me-

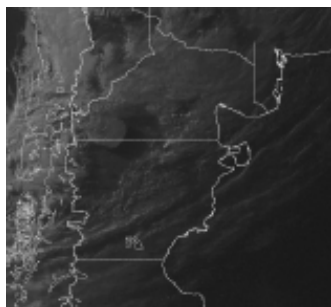
dia. No tienen relación directa con los sismos volcánicos, que se producen cuando el magma se mueve en el interior de la corteza, fragmenta y rompe las rocas. Esas rupturas provocan vibraciones que en definitiva son las ondas sísmicas que se transmiten en el entorno del volcán. Pueden ser perceptibles, pero un sismo volcánico no va a llegar a un grado ocho o nueve, como sucedió en los sismos de Chile. Nunca son muy destructivos y sólo son perceptibles en el entorno próximo al volcán. Tampoco tenemos que preocuparnos por esto.

- *Deformación del terreno.* Los volcanes se cargan de magma; lo que hace el terreno, de alguna manera, es inflarse. Cuando ocurre la erupción, el terreno se desinfla, quedando deformaciones. En algunos casos, es *Variaciones del sistema geotérmico y acuífero.* Si no tenemos aguas termales cerca, no tenemos que preocuparnos.

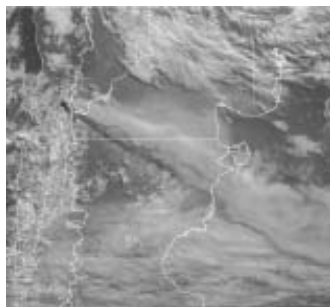
- *Inyección de aerosoles en la estratósfera.* Esto tiene que ver con los gases que emiten las erupciones volcánicas y que pueden tener efecto fundamentalmente sobre el clima, siendo obviamente de escala global. Ha habido erupciones históricas muy grandes que han tenido efectos complicados, como la del volcán Tambora (en Indonesia) de 1815, que produjo un enfriamiento en el Hemisferio Norte, que se conoció como el "año sin verano": bajó mucho la temperatura global y hubo problemas con las cosechas en 1816. No esperamos que en un evento como este pueda pasar algo así.

- *Lahares:* el SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería chileno que monitorea los volcanes) viene alertando respecto de los lahares secundarios. Cuando hay mucha emisión de material piroclástico que se va acumulando, sobre todo en las laderas del volcán, y estamos en un lugar (como éste) donde hay acumulación de nieve, precipitaciones importantes o lagos en la cumbre del volcán, suele ocurrir que el derretimiento de la nieve, lluvias abundantes o la ruptura de los lagos pueden poner en movimiento buena parte del material que está en las pendientes. Todo este material baja por las quebradas en forma abrupta y veloz junto con el agua, pudiendo producir daños graves. Hay un cierto nivel de preocupación para vigilar estos ambientes de quebradas y valles angostos, porque puede haber fenómenos de este tipo que son destructivos a escala local. En Bariloche, yo diría que no tienen que ser factor de preocupación, porque la cantidad de material que hay depositado no es suficiente para que, si ocurre alguno de estos fenómenos, sea realmente destructivo. Puede haber complicacio-

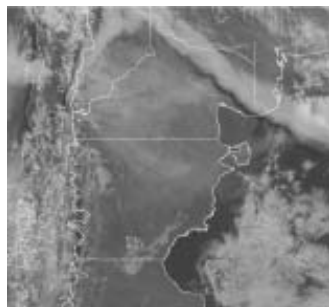
4 de junio



5 de junio



6 de junio



7 de junio

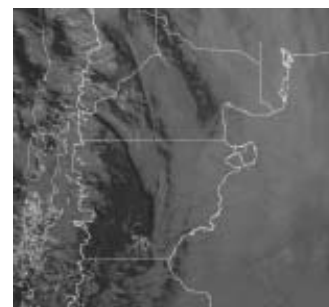


Figura 2: Imágenes satelitales de la Patagonia donde se aprecia el volcán y la dispersión de la pluma de cenizas. Las imágenes son del GOES-Servicio Meteorológico Nacional (www.smn.gov.ar), tomadas desde el 4 al 7 de junio de 2011.

nes, como que se tapen las alcantarillas de las rutas, que sólo con mantenimiento se solucionan. Distinta es la situación de los pobladores de las cercanías del volcán e incluso de algunos cursos de agua en el Parque Nacional Nahuel Huapi. Esto se está monitoreando; en Villa la Angostura, personal del Ejército, de Defensa Civil y de Parques Nacionales está monitoreando los arroyos para anticiparse a posibles inconvenientes. En Bariloche considero que esto no es un problema.

Y más lejos del volcán: las cenizas

Vimos que a partir de una columna eruptiva, se comienza a desarrollar una pluma y se produce la caída de ceniza. En función de la magnitud de la erupción y de la distancia a la que uno esté del volcán, sus efectos pueden ser devastadores o no. En los lugares donde el espesor de ceniza depositada es muy importante, hay casos de viviendas tapadas por un metro o más de cenizas, y calles que se convierten en ríos porque, al taparse los drenajes, el agua corre buscando otro cauce, para mencionar algunos ejemplos.

En Bariloche seguiremos viendo las complicaciones que produce el material fino que se encuentra en todas partes, provocando poca visibilidad, irritación y rotura de equipos electrónicos, entre otras consecuencias. Los daños en techos por sobrecarga se han visto en lugares donde las viviendas eran precarias o estaban en malas condiciones, o en lugares donde la caída de ceniza fue más importante que en Bariloche, donde hemos tenido entre 4 y 5 centímetros.

Los efectos de la caída directa serían:

- *Daños a edificios, colapsos de techos.* Dependiendo del tipo de ceniza, de su porosidad, composición y grado de compactación, y de que haya llovido o no, la ceniza puede llegar a crear una sobrecarga de alrededor de 30 kg/m² a los techos. No es el caso de la ceniza caída en Bariloche, donde la densidad de la

ceniza húmeda es de alrededor de 1 g/cm³, siendo la densidad de la ceniza seca bastante menor.

- *Trastornos en la aeronavegación* por causa de las cenizas en suspensión y en la navegación lacustre también, debido a las cenizas que flotan en la superficie.

- *Interrupciones en las comunicaciones*, por caída de cables e interferencias. Esto se ha visto en las comunicaciones de celulares durante los primeros días posteriores a la erupción, pero no fue grave.

- *Suministro de energía.* La ceniza se adhiere a los aislantes; entonces cuando llueve, algunas de las sustancias hidrosolubles adheridas a la superficie de las partículas tornan conductores a los aislantes y se producen cortocircuitos, con complicaciones serias en la generación y distribución de la energía. Para evitar esto es necesario llevar a cabo programas de limpieza de aislantes.

- *Provisión de agua.* La turbidez del agua dificulta el tratamiento de potabilización. La ceniza en suspensión, además, resulta abrasiva para las bombas. Si no tenemos cuidado de no introducir cantidades importantes de material en suspensión en las redes de distribución, pueden taparse cañerías, dañarse llaves, etc. En ocasiones las cenizas contienen sustancias hidrosolubles que pueden contaminar cuerpos de agua pequeños o pasturas.

- *Trastornos de tránsito vehicular.* Quienes han querido entrar o salir de Bariloche, han visto que las rutas presentan complicaciones, básicamente por la bajísima visibilidad. Cuando nos cruzamos con un auto a alta velocidad, la ceniza que levanta queda suspendida, dificultando enormemente la visión.

- *Trastornos en actividades agrícolas y ganaderas.* Teniendo en cuenta la cantidad de ceniza depositada y la situación de los cultivos en función de la temporada, si los campos se cubren totalmente de cenizas, es

DESDE LA PATAGONIA

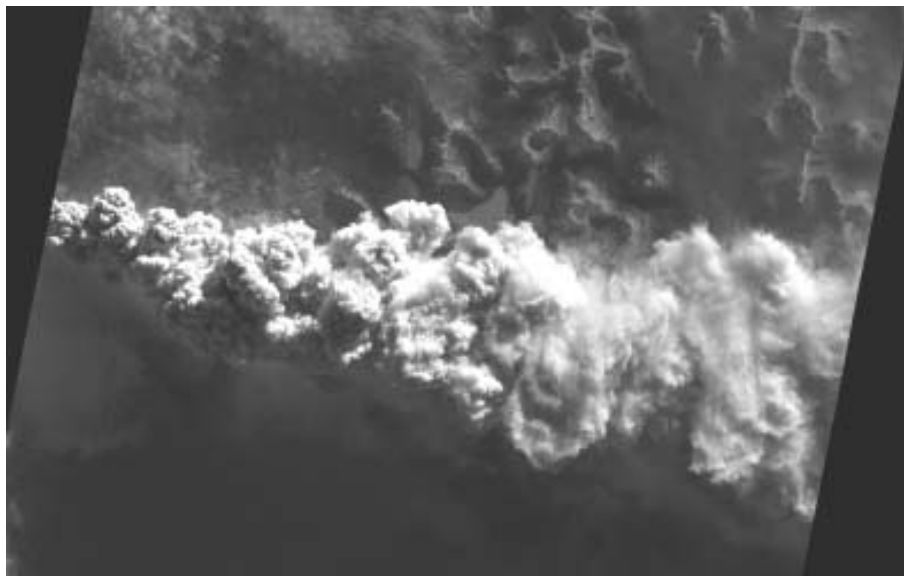


Figura 3: Imagen satelital de la pluma tomada el 14 de junio de 2011. Se observa una isla de pómez en un lago al este de Puyehue. Imagen del NASA Earth Observatory, J. Allen y R. Simmon, con datos del satélite EO-1-ALI.

pluviales se producirán oclusiones, desbordes e inundaciones en áreas urbanas.

- *Incendios.* Con respecto a este tema, tuvimos suerte. Esta erupción se produjo en temporada de lluvias, por tal razón, no se generaron incendios en el Parque Nacional ni a partir de los rayos ni de los fragmentos volcánicos incandescentes caídos en las cercanías del volcán.

- *Plantas de tratamiento de efluentes.* La cantidad de material que entra en suspensión complica mucho el proceso. Se pueden saturar los reactores y podría complicarse o interrumpirse el proceso biológico de depuración.

- *Efectos psicológicos,* de los cuales yo no les puedo hablar, pero que son importantes y hay que tenerlos en cuenta

- *Impacto económico.* Me parece que todos tenemos una idea de qué se trata.

La situación de Bariloche

Se muestra la ubicación de Bariloche, al este del arco volcánico activo.

En Bariloche nos encontramos a unos 60 kilómetros del arco volcánico activo, ubicado al oeste de la cordillera, con algunas consecuencias favorables y otras desfavorables. En la Figura 1 se ven los volcanes que están en el área de influencia de Bariloche. Esta influencia se debe a una cuestión de circulación atmosférica: los vientos dominantes del oeste nos traen los materiales volcánicos enviados a la atmósfera. Hablaremos un poco de ellos a continuación.

Uno de los criterios más usados para considerar que un volcán está activo es que haya registrado actividad eruptiva en los últimos 10.000 años; activo no quiere decir que el volcán esté en erupción constante, sino que puede volver a hacer erupción. También suele considerarse que un volcán es activo cuando registra actividad *histórica*, pero dado que los registros en algunas regiones del mundo son bastante breves (como en nuestra región) este criterio no parece ser el más adecuado. El Complejo Volcánico Puyehue-Cordón

posible perder los cultivos. Lo mismo vale para las pasturas, complicándose el acceso de los animales al alimento. Hay efectos concretos y puntuales en la Patagonia que fueron muy bien descritos luego de la erupción del Hudson en 1991, especialmente sobre lo que le pasa a los animales que comen o buscan alimentos entre las cenizas: desgaste de dientes, taponamiento del aparato gastrointestinal, algunos casos de contaminación, sobrepeso por carga de ceniza en la lana (ovejas que se caen y no pueden incorporarse). Todo esto está descrito en detalle.

- *Salud humana.* Algo nos habló el Ing. Mendizábal, especialista en higiene (en charla previa). Sobre todo para los pacientes respiratorios, la ceniza puede generar complicaciones. Las instituciones de salud pública deben decirnos qué hacer en cada caso y evaluar las recomendaciones pertinentes.

- *Red de drenaje y represas.* Por modificaciones en las redes de drenaje superficiales, las aguas comienzan a circular por donde pueden; los cauces naturales muchas veces se taponan y pueden desbordar. El agua se pone turbia porque transporta mucho material en suspensión. Hay un aumento significativo en la tasa de sedimentación en lagos y embalses. Esto trae complicaciones en la generación de energía eléctrica, además del efecto abrasivo sobre las turbinas que pueda tener este material.

- *Equipos de emergencia, motores a explosión.* Si están trabajando al aire, se tapan los filtros, y si este material ingresa al motor, se produce desgaste. Hay complicaciones con todos los equipos a explosión.

- *Problemas en los desagües.* Si ingresan cantidades importantes de este material en los sistemas

Caulle (CVPCC) denominación formal de este conjunto de aparatos volcánicos, se ubica en el contexto de una zona volcánica llamada Zona Volcánica Sur (ver Figura 1). En sus cercanías tenemos el *volcán Pantoja*, al cual se asocia un cono volcánico con actividad post glacial.

Al sur tenemos el Grupo Antillanca, formado por un conjunto de volcanes de distintas características, que está al sur del CVPCC.

El Puntigudo-Cordón Cenizos es un sistema volcánico constituido por varios aparatos volcánicos alineados en dirección SO-NE, también activos.

El Osorno, es un volcán activo con actividad histórica. El Calbuco, lo mismo.

El Tronador no debe ser considerado activo. Sin embargo, sí hay un volcán activo cercano, el Cerro Volcánico, un cono piroclástico que aparentemente es post glacial. Entonces podría haber algún tipo de actividad, no específicamente en el Tronador, pero sí en el entorno.

Viendo en detalle el CVPCC, encontramos un conjunto de volcanes agrupados, es decir, un sistema volcánico asociado que se ubica a lo largo de sistemas de fracturas en la corteza que posibilitan el ascenso y erupción de magmas y que se puede subdividir en tres subconjuntos. El que está hacia el norte (en el mapa presentado en la Figura 1) se llama Grupo Carrán-Los Venados. Se trata de una serie de aparatos volcánicos pequeños. Más al sur se alinea una serie de coladas, cráteres y pequeños conos que han estado activos en tiempos históricos. Eso es lo que llamamos el Cordón Caulle (CC). En el extremo Este de esta alineación se encuentra el aparato más visible, el Puyehue, que es un estratovolcán. La erupción actual es en el sector Este del CC, apenas al norte del Volcán Puyehue. El CC hizo erupción en tiempos históricos, en 1960, 1921-22 y otras menores menos conocidas. Al sur está el volcán Puyehue que no tiene erupciones desde hace unos 1.500 a 2.300 años atrás.

¿Cómo evaluamos la actividad del volcán?

Cada volcán tiene un carácter, una personalidad; entonces, para poder predecir lo que va a ocurrir más allá de los monitoreos que se hacen (y que no se hacen desde hace mucho acá), hay que tener conocimientos acerca de ese sistema, de cómo actuó en el pasado, y en función de eso se puede hacer algún tipo de pronóstico. Una cuestión práctica que nos tiene que traer tranquilidad es que todos los que han ido al paso Puyehue han visto en los cortes del camino franjas de distintos colores que son niveles piroclásticos, llama-

dos *tefras*, producidas en gran medida por el mismo complejo volcánico a lo largo de los últimos 10.000 ó 15.000 años, que alternan con niveles de suelo. Hay alternancia de tefras oscuras y claras con suelos antiguos enterrados, hasta llegar al suelo que está funcionando actualmente. ¿Qué quiere decir esto? El sistema hace miles de años que viene funcionando así, con caídas de tefra como la que vemos ahora, que después se convierten, al menos parcialmente, en un suelo que se desarrolla por encima de los depósitos volcánicos. Esto nos tiene que servir para entender cuál es el efecto en el ambiente. Yo me resisto a llamarlo desastre ambiental aunque pueda llegar a ser un desastre para nosotros, porque hay desastre económico y una serie de efectos complicados. Pero desde el punto de vista del ecosistema me parece muy precipitado llamarlo desastre, porque nuestro sistema está perfectamente adaptado a esta sucesión de eventos.

Entonces, ¿qué datos tenemos?

Los registros en superficie, es decir, los eventos registrados en la superficie de este sistema volcánico, nos sirven para tratar de determinar qué volcanes tuvieron actividad, cuándo, en qué períodos y demás cuestiones; al menos durante el último millón de años venimos teniendo procesos de este tipo en la zona.

Los sedimentos lacustres son excelentes archivos porque registran casi todo lo que ocurre en la cuenca; por medio de ellos podemos identificar y caracterizar los niveles de cenizas volcánicas. A través de estos registros vemos que hubo al menos 43 eventos significativos de caídas de tefra (con espesores mayores a 1 centímetro en el registro compactado) en estos últimos 10.000 a 15.000 años solamente. Si contamos los depósitos de escala milimétrica y las microfrazas (compuestas por partículas sólo visibles en un microscopio) la frecuencia aumentará varias veces. O sea que la tasa de recurrencia de estos episodios es realmente significativa en nuestra región.

También quiero mencionar que desde el punto de vista geológico los análisis de las cenizas caídas que circulan estos días son iguales a los análisis de elementos mayoritarios realizados para erupciones anteriores conocidas de este volcán. En las cenizas, además de los elementos mayoritarios, hay gran cantidad de elementos en cantidades muy bajas, válidas para cualquier material geológico, incluidas las cenizas volcánicas. Como ejemplo tomemos datos de cloro. Hay entre 0.18 y 0.20 % de cloro en la composición de los productos volcánicos antiguos y los datos tomados hasta ahora en esta erupción dan valores similares.

DESDE LA PATAGONIA

Foto: Gustavo Villarosa.



Figura 4: Colapso del techo del quiosco de la Aduana argentina por sobrecarga de ceniza y nieve, en el paso fronterizo Cardenal Samoré. Junio de 2011.

que nos tendría que resultar familiar. Lo que observamos ahora, si salimos a caminar por la zona, es que los ríos se han enturbiado, el lago también, hay cenizas depositadas en el suelo, en la vegetación, los animales están sufriendo bastante, y se producen cosas como el derrumbe de alguna edificación. En el paso fronterizo con Chile, por ejemplo, donde cayeron cerca de 30 centímetros de cenizas, sucedió lo que muestra la foto de la Figura 4.

Una forma de monitorear estos fenómenos es a través de *imágenes satelitales*. Las autoridades encargadas de los alertas para actividades de aeronavegación (VAAC Buenos Aires) lo hacen y cuando ven que las plumas o nubes de cenizas están atravesando el continente, obviamente no puede haber vuelos que vengán del norte hacia el sur; acá sí estamos a disposición de lo que determina el volcán y la meteorología.

¿Qué podemos hacer en ocasiones como ésta?

Podemos operar básicamente sobre la vulnerabilidad, y esto hay que hacerlo antes de que ocurra el fenómeno, y sobre la capacidad que tengamos para reaccionar. Tenemos que tratar de que el evento nos afecte lo menos posible, conociendo lo que puede pasar y fortaleciendo nuestra capacidad de resistir o de resolver los problemas que la erupción nos propone. ¿Como debería ser un sistema, perfectamente desarrollado, de gestión de riesgo? Deberíamos partir del conocimiento detallado del volcán y su historia, de éste y de los demás volcanes que nos amenazan. Esto es un problema porque todavía no lo conocemos lo suficientemente bien. Si tuviéramos mapas de peligro o de riesgo, podríamos tener previstos los posibles efectos y planificar adecuadamente la gestión del territorio y de las emergencias. También se debería implementar una red de vigilancia, como por ejemplo lo hacen las autoridades chilenas con el monitoreo sísmico, pero con las herramientas adecuadas para nosotros de acuerdo a nuestra situación en particular. De todo esto sale la estrategia que vamos a aplicar, los planes de contingencia y las distintas herramientas que se van a usar para ayudarnos en la gestión de la crisis. Esto hay que trabajarlo.

Este cloro está ahí desde hace milenios y no contamina nuestras aguas ni suelos. Uno no se tiene que asustar cuando ve algunos elementos; que estén en las cenizas no quiere decir que vayan a entrar necesariamente en contacto con el ambiente ni que contaminen. Me parece muy importante este mensaje porque hay mucha preocupación sobre esto. Los análisis deben ser difundidos en un contexto; de lo contrario, no sirven para nada. Teniendo en cuenta una clasificación de rocas usada por los geólogos, vemos que la composición de las rocas de esta erupción es riolítica a dacítica. Si se detallan todos los elementos que están en las cenizas, la lista es muy grande y aparecerán, por ejemplo, elementos como lantano, torio, circonio, talio, cadmio e isótopos del estroncio, al igual que en cualquier roca del Parque Nacional o de cualquier lugar de la tierra, habiendo en la lista muchos elementos con isótopos radiactivos (cesio, torio), incluso entre los mayoritarios (potasio, etc.). Eso no quiere decir que nos contaminamos cada día cuando caminamos por el cerro Otto o tocamos cualquier roca de la región. Lo único que nos tiene que preocupar es que una fracción significativa de estos elementos esté en solución en el agua, por ejemplo. Mi propuesta es estar atentos a las recomendaciones de la gente que está trabajando en la calidad del agua, del aire y del suelo. O sea, conocer los datos interpretados por especialistas.

Si observamos un corte de suelo en Bariloche vemos franjas oscuras (suelo) y claras (cenizas) Podemos ver una franja blanca que es la erupción de 1920/1921, hacia arriba una franja de suelo, luego la deposición de cenizas de 1960, y por último el suelo de hoy día. Dentro de unos años vamos a ver la ceniza de la erupción de 2011.

En Bariloche hubo cinco caídas de cenizas registradas desde 1893; o sea que éste es un fenómeno

¿Cuál es el rol de nuestras instituciones?

Nuestro rol más importante desde las instituciones científicas y académicas es entender estos sistemas y sus procesos; entender los volcanes. Ahí está nuestra participación fundamental. Tendríamos que hablar más y a largo plazo en tiempos de no erupción, y mucho menos en tiempo como éste. En el monitoreo podemos colaborar con instituciones específicas que se encargan de hacer el monitoreo, podemos participar en programas de difusión y de desarrollo de nuevas técnicas de programas de aplicación concreta y ayudar desde las instituciones académicas en estas consideraciones sociales y socioeconómicas donde las universidades y los institutos de investigación tienen capacidad humana para hacerlo.

Hay una pirámide que describe los roles de los distintos estamentos, en cuya base están ubicadas las instituciones académicas y científicas específicas de estudios de volcanes, desde los estudios más básicos hasta las cuestiones más aplicadas. Pero hay un quiebre cerca de la cúspide, esto lo tenemos que tener muy claro todos, quienes hablamos y quienes preguntan. El rol de la comunidad científica tiene un límite; las decisiones, la comunicación formal tiene que estar a cargo de los gobernantes y los funcionarios de los órganos de aplicación de las normativas existentes.

La pregunta práctica: ¿qué hacer ante la caída de cenizas?

Ya vimos en esta ocasión en Bariloche que el cielo se oscurece, hay tormentas eléctricas, caen cenizas y si hay precipitaciones al mismo tiempo cae barro, se siente una sensación de "fin del mundo", una sensación de desprotección, sensación de catástrofe. Puede haber sismos que se pueden sentir asociados a la erupción, leves pero pueden sentirse, se escuchan ruidos, hay cortes de energía, comunicaciones complicadas. Entonces, si nosotros sabemos todo esto y nos dicen con cierta anterioridad qué tenemos que hacer, me parece que bajamos mucho el nivel de ansiedad y eso ayuda a todos a gestionar la crisis. Entonces, lo básico es:

- *Quedarnos en casa y escuchar la radio* (¡tenemos que tener una radio con pilas!).
- *Proteger el agua potable*: en el caso de pobladores que no tienen provisión de red, tienen que ocuparse de proteger las distintas fuentes de agua.
- *Limpiar los techos*: si hay una caída muy importante de cenizas obviamente hay que limpiar los techos; no durante el evento, sino que hay que preverlo porque el municipio no se puede ocupar de todos los

techos, sólo tiene que dar las recomendaciones de cómo y cuándo hacerlo.

- *Utilizar protección respiratoria*, si es necesario salir durante una caída de ceniza. Si llueve se atenuará.
- *Para limpieza de los alrededores de las casas* una buena estrategia es humedecer la ceniza para que no vuele, no empapar ni baldear (hay que cuidar el agua).
- *Racionalizar el consumo de agua* y minimizar el bombeo para que no entre ceniza y estropee las bombas. No hay que baldear ni lavar el auto todos los días.
- *Circular a baja velocidad* para no levantar la ceniza fina. Además, el tránsito constante lo que hace es pulverizar las cenizas, convirtiéndolas en partículas cada vez más finas.
- *Escuchar las recomendaciones de defensa civil*, ellos son los que están siguiendo lo que pasa y nos tienen que decir qué hacer.

En el ámbito rural hay otras medidas a tomar algo distintas a las de la ciudad.

En nuestras instituciones, hay que tratar de dejar las cenizas afuera, si las metemos en los pasillos, en las aulas, va a llegar un momento que van a estar en los pupitres, en las sillas, en las computadoras y vamos a estar respirándolas en forma permanente. Una forma sencilla de lograrlo es traer calzado para cambiarnos al entrar a los edificios.

Por último insistir en que nuestra situación es cómoda comparándola con otros lugares, por ejemplo, con los pueblos que viven en las laderas de los volcanes mucho más explosivos que éste. Ésta es una situación que Bariloche puede manejar, podemos salir de esto.

Esto es todo de mi parte.

Lecturas sugeridas

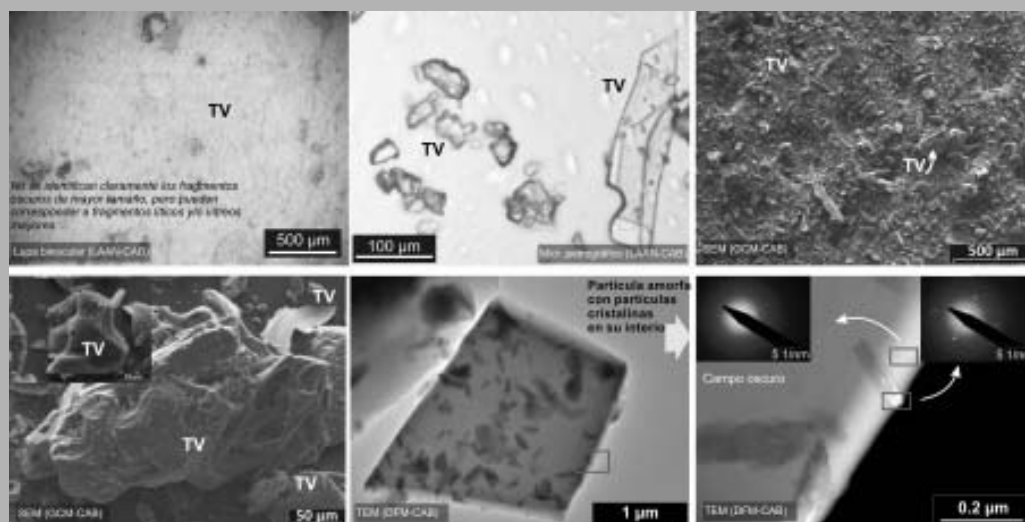
- Caneiro et al., 2011, Análisis de cenizas volcánicas Cordón Caulle (Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Culle). Erupción 4 de Junio de 2011. CNEA
- Lara L.E., H. Moreno, J.A. Naranjo, S. Matthews, C. Pérez de Arce, 2006. Magmatic evolution of the Puyehue-Cordón Caulle Volcanic Complex (40° S), Southern Andean Volcanic Zone: From shield to unusual rhyolitic fissure volcanism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 157 (2006) 343-366
- Villarosa, G.; Outes, V.; Hajduk, A.; Sellés, D.; Fernández, M.; Crivelli Montero, E. & Crivelli, E., 2006. Explosive volcanism during the Holocene in the upper Limay river basin: The effects of ashfalls on human societies. *Northern Patagonia, Argentina. Quaternary International*, 158 (1) pp. 44 - 57.

DESDE LA PATAGONIA

Estas imágenes muestran algunos aspectos de los efectos de la erupción del complejo Puyehue-Cordón Caulle sobre la región cercana.

CENIZAS

Las cenizas del Volcán Puyehue-Cordón Caulle bajo el microscopio. El Centro Atómico Bariloche está llevando a cabo una caracterización detallada de las cenizas liberadas durante la erupción del volcán. La



caracterización morfológica, química y cristalográfica de las partículas es fundamental para conocer y prever el impacto de las mismas en la calidad del suelo, agua y aire de la región. En éstos estudios trabajaron en conjunto personal de División Física de Metales (DFM), Grupo Caracterización de Materiales (GCM) y Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (LAAN), bajo la coordinación del Gerente del Centro Atómico Dr. Luis Rovere. Se estudiaron muestras recolectadas en diversos puntos geográficos de la Patagonia desde los Andes hasta la costa Atlántica y durante diferentes días de la erupción. Se utilizaron diferentes equipamientos como Microscopios Ópticos (Lupa Binocular. Foto 1; Microscopio Petrográfico, Foto 2) y Microscopios Electrónicos de Barrido (SEM, Fotos 3 y 4) y Transmisión (TEM, fotos 5 y 6). En las fotos se presentan las cenizas recolectadas el día 16 de junio de 2011 en la localidad de Villa La Angostura. Los resultados fueron puestos a disposición de diferentes organismos públicos y la población en general (<http://www.cab.cnea.gov.ar/noticiasanteriores/erupcionCaulle2011/informeGeneralFinal.pdf>). Aclaración: TV= Trizas Vítreas; 1000 µm (micrómetro)=1mm (milímetro).

EDIFICIOS

Foto: Gustavo Villarosa.



Bariloche, 4 de junio de 2011 a las 16 hs.

Villa La Angostura, junio de 2011.

por **Margarita Ruda**

CUERPOS DE AGUA

Grupo de Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos (GECARA). INIBIOMA (CONICET-UNCo)
 fpedrozo@crub.uncoma.edu.ar



Foto G. Villarosa.

Vista hacia el norte del Rio Huemul, tomada el 8/6/11 en las cercanías del puente sobre la ruta nacional 231. Se observa claramente la gran turbidez de estas aguas habitualmente cristalinas, causada por la gran cantidad de ceniza en suspensión



Foto: M. Ruda.

Costa del lago Nahuel Huapi con islas de piedra pómez.



Foto: M. Ruda.

Rio Limay

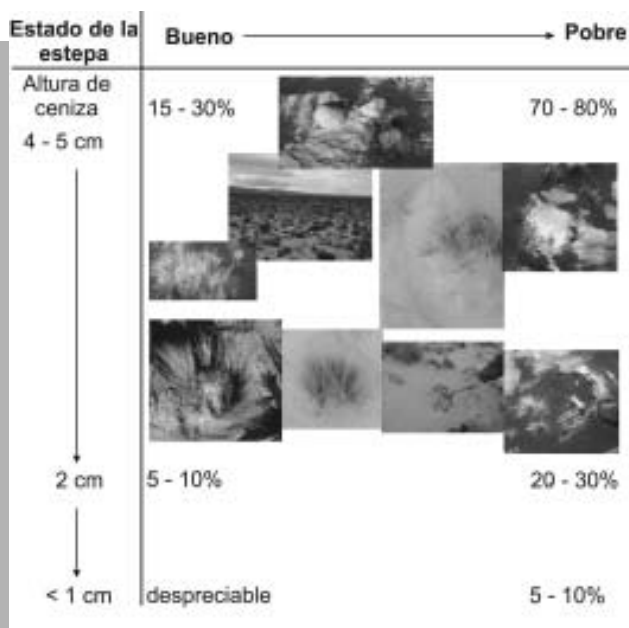
VEGETACIÓN

Ver número especial de la Revista Presencia del INTA
<http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/pres/presencia57.htm>



Foto: Gustavo Scotti.

Pinos con cenizas, Villa la Angostura.



Fotos: Dardo López.

Reducción en la accesibilidad al forraje en estepas.

DESDE LA PATAGONIA

ANIMALES

Ver número especial de la Revista Presencia del INTA
<http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/pres/presencia57.htm>



Foto: G. Villarosa.

Ganado en la ceniza, camino del circuito 7 lagos, a pocos kilómetros de Villa La Angostura. El ganado se agrupa en estos bajos que hasta hace pocos días proveían buen alimento. Es notable que los animales, claramente desorientados, se acercan a las personas, probablemente buscando ayuda.



Foto: P. Lagorio .

Caballos comiendo raíces de grindelia.



Foto: C. Robles.

Conjuntiva de una oveja irritada y enrojecida por el efecto de las cenizas.



Foto: L. Maglio.

Trucha con pómez en las agallas. (CRUB)



Foto: M. Ruda.

Bandurria, Bariloche, junio 2011. Cuando la capa de depósito es escasa y no cubre la vegetación, el suelo continúa siendo fuente de alimento. (Cármén Úbeda-CRUB)

ALGUNOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN REFERIDOS A LA ERUPCIÓN

Con el objetivo de analizar y estudiar la actividad y el impacto del Volcán Puyehue – Cordón Caulle desde diferentes áreas, el Comité Ejecutivo del Programa de Emergencia Volcánica (PROEVO) ha aprobado ya los primeros 17 proyectos de investigación, que representan un monto de \$426.000. El proceso de evaluación estuvo gestionado por el Comité Ejecutivo, conformado por representantes de varias instituciones científicas y sociales de la región: Lic. Juan Salguero (Parque Nacional Nahuel Huapi), Ing. Luis Rovere (Centro Atómico Bariloche), Mag. Marcelo Alonso (CRUB-UNCOMA), Arq. Gabriel Cazalá (Municipalidad de Bariloche), Ing. Adolfo Sarmiento (INTA) y Méd. Susana Rodríguez (Hospital Ramón Carrillo), Dr. Aldo Calzolari, Dr. Diego Aguiar y Dr. Guillermo Oglietti (UNRN).

Listado de proyectos aprobados:

«Estudio del impacto de las emisiones del Cordón Caulle en la transferencia de mercurio y otros metales pesados a los peces del lago Nahuel Huapi», María Angélica Arribére, Centro Atómico Bariloche.

«Diagnóstico del sector turístico en S.C. Bariloche frente a la emergencia volcánica y diseño de actividades paliativas», Eduardo Pantan, Universidad Nacional de Río Negro.

«Evaluación del impacto del volcán Puyehue–Cordón Caulle sobre la disponibilidad de elementos en aguas naturales del Parque Nacional Nahuel Huapi», Soledad Perez Catán, Centro Atómico Bariloche.

«Proyecto de gestión comunicacional para el PROEVO», Sandra Murriello, Universidad Nacional de Río Negro.

«Efecto de las cenizas volcánicas sobre la dinámica y producción forrajera de pastizales en Patagonia Norte», Paula Dile, INTA EEA-Bariloche.

«Dinámica de las partículas (cenizas) en suspensión en el lago Nahuel Huapi producto de la erupción volcánica Puyehue-Cordón Caulle», Sol Souza / Beatriz Modenutti, INIBIOMA (UNCOMA – Conicet).

«Agua sin cenizas para pequeños productores de la Línea Sur», Claudia Briones, Universidad Nacional de Río Negro.

«Efecto de las cenizas volcánicas en el crecimiento de especies nativas y exóticas y su uso potencial como sustrato de cultivo. Parte I», Francis Laos, Universidad Nacional de Río Negro.

«Evaluación de los Efectos de la Erupción del Volcán Puyehue-Cordón Caulle sobre los Ensamblajes de Peces de Ríos y Arroyos del Norte de Patagonia», Pablo Vigliano y Jorge Kuroda, CRUB y Centro de Ecología Aplicada del Neuquén.

«Caracterización geoquímica de productos volcánicos del evento del 4 de junio de 2011 del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle», Romina Daga, Centro Atómico Bariloche.

«Zonificación y monitoreo del grado de afectación de las tierras por deposición de cenizas volcánicas en las provincias de Río Negro y Neuquén», Juan José Gaitán, INTA EEA Bariloche.

«¿Hay patrones de regeneración excepcionales en los suelos del Bosque de Arrayanes de Península Quetihue luego de la caída de cenizas y arena volcánicas?», Adolfo Moretti, Parque Nacional Nahuel Huapi.

«Sistema de Recirculación de Agua en el Centro de Salmonicultura Bariloche», Lucas Maglio, Centro Regional Universitario Bariloche – UNCOMA.

«Efecto de las cenizas volcánicas procedentes de la erupción del complejo Puyehue - cordón Caulle, sobre el desarrollo y sobrevivencia de los insectos plaga», Fernández Arhex, INTA EEA Bariloche.

«Impacto de la ceniza volcánica sobre la supervivencia de la abeja doméstica *Apis mellifera*», Andrés Martínez, INTA EEA Bariloche.

«Procesos de remoción en masa en sistemas deltaicos del Nahuel Huapi, como consecuencia de altas tasas de sedimentación de material piroclástico removilizado proveniente de la erupción del Cordón Caulle», Débora Beige, INIBIOMA (UNCOMA – Conicet).

«Impacto del aporte piroclástico de la erupción del Cordón Caulle en sistemas deltaicos del Nahuel Huapi: aplicación al estudio de la susceptibilidad a deslizamientos subácueos», Gustavo Villarosa, INIBIOMA (UNCOMA – Conicet).