

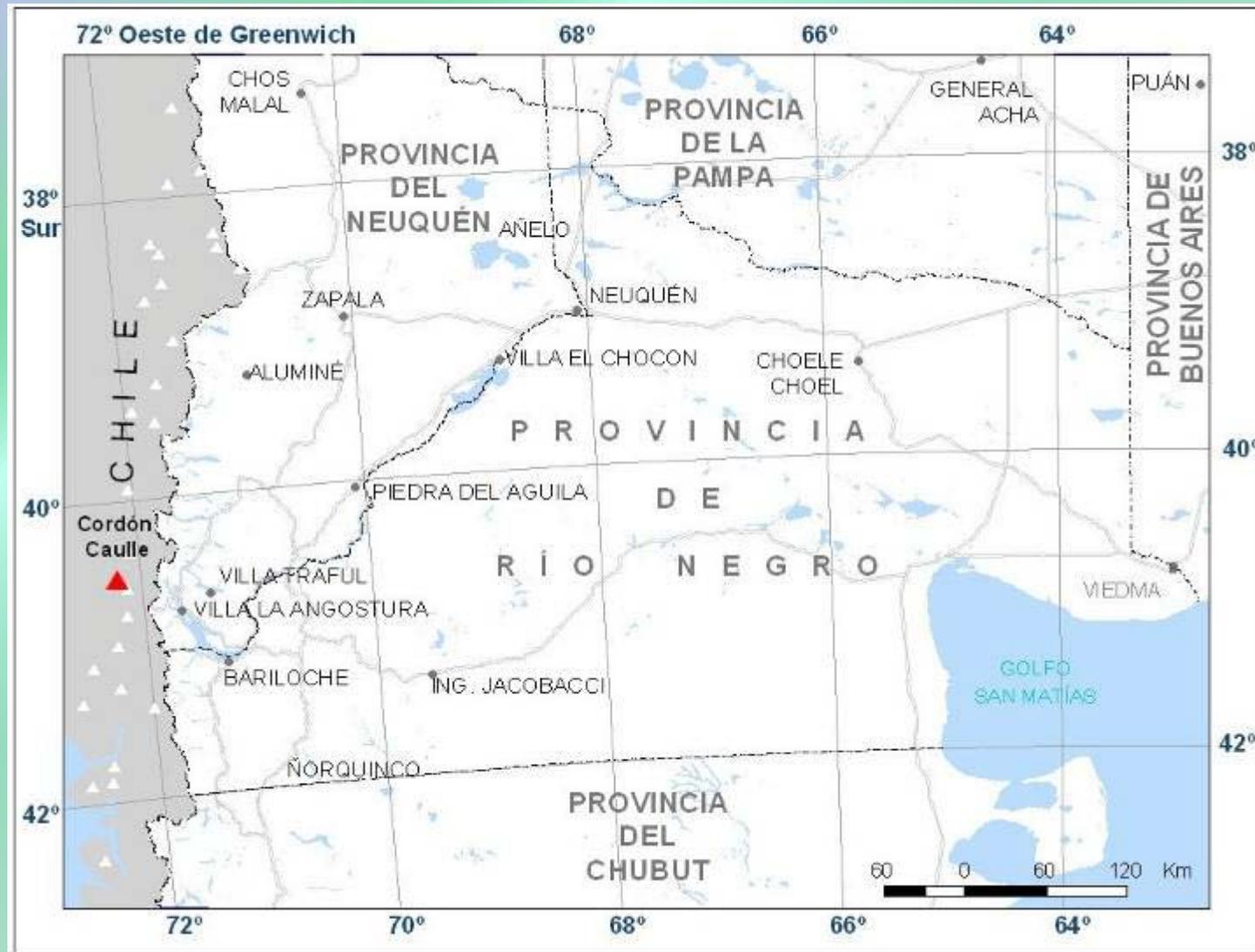


**RESPUESTA DEL SEGEMAR  
ANTE LA ERUPCIÓN  
DEL CORDÓN CAULLE  
4 DE JUNIO 2011**

**Integrantes de la comisión por orden  
alfabético:**

**Lic. Rafael González (Del. Roca)**  
**Lic. Manuela Elissondo (DGAA) Dra. Patricia Sruoga (CONICET)**  
**Lic. Luis Fauqué (Regional) Lic. Alejandra G. Tejado (DGAA)**

# COMPLEJO VOLCANICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE



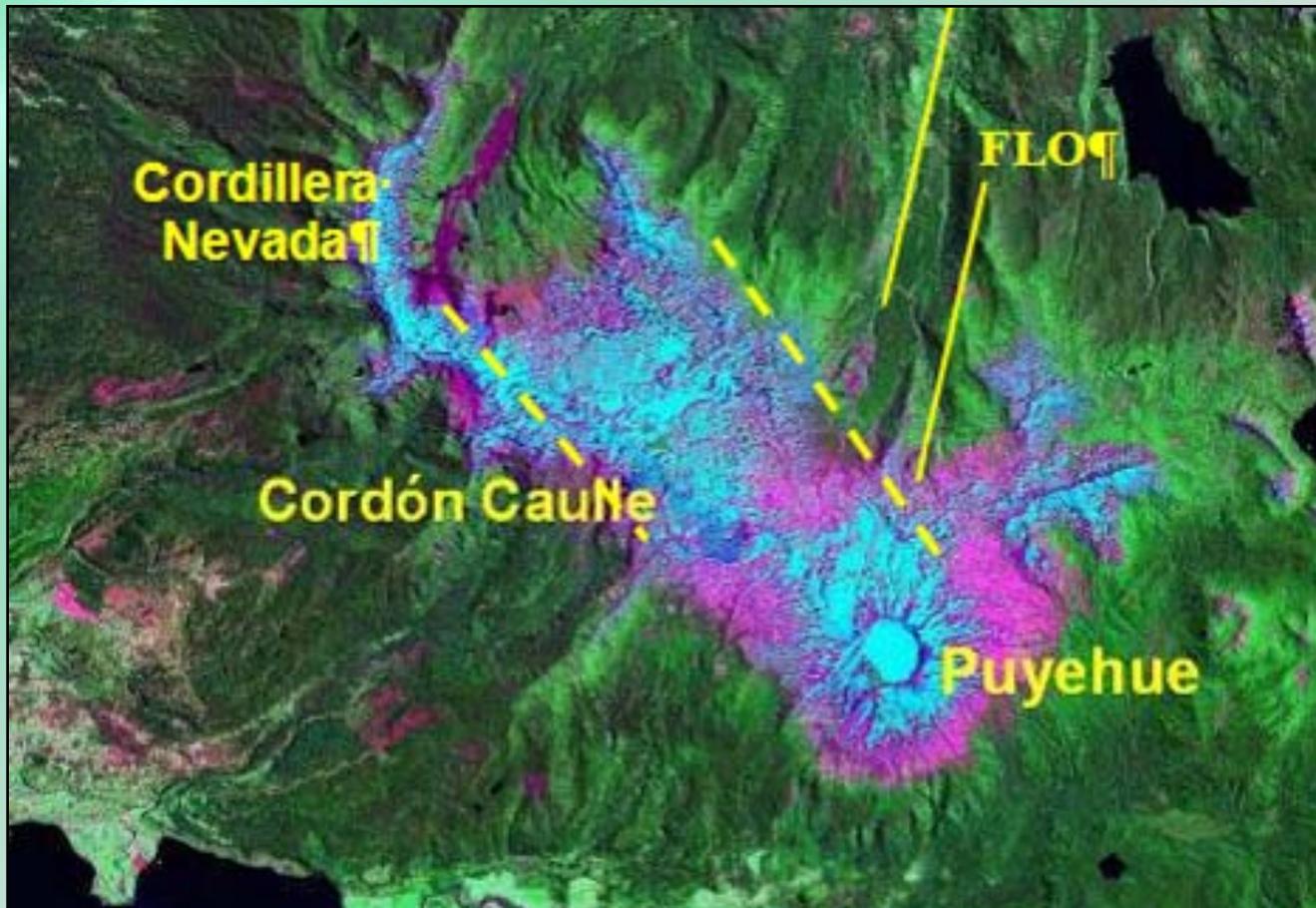
Ubicación: Sur de Chile, ( $40^{\circ} 35' 25''\text{S}$ - $72^{\circ} 07' 2''\text{O}$ )

(a 100 km de Bariloche y aproximadamente 50 km de Villa La Angostura)

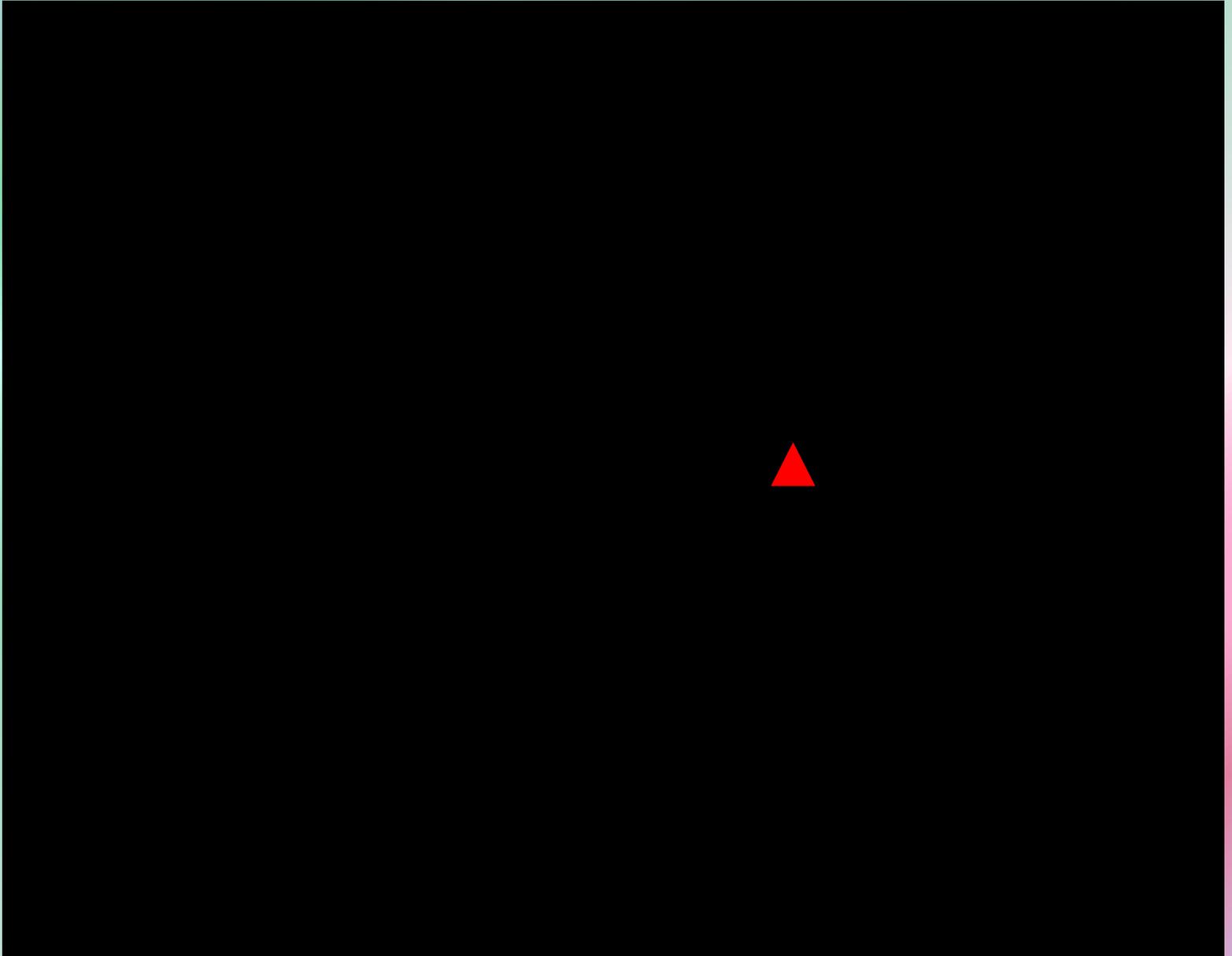
# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

## RESEÑA GEOLÓGICA

- ▶ Pertenece a la Zona Volcánica Sur de los Andes Centrales (33-46°S)
- ▶ Complejo volcánico constituido por un estratovolcán (Vn. Puyehue) y numerosos centros de emisión que conforman un sistema fisural de orientación NO-SE.
- ▶ Está alineado a lo largo de la Zona de Falla de Liquine-Ofqui

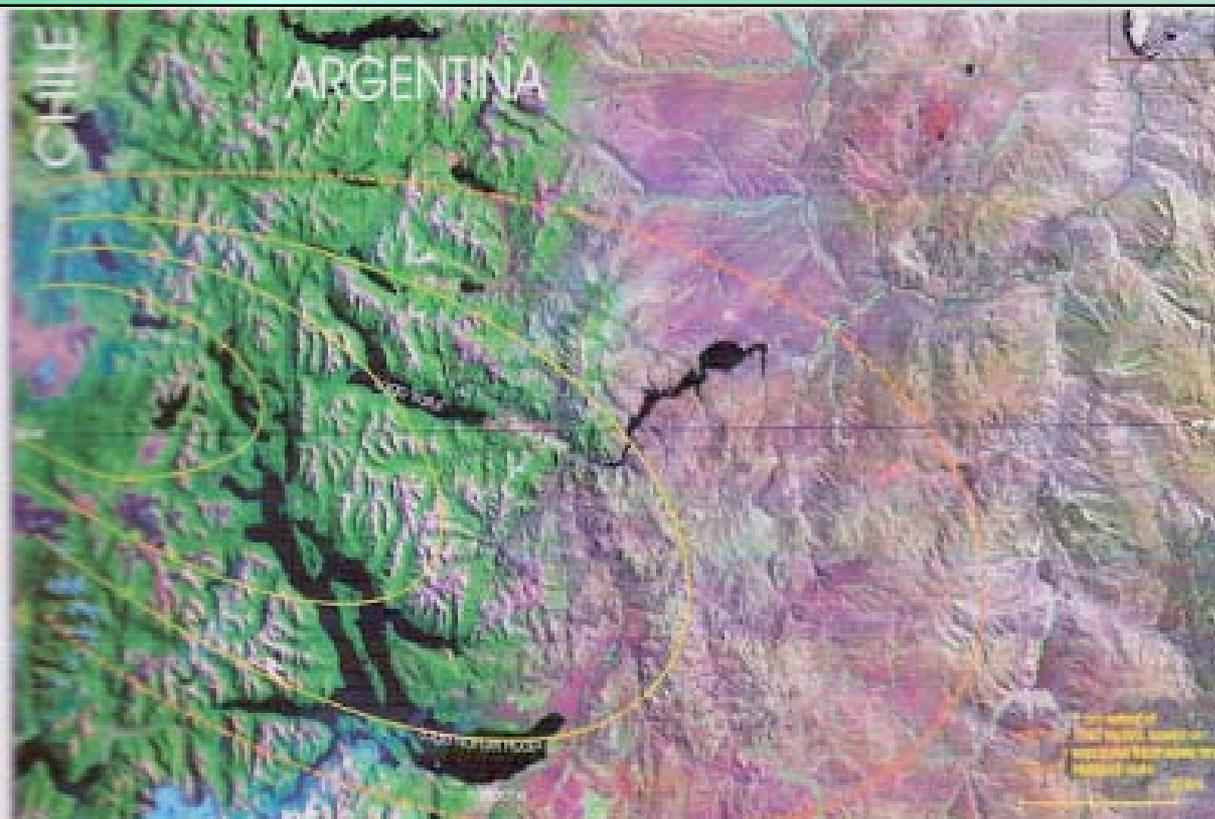


# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

- ▶ Actividad eruptiva más antigua del CVPCC: ~500 ka.
- ▶ Actividad **Cordón Caulle** desde 430 ka.
- **Actividad post-glacial**: domos dacíticos y riolíticos, coladas asociadas, flujos piroclásticos y caída de tefra.
- **Tefrocronología** (depósitos lacustres y perfiles): varios eventos de caída de tefra en la zona de Bariloche y Villa La Angostura (~5,9 ka, ~5,5 ka, ~2,4 ka, ~830 a) vinculados al CVPCC.
- **Registro histórico** (<500 años), el registro confiable incluye erupciones en 1759, 1893, 1921, 1960 y 1990.



**Erupción 1960:** 38 hs después del terremoto de Valdivia ( $M=9.5$ ) se produjo la emisión de tefra hacia Argentina y posteriormente hubo derrame de coladas en Chile.

Imagen Landsat donde se muestra las isopacas del área de dispersión de la ceniza de 1960. (Dr. Villarosa)

# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

La erupción que comenzó el 4 de junio de 2011 fue precedida por un incremento en la actividad sísmica (60-230 sismos/hora) hasta que se produjo la explosión con la consiguiente formación de una columna eruptiva de 12.2 km de altura y 5 km de diámetro. **Alerta Roja. Nivel 6: Erupción Moderada, VEI = 3.**



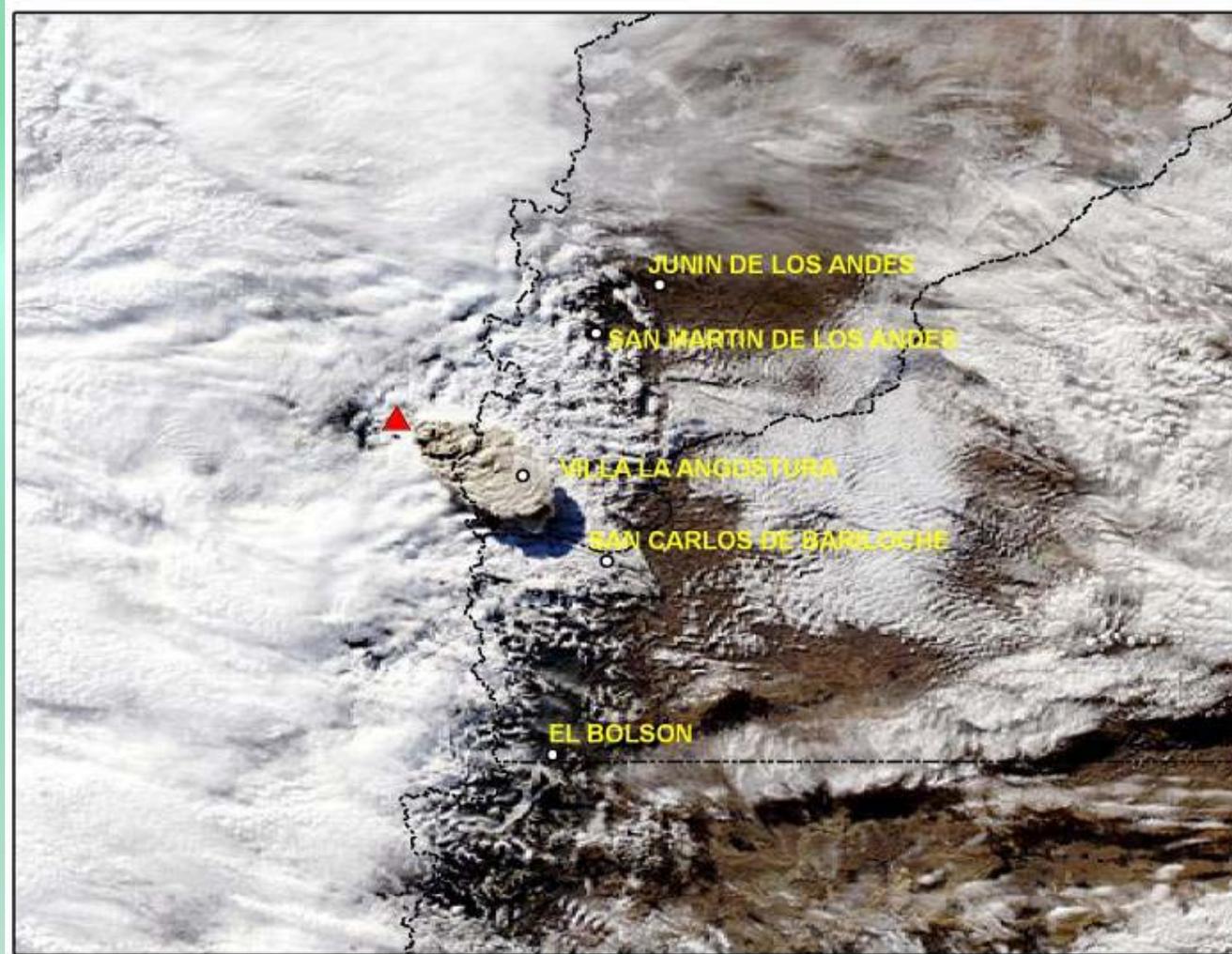
FUENTE: Sismología U. de Chile, Alfredo Lahsen, Gabriel Vargas, Jorge Muñoz.

INVESTIGACION: Jennifer Abate. INFOGRAFIA: Israel Muñoz, Heglar Fleming, Jorge Cortés •LT



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

Durante la tarde del sábado 4 de junio comenzó la caída de ceniza en Villa La Angostura y Bariloche. Reportes de pobladores y medios gráficos mencionan la caída de tefra tamaño lapilli de hasta 6 cm en la zona del Paso Samoré, lapilli fino en Villa La Angostura y ceniza gruesa en Bariloche.



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE



**Villa La Angostura**



**Bariloche**



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE Villa la Angostura



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

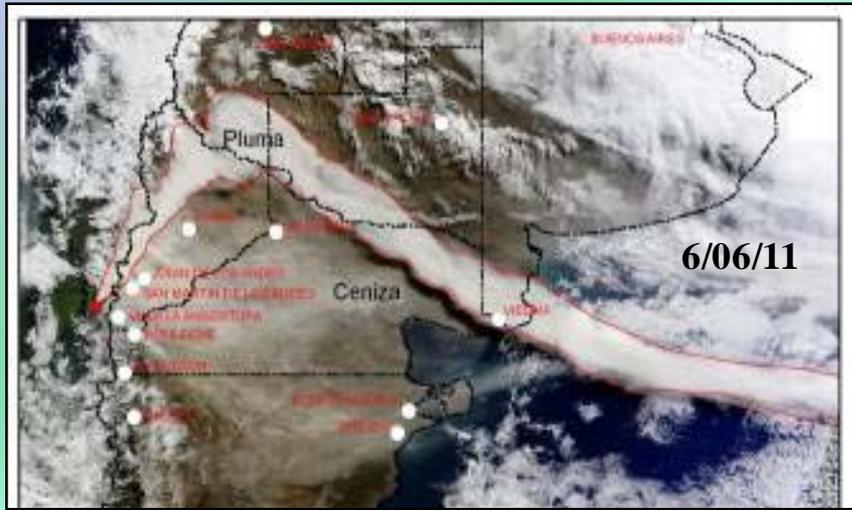
Ing. Jacobacci, 2011

En el transcurso de la erupción, la altura de la columna varió entre 12 y 1 km y la pluma de cenizas cambió su orientación en función de la dirección de los vientos. En Argentina, además de Bariloche y Villa La Angostura, la caída de tefra afectó numerosas localidades como Pilcaniyeu, Ingeniero Jacobacci, San Martín de Los Andes, Villa Traful, Piedra del Aguila, General Roca, Zapala, Neuquén, Puerto Madryn, Comodoro Rivadavia, La Pampa, Buenos Aires y otras.



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

## Variación en la orientación de la pluma de cenizas



25/06/11



Se puede observar claramente que la columna se eleva desde el Cordón Caulle y no desde el volcán Puyehue, como se comunicó en un principio. La columna presenta una coloración blanquecina, debido a la predominancia de vapor de agua y escaso contenido de tefra.

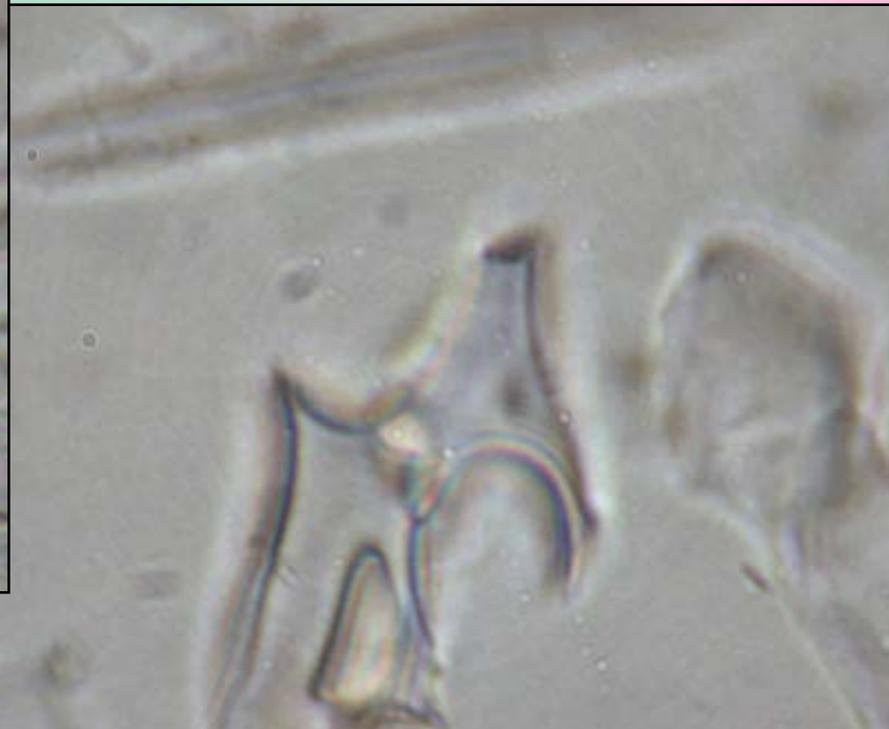
# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

**Muestra de ceniza volcánica tomada en Bernal (pcia. de Buenos Aires) en la mañana del 9 de junio de 2011**

La ceniza se halla compuesta por vidrio volcánico (90%) y fragmentos de minerales (10%: cuarzo, feldespato, anfíbol, biotita y opacos). No contiene componentes tóxicos. El vidrio volcánico se presenta como trizas vítreas, cuyo tamaño oscila entre 6 y 400 micrones (tamaño más frecuente= 60  $\mu$ ).

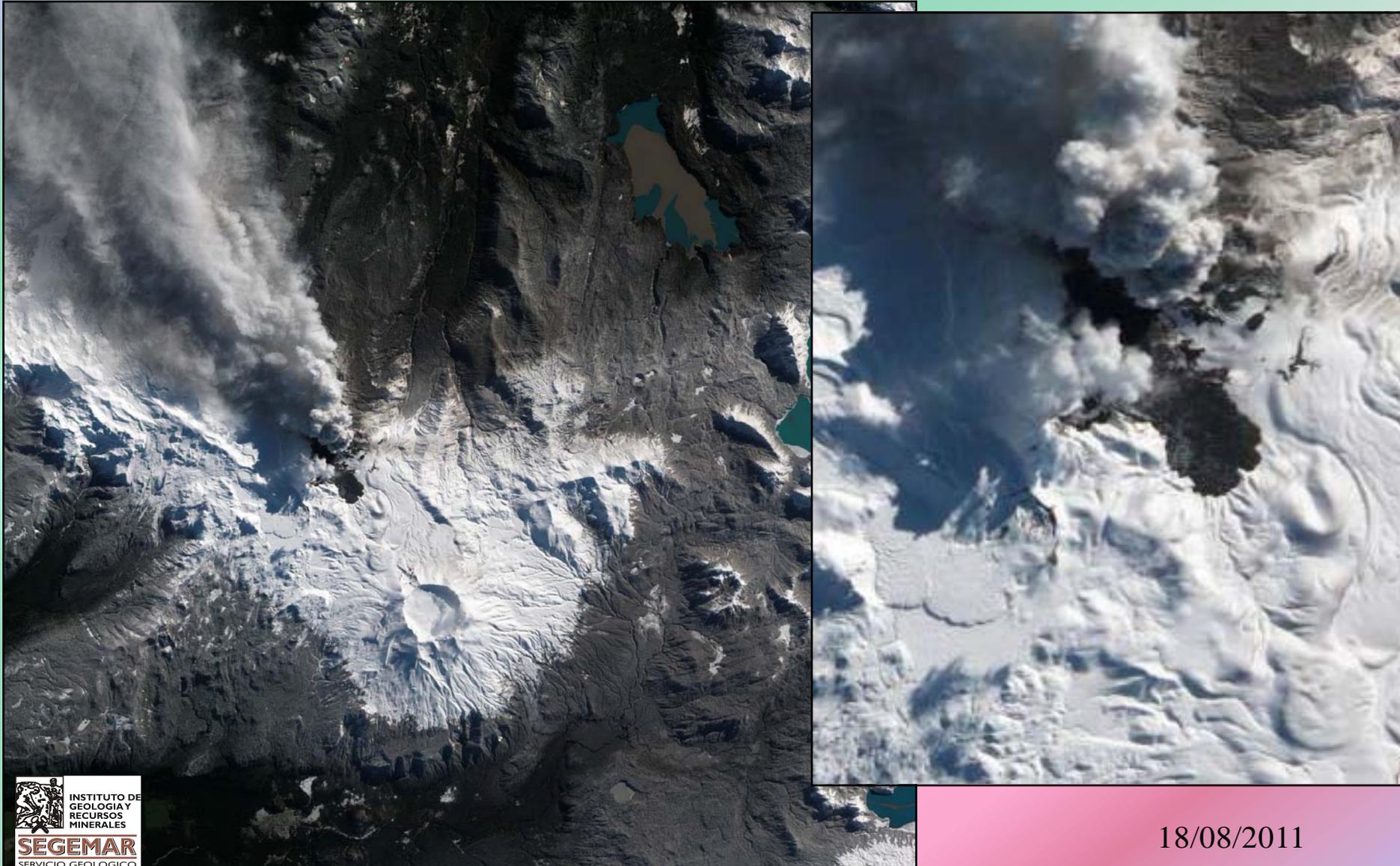


Fotos tomada con un microscopio de polarización con aumento de 50X



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

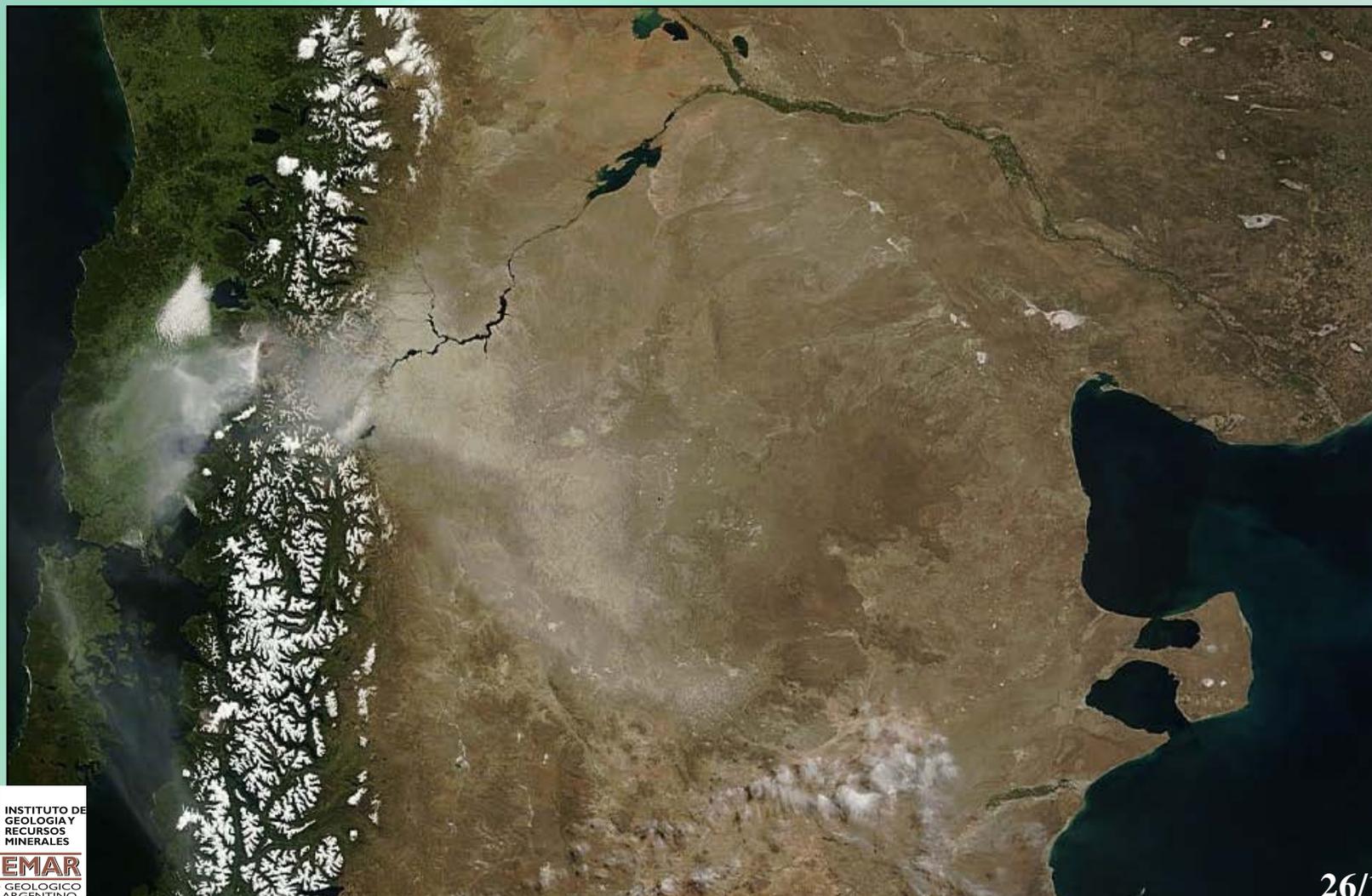
A fines de junio comenzó la efusión de lava.



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

## Estado actual

Desde fines de junio hasta la fecha, la pluma de cenizas vario su orientación, la altura de la columna alcanzó entre 3 y 7 km y el nivel de alerta volcánica es: **ALERTA ROJA. ERUPCION MENOR.**



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

## CAMPAÑA SEGEMAR JUNIO 2011

Desde la segunda semana de junio a la fecha, el SEGEMAR envió 3 comisiones a la zona, incluyendo personal del IGRM, Delegación Roca e INTEMIN.

Se llevaron a cabo las siguientes tareas:

Mediciones de calidad de aire

Relevamiento de la zona a fin de identificar y caracterizar

1. Los peligros volcánicos directos (caída de tefra)
2. Los peligros volcánicos indirectos (flujos densos-lahares secundarios)

### 1- Caída de tefra

Recolección de muestras, medición de espesores y documentación fotográfica de varias secciones de tefra a lo largo del eje principal de dispersión de la pluma y en sentido transversal, con el fin de confeccionar un mapa isopáquico preliminar y realizar estimaciones de superficie afectada y volumen de tefra caída.



# COMPLEJO VOLCÁNICO PUYEHUE-CORDÓN CAULLE

Report Date: 8/25/2011

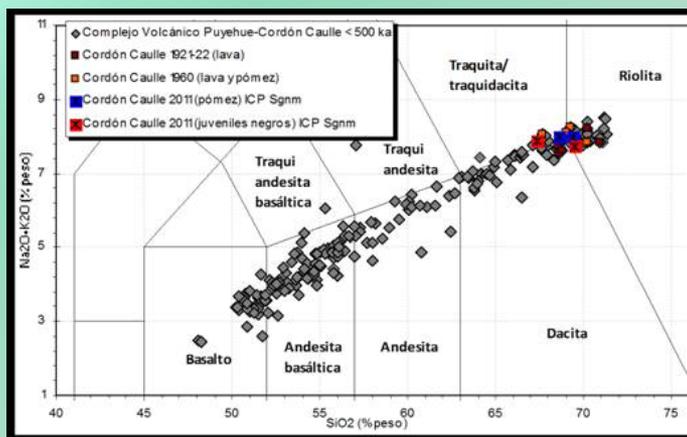
Analyte Symb	CC-3
SiO2	68,54
Al2O3	13,95
Fe2O3(T)	4,74
MnO	0,116
MgO	0,6
CaO	2,14
Na2O	4,89
K2O	2,66
TiO2	0,691
P2O5	0,13
LOI	-0,01
Total	98,45
Sc	13
Be	2
V	12
Cr	< 20
Co	4
Ni	< 20
Cu	20
Zn	90
Ga	18
Ge	2
As	14
Rb	60
Sr	159
Y	49
Zr	317
Nb	8

Mo	2
Ag	1,3
In	< 0,2
Sn	3
Sb	1,3
Cs	5,3
Ba	712
La	28
Ce	61,1
Pr	8,75
Nd	36,2
Sm	8,5
Eu	1,66
Gd	8,2
Tb	1,4
Dy	8,7
Ho	1,8
Er	5,6
Tm	0,86
Yb	5,9
Lu	0,96
Hf	8,3
Ta	0,6
W	1
Tl	0,5
Pb	25
Bi	< 0,4
Th	7,2
U	2

## ANÁLISIS QUÍMICO DE CENIZAS

BIODISPONIBILIDAD?

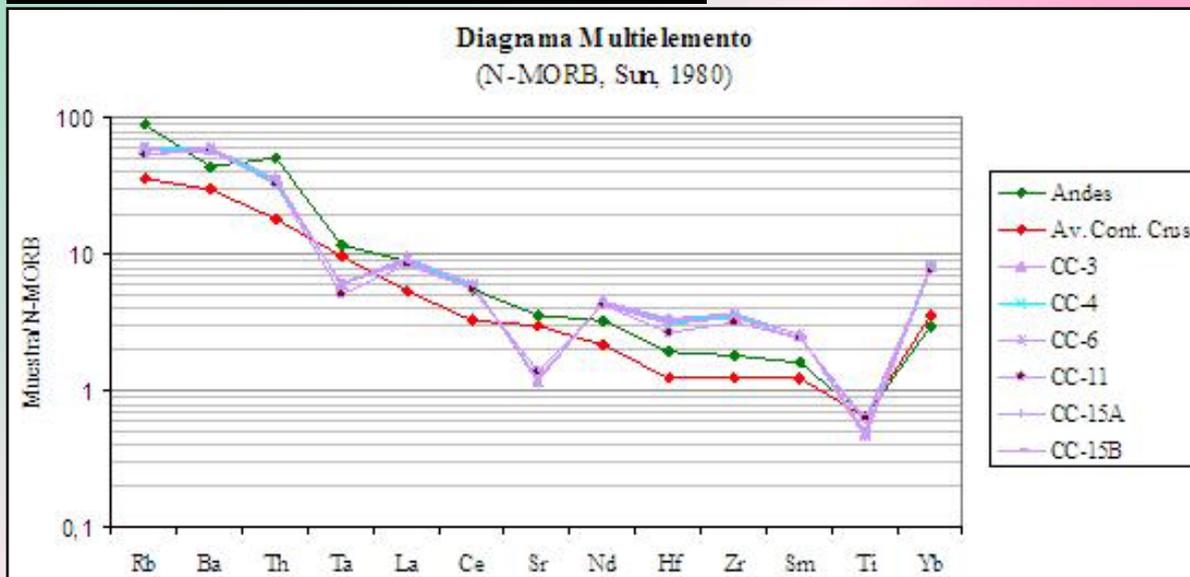
Consultar con toxicología



Lila muestras

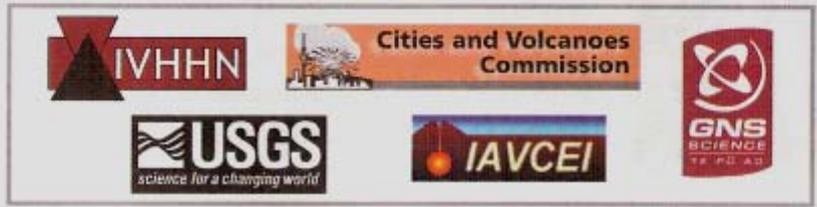
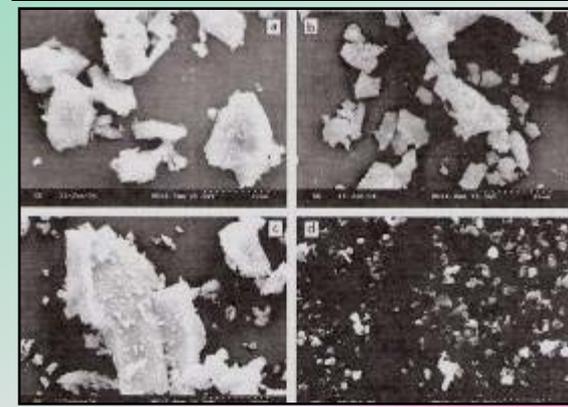
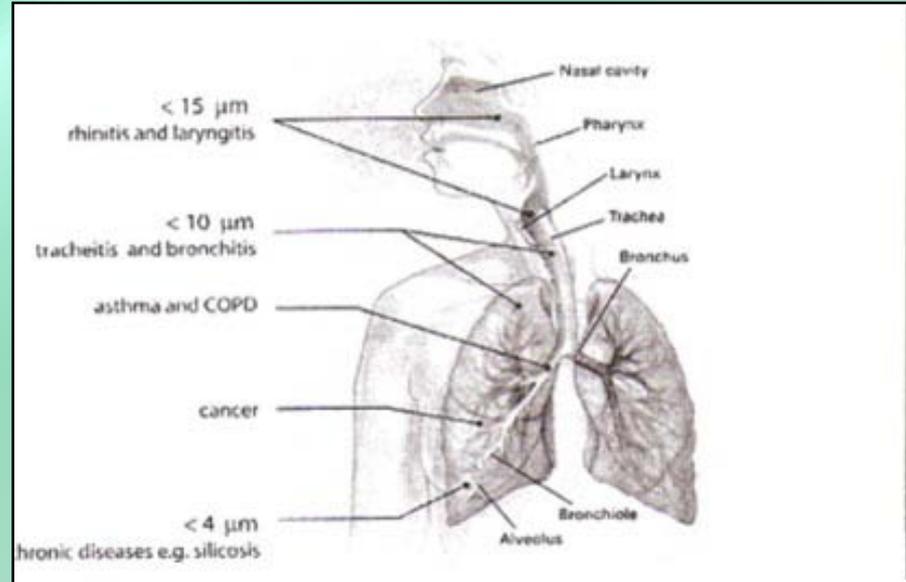
Rojo continental

Verde Andes



# LOS PELIGROS DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS PARA LA SALUD

## Una guía para el público



# Flujos de barro o detritos (lahares)

Flujos de barro ,  
flujos detritos  
o lahares

Encauzados, gran dispersión areal (10' km)  
Alta velocidad (hasta 100 km/h), alta densidad  
(2-2,4 tn/m<sup>3</sup>) alta carga de material (75-90%  
peso)

Gran poder destructivo  
Cambio en sistema fluvial (agradación, incisión,  
migración lateral)  
Contaminación de aguas superficiales-turbidez



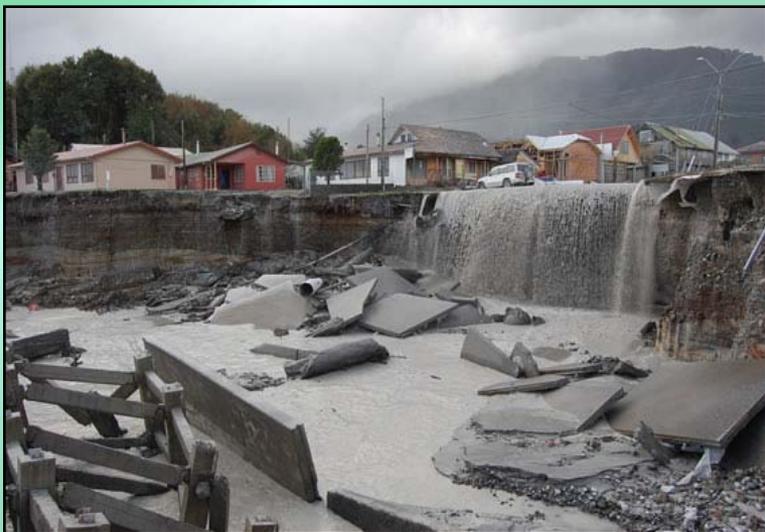
Roger Werth  
Daily News

Puente arrastrado por un lahar en  
Santa Helena, Mayo 1980.



Armero, Colombia, 1985.

# Volcán Chaitén, Chile, Mayo 2008



Chaitén: sobrevuelos realizados los días 15 y 16 de mayo. La población ya había sido evacuada. (Foto: Christian Brown/Intendencia de Los Lagos).

# Flujos de barro y lahares: movimientos en masa en volcanes

## Mecanismos desencadenantes

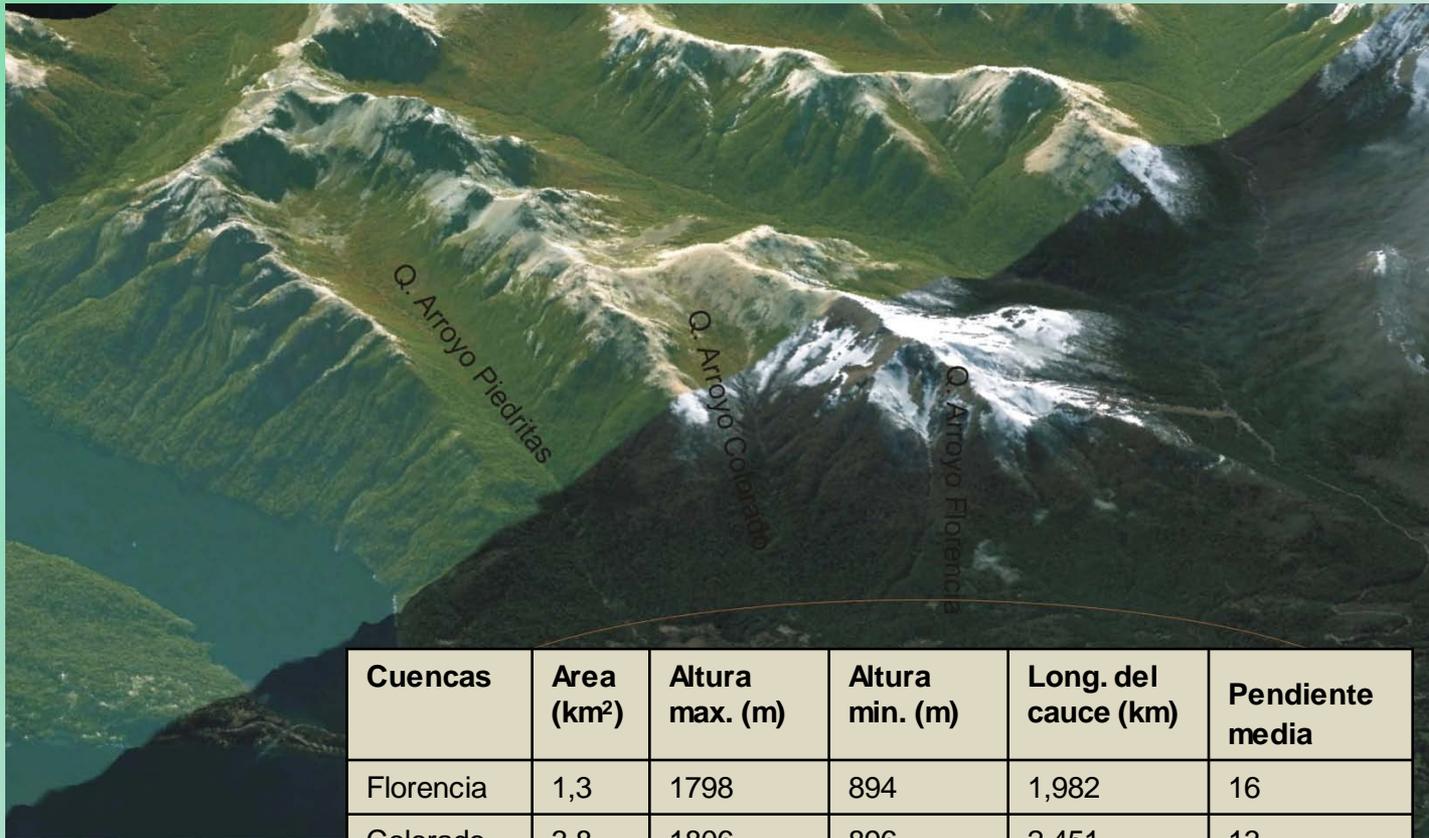
- Rotura del frente de un embalse de agua en el crater (Example: Mt. Kelud, Indonesia)
- Derretimiento rapido de hielo y nieve (Mt. St. Helens, USA, 1980)
- Deposición de material volcánico en los arroyos y el posterior endicamiento
- Flujos piroclasticos en los valles: incorporación de agua y formación de lahares (Nevado del Ruiz, Colombia, 1985)
- Lluvia intensa sobre depósitos, flujos o lahares (Mt. Pinatubo, Philippines, 1991)

## Medidas de protección

- Movimientos en masa muy grandes : posibilidades limitadas
- Monitoreo, predicción y delineación de areas peligrosas.
- Para lahares pequeños a medianos: diques , diques derivadores, cuencas de retencion

# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

- ◆ Red de drenaje de corta trayectoria
- ◆ Pendiente alta
- ◆ Alta erosión hídrica
- ◆ Abundante material sobre las pendientes (piroclástico, troncos)

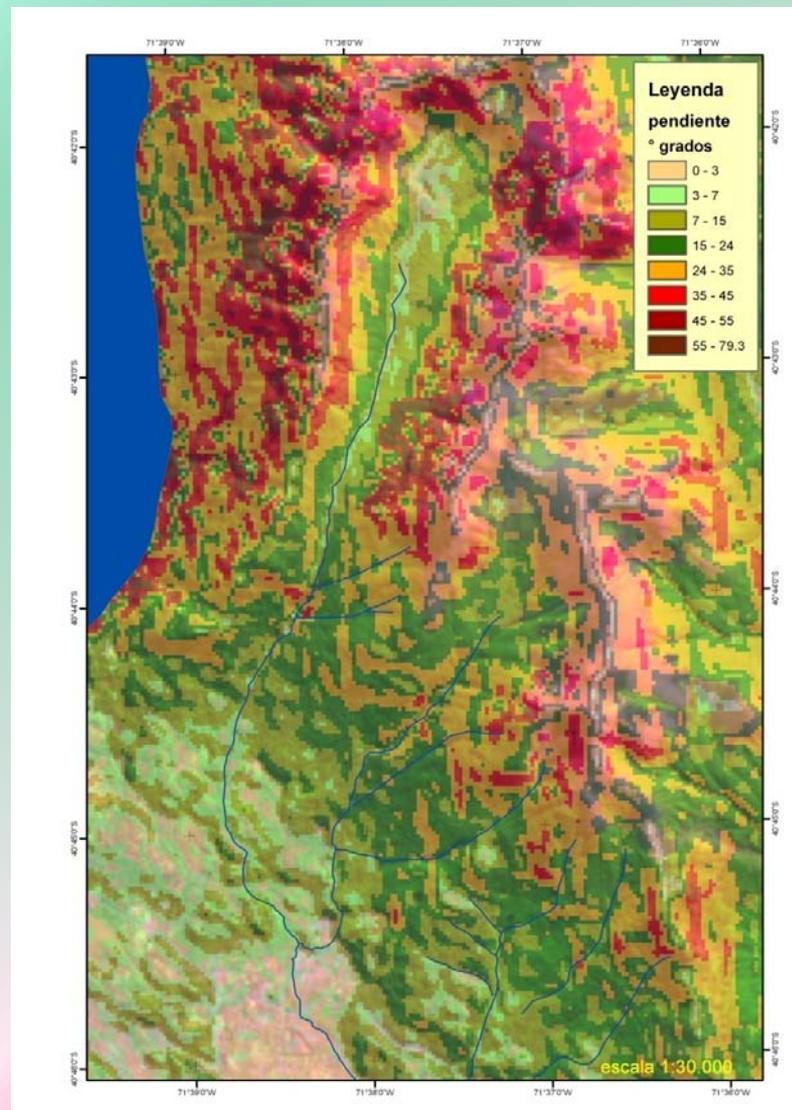
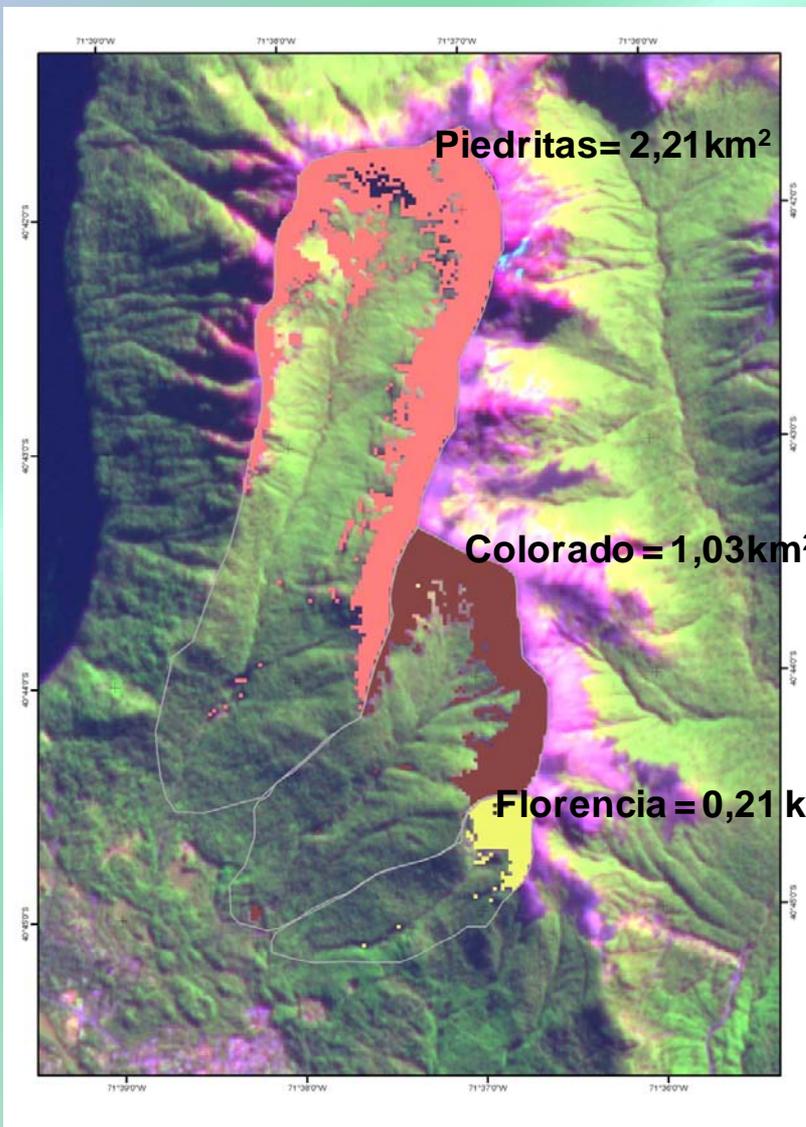


Cuencas	Area (km <sup>2</sup> )	Altura max. (m)	Altura min. (m)	Long. del cauce (km)	Pendiente media
Florencia	1,3	1798	894	1,982	16
Colorado	3,8	1806	896	2,451	13
Piedritas	7,75	1822	939	4,198	6,8

# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

Índice de vegetación,  
mapa de afloramientos rocosos

Mapa de pendientes



# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

## Calculo de volúmen de cenizas

	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Espesor ceniza (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Espesor ceniza compactada (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>Cuenca Las Piedritas</b>					
Total	7,75				
Afloramiento rocoso	2,21	0,3	663.390	0,15	331.695
<b>Cuenca Colorado</b>					
Total	3,8				
Afloramiento rocoso	1,034	0,3	310.297	0,15	155148,5
<b>Cuenca Florencia</b>					
Total	1,3				
Afloramiento rocoso	0,21	0,3	63.180	0,15	31590
Total de cenizas sobre roca aflorante			1.036.875		518.433,5

# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

## Estado actual de la red de drenaje

### Microflujos



Troncos obliterando el cauce



Tefra en planicies aluviales y pendientes



Flujo de ceniza sobre la ruta



Flujo clástico sobre la ruta



Flujo de detritos corta la ruta internacional al paso Cardenal Samoré (12 de Junio).



# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA



Perfil alternancia de ceniza y nieve.

- Manto superior de ceniza fina congelada que se rompe en placas, superficie congelada puede actuar como sup de patinaje
- Manto inferior de lapilli suelto

# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

## Cuenca del arroyo Florencia septiembre 2011

Ubicacion del deposito de la avalancha de nieve del 18 de septiembre



Erosión por el paso de la avalancha de nieve



Placa de nieve que se desliza sobre la ceniza



Frente de la avalancha de nieve

# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA



Antiguo valle glaciario en U



Cabeceras del arroyo Piedritas



Arroyo Piedritas en la cuenca alta



Salto en el arroyo Piedritas

# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

## Depósitos de flujos de detritos antiguos



Grandes bloques, deposito de un antiguo flujo a orillas del arroyo Colorado. A la altura de la toma de agua



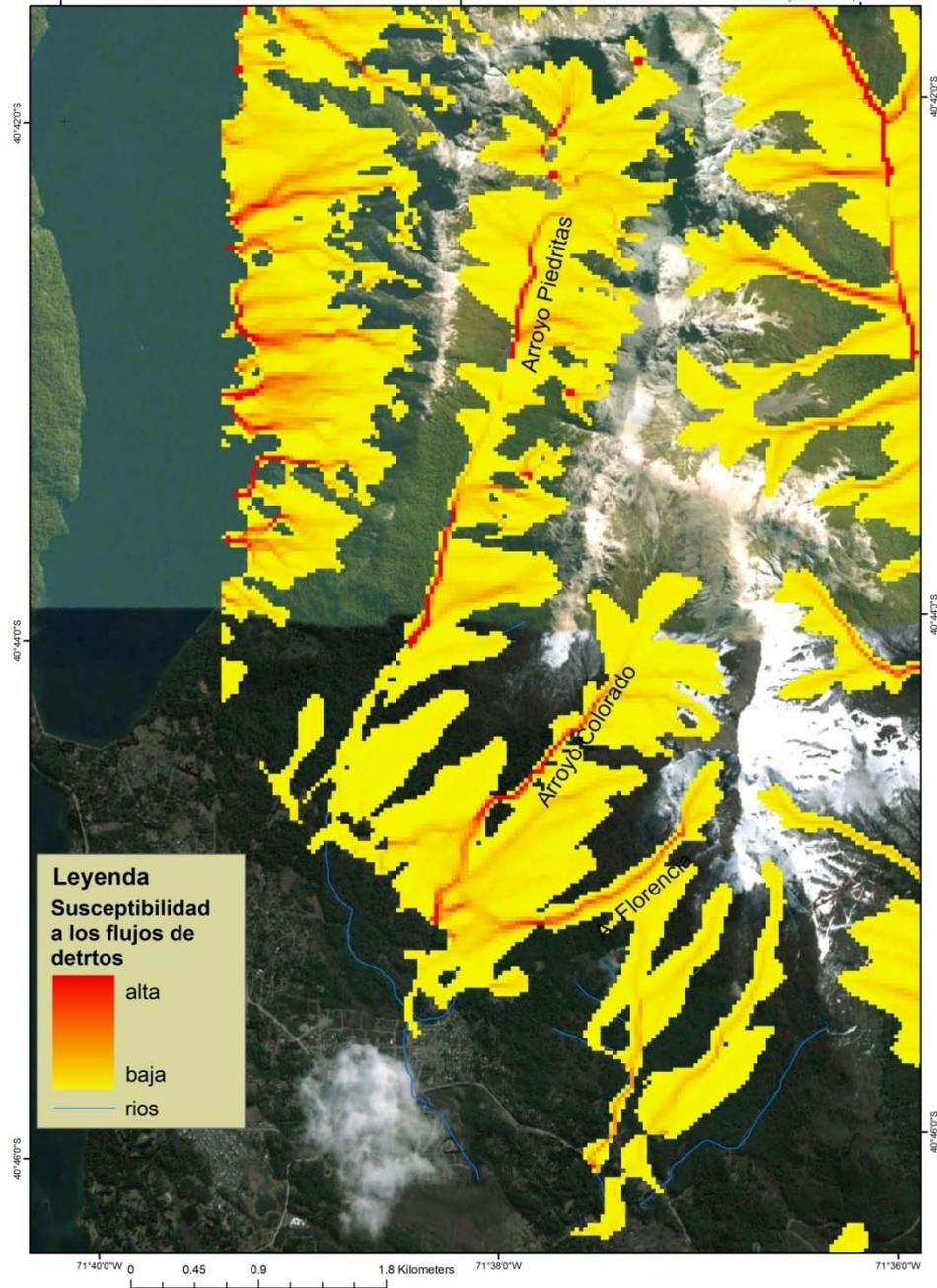
Deposito de flujos en una cantera ubicada en el barrio Piedritas

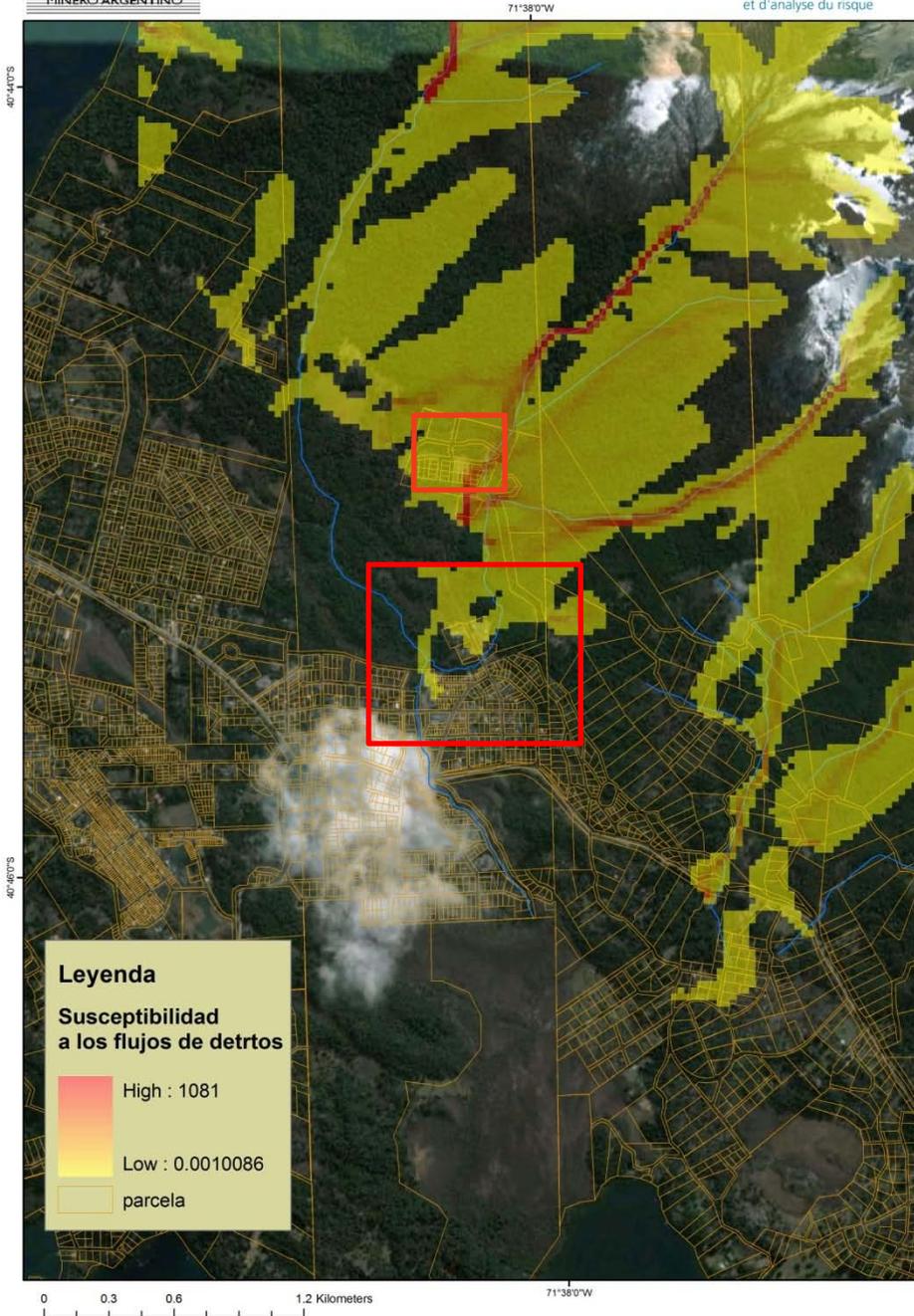
# PELIGRO DE GENERACION DE LAHARES SECUNDARIOS EN VILLA LA ANGOSTURA

Modelización con el programa Flow-R (Horton et al., 2008)

**Las zonas de aporte** de los flujos se localizan, utilizando distintos parámetros derivados de un modelo de elevación digital (DEM). En este caso se utilizaron 3 parámetros: la pendiente del terreno, el área de aporte y la curvatura del terreno.

**La estimación de la propagación** se hace en base a cálculos probabilísticos y energéticos simples que definen la zona de extensión máxima que un flujo puede alcanzar.





# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Peligro Volcánico

- Evaluación de peligrosidad y riesgo volcánico de la zona
- Difusión de información a la población relativa a los peligros naturales y al peligro volcánico en particular con el fin de disminuir el pánico ante estos eventos y mejorar la percepción del riesgo.
- Continuar con las actividades del inventario de volcanes activos- implementación de sistemas de monitoreo-elaboración de un protocolo de acción ante la crisis volcánica.

## Lahares Secundarios

- Estudio de la red de drenaje y pendientes de las áreas afectadas, incluyendo relevamiento destinado a generar modelados de flujos y deslizamientos
- Monitoreo periódico de las laderas en Villa La Angostura, Villa Traful y Pasó Samoré
- Monitoreo del caudal de los cursos
- Estudio geotécnico del comportamiento de tefra de distinta granulometría en variadas condiciones de humedad
- Realizar estudios destinados al ordenamiento territorial de las localidades de Villa La Angostura y Villa Traful.

# **ACTIVIDADES SEGEMAR**

## **PELIGROS VOLCÁNICOS**

- 1. EVALUACIÓN RAPIDA DEL RIESGO VOLCANICO**
- 2. ESTUDIOS TEFRAS DE LAGUNA DEL MAULE**
- 3. INSTALACIÓN SISMÓGRAFOS**

# 1- EVALUACIÓN RAPIDA DEL RIESGO VOLCÁNICO

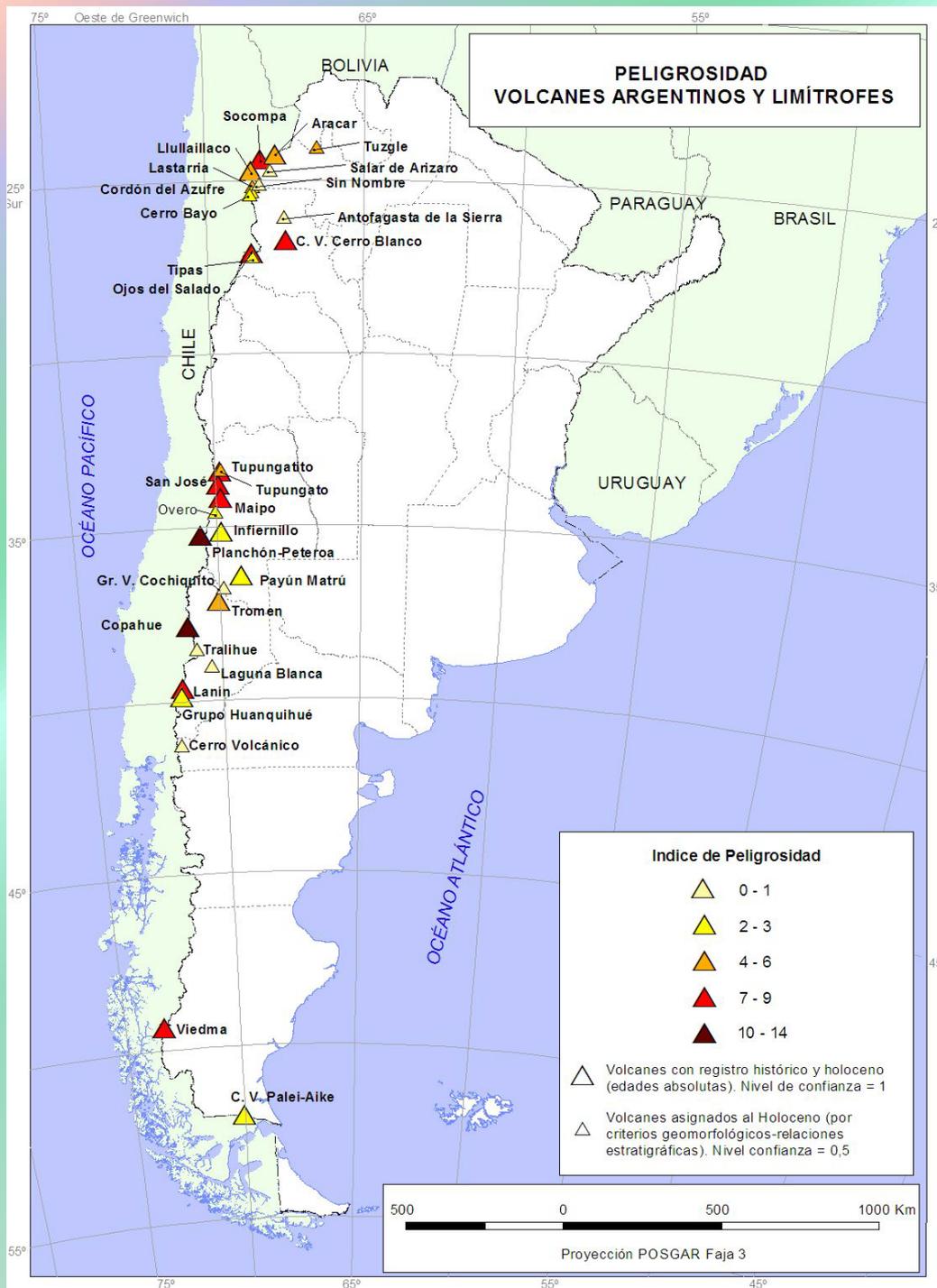
## OBJETIVOS

- Identificar los volcanes de mayor Riesgo

Caracterización cualitativa de la **Peligrosidad** y **Exposición** a partir de la ponderación de diferentes **factores**, obteniendo un valor para cada uno que permite calcular el Riesgo

$$R = P \times E$$

\*Esta fórmula es una simplificación, ya que la evaluación del Riesgo implica la evaluación de la Peligrosidad y Vulnerabilidad, pero en esta etapa se aplica la Exposición para obtener el Riesgo de manera expeditiva.



# EVALUACIÓN RÁPIDA DEL RIESGO VOLCANICO

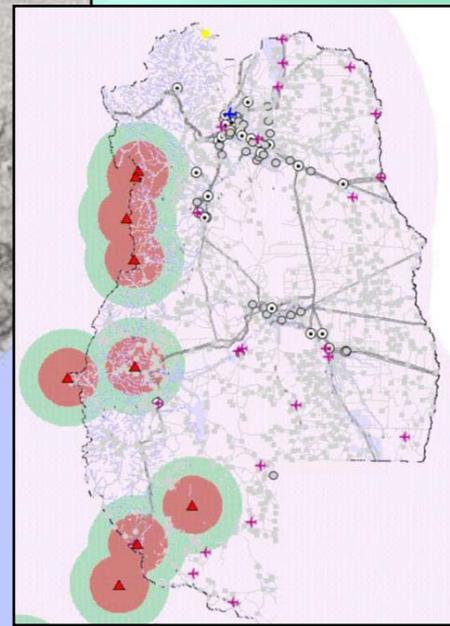
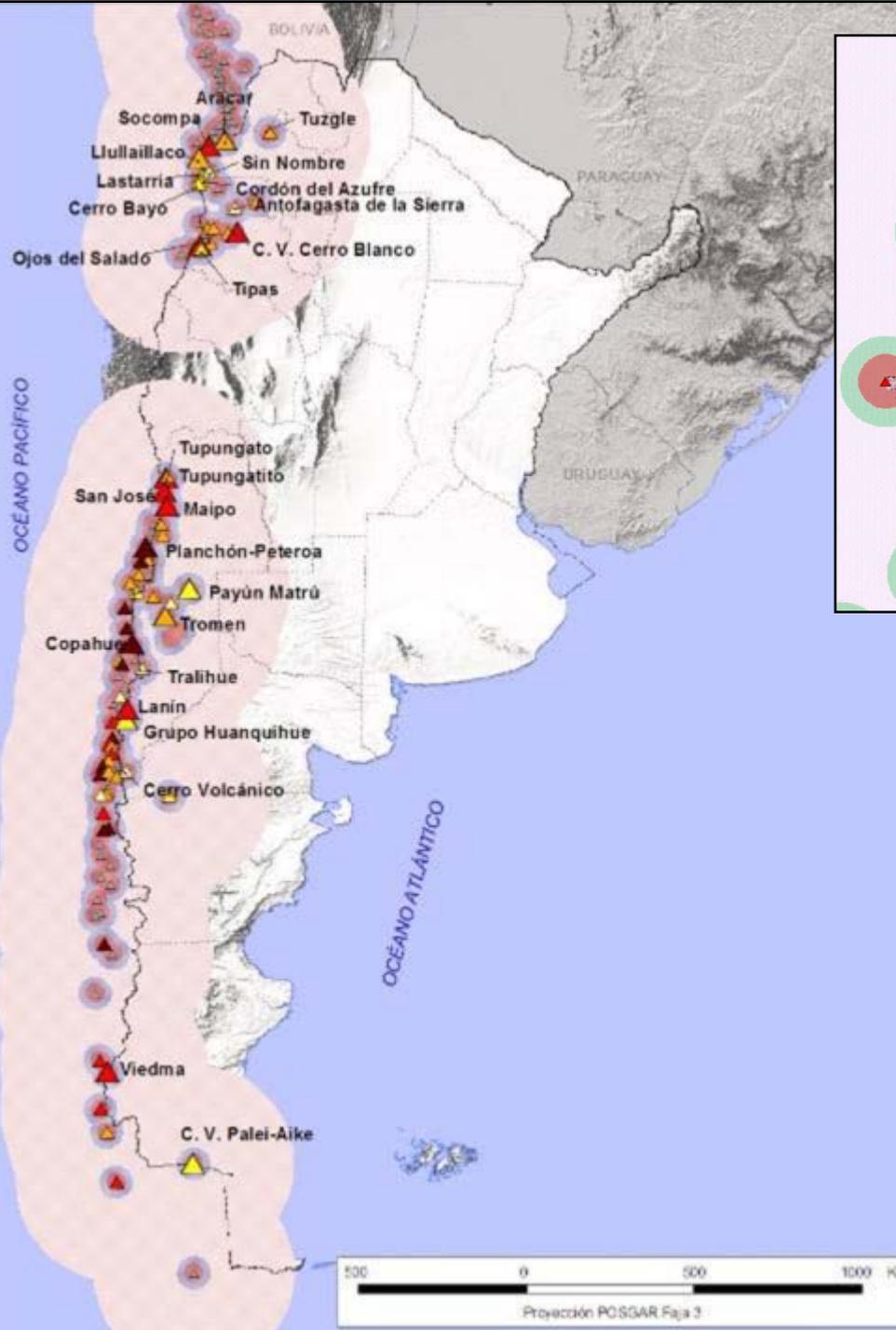
# Evaluación de la Peligrosidad

Se consideran los siguientes factores, a cada uno se le asigna un valor que puede variar entre 0 y 4. La suma de los mismos es la Peligrosidad resultante para el volcán analizado

<b>FACTOR</b>	<b>PUNTUACION</b>
<b>Tipo de volcán</b>	<b>0-1</b>
<b>Máximo VEI (Índice de Explosividad Volcánica)</b>	<b>0-3</b>
<b>Actividad explosiva (<math>VEI \geq 3</math>) dentro de los últimos 500 años</b>	<b>0-1</b>
<b>Actividad explosiva (<math>VEI \geq 4</math>) durante los últimos 5000 años</b>	<b>0-1</b>
<b>Recurrencia</b>	<b>0-4</b>
<b>Flujos Piroclásticos Holocenos</b>	<b>0-1</b>
<b>Lahares Holocenos</b>	<b>0-1</b>
<b>Coladas Lávicas Holocenas</b>	<b>0-1</b>
<b>Potencial de Explosión Hidromagmática</b>	<b>0-1</b>
<b>Potencial de Colapso</b>	<b>0-1</b>
<b>Fuente de Lahar (Superficie <math>&gt; 1 \text{ km}^2</math>)</b>	<b>0-1</b>
<b>Sismicidad Registrada</b>	<b>0-1</b>
<b>Deformación Observada</b>	<b>0-1</b>
<b>Actividad fumarólica-desgasificación-fuente Q observada</b>	<b>0-1</b>

# 1- Peligrosidad de los volcanes históricos y holocenos (sin tener en cuenta volcanes chilenos )/ Valores mínimos

	NOMBRE	UBICACIÓN	PROVINCIA	INDICE DE PELIGROSIDAD	ESTADO	NC
1	Planchón-Peteroa	Arg-Chile	Mendoza	14	Histórico	1
2	Copahue	Arg-Chile	Neuquén	13	Histórico	1
3	Maipo	Arg-Chile	Mendoza	9	Histórico	1
4	Ojos del Salado	Arg-Chile	Catamarca	8	Histórico	1
5	Tupungatito	Arg-Chile	Mendoza	8	Histórico	1
6	San José	Arg_Chile	Mendoza	8	Histórico	1
7	Lanín	Arg-Chile	Neuquén	8	Holoceno	1
8	Socompa	Arg-Chile	Salta	7	Holoceno	1
9	Complejo Volcánico Cerro Blanco	Argentina	Catamarca	7	Holoceno	1
10	Viedma	Argentina	Santa Cruz	7	Histórico	1
11	Lastarria	Arg-Chile	Catamarca/Salta	6	Holoceno	0,5
12	Tromen	Argentina	Neuquén	6	Histórico	1
13	Llullaillaco	Arg-Chile	Salta	5	Histórico	1
14	Aracar	Argentina	Salta	5	Histórico	1
15	Tuzgle	Argentina	Jujuy	4	Holoceno	1
16	Tupungato	Arg-Chile	Mendoza	4	Holoceno	0,5
17	Overo	Argentina	Mendoza	3	Holoceno	0,5
18	Payún Matrú	Argentina	Mendoza	3	Holoceno	1
19	C. Volc. Palei-Aike	Arg-Chile	Santa Cruz	3	Holoceno	1
20	Cordón del Azufre	Arg-Chile	Catamarca	2	"En revisión"	0,5
21	Cerro Bayo	Arg-Chile	Catamarca	2	"En revisión"	0,5
22	Tipas	Argentina	Catamarca	2	Holoceno	0,5
23	Infiernillo	Argentina	Mendoza	2	Holoceno	1
24	Grupo Huanquihue	Argentina	Neuquén	2	Histórico	1
25	Salar de Arizaro	Argentina	Salta	1	Holoceno	0,5
26	Sin Nombre	Argentina	Salta	1	Holoceno	0,5
27	Gr. Volc. Cochiquito	Argentina	Mendoza	1	Holoceno	0,5
28	Tralihue	Argentina	Neuquén	1	Holoceno	0,5
29	Cerro Volcánico (Fonck)	Argentina	Río Negro	1	Holoceno	0,5
30	Laguna Blanca	Argentina	Neuquén	1	Holoceno	0,5
31	Antofagasta de la Sierra	Argentina	Catamarca	0	Holoceno	0,5



## Estimación del Riesgo (P x E)

Incluirá a todos los volcanes (argentinos y chilenos)

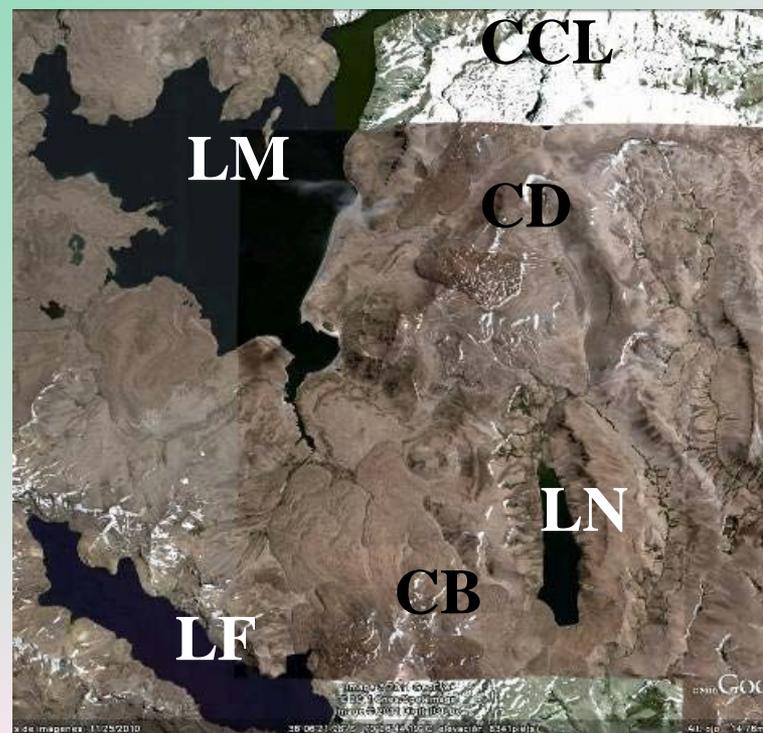
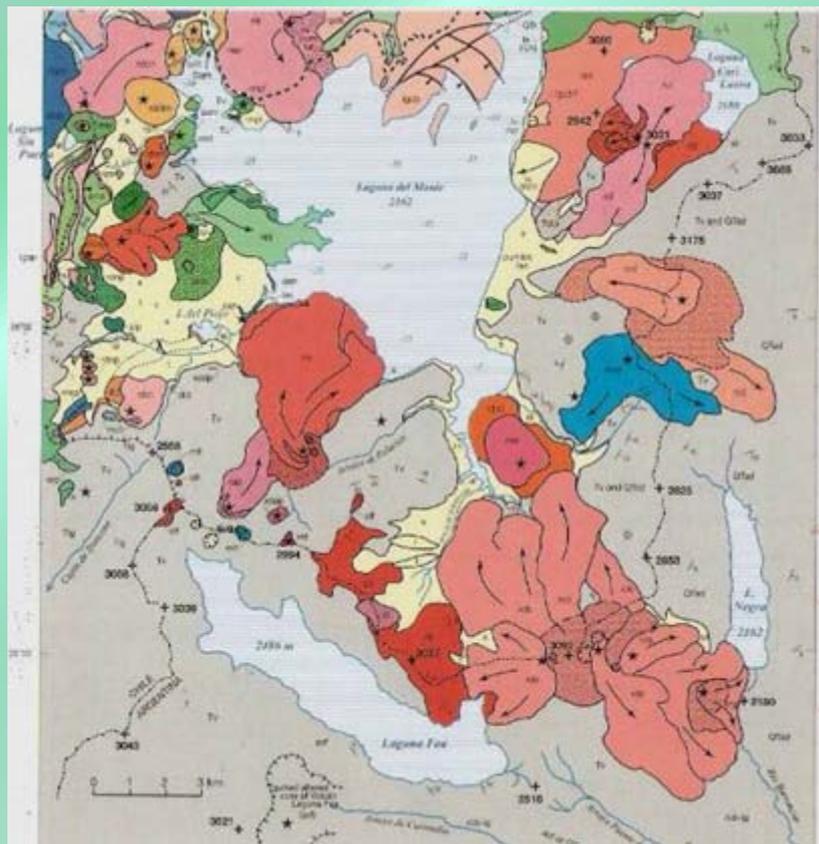
# ESTUDIOS TEFRAS DE LAGUNA DEL MAULE

## Complejo Volcánico Laguna del Maule



**Presenta carácter excepcional en la ZVS por su longevidad, su recurrencia eruptiva y su composición silícea**

- Cubre un área de ~500 km<sup>2</sup> y se extiende a lo largo de ~40 km en la frontera con Chile
- Su historia se remonta a 1.5 Ma (2 ignimbritas con formación de calderas). Se han identificado 130 centros de emisión
- El registro postglacial (< 25 ka) incluye 24 focos eruptivos (domos y coladas riolíticas, conos de pómez y en menor proporción conos de escoria)
- Se infiere la presencia de un reservorio silíceo somero (anomalía InSAR 18 km<sup>2</sup>)



**CB: Complejo Barrancas**  
**CD: Colada Divisoria**  
**CCL: Complejo Cari Launa**

# Facies proximales (margen norte)



**Coladas y tefra (334 ka)**



**Domo riolítico (114 ka)**

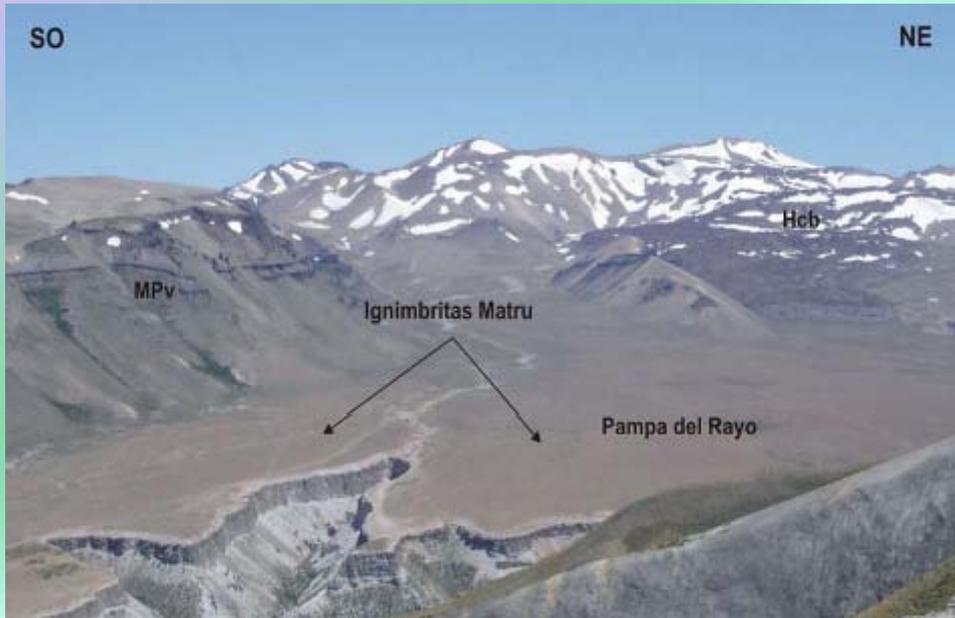


**Tefra (23 ka)**



**Coladas**

# Complejo Barrancas



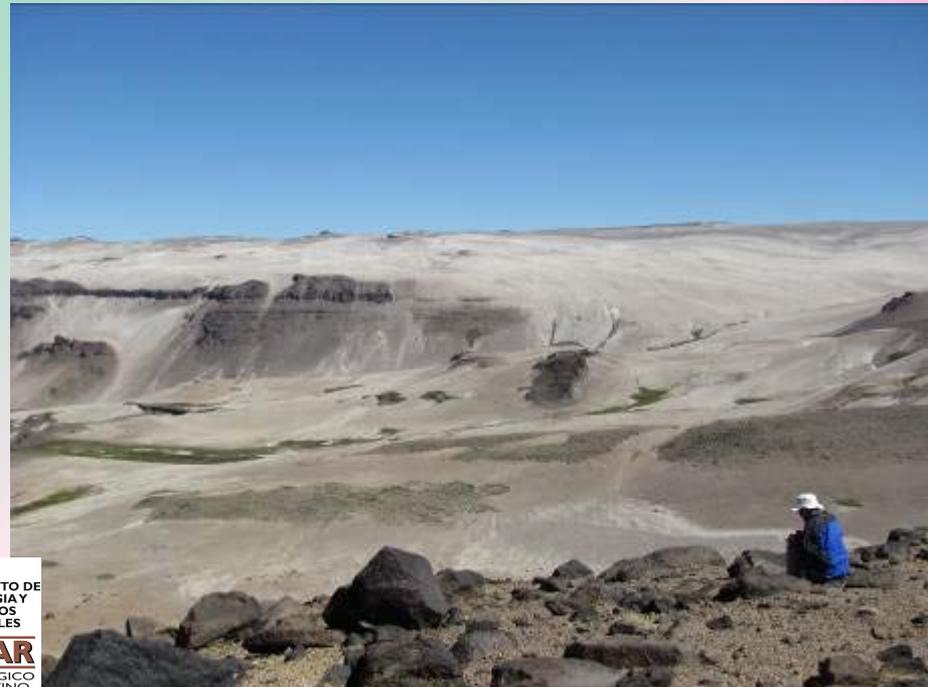
Abarca 3 centros de emisión (vents)  
8 coladas (obsidiana) parcialmente  
superpuestas y un cono de pómez.  
 $\text{SiO}_2 = 75\%$

# Ignimbrita Matru o Barrancas

- $E = 30 \text{ m}$ .  $v = 0.5 \text{ km}^3$
- Compuesta por bloques con vesicularidad variable y ceniza (tipo block & ash)
- Edad estimada: Holoceno



# Complejo Barrancas



# Complejo Cari Launa



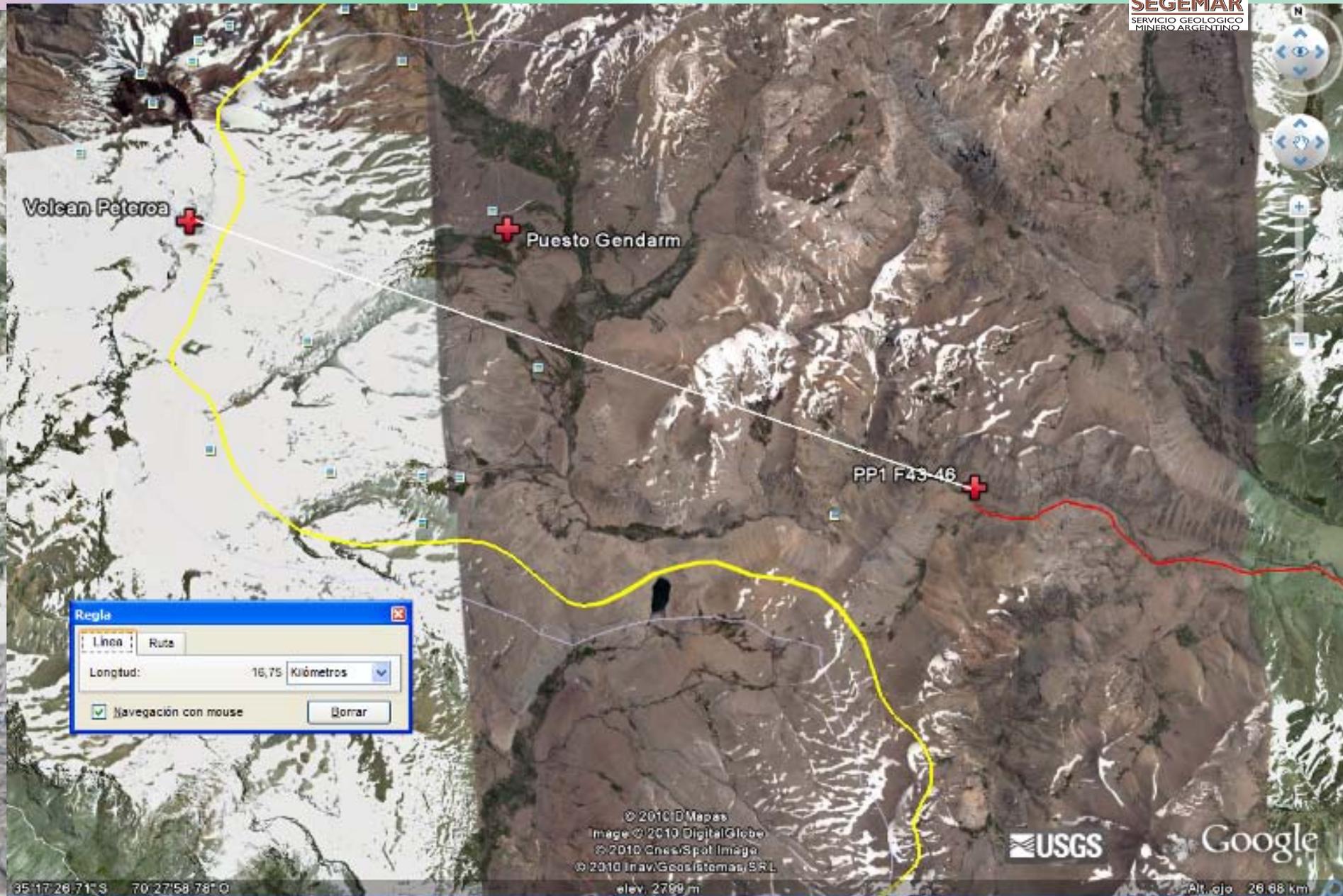
- Abarca dos coladas y un cono de pómez.
- Erupciones subplinianas
- $\text{SiO}_2 = 74\%$
- Edad = 17 ka

# Dispersión hacia el este de la tefra del CVLM



**El Manzano**  
**~65 km del centro emisor**  
**7200 años**

# INSTALACIÓN SISMÓGRAFOS





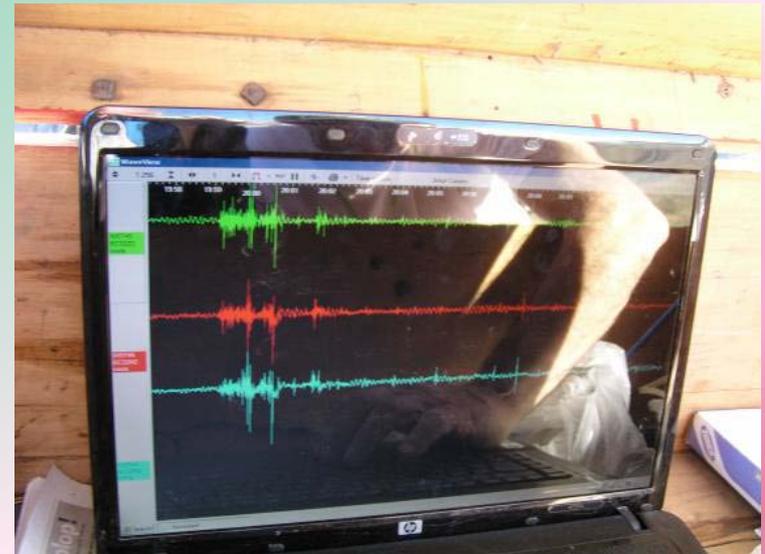
Mendoza, Septiembre-October 2010



## MONITOREO SISMICO DEL VOLCAN PLANCHON-PETEROA

Entre el 7 y el 10 de octubre de 2010 se instaló en cercanías del complejo volcánico Planchón-Peteroa un sismógrafo Guralp GCM-6TD en tres sitios diferentes ubicados en el faldeo sur del Río Grande y Río Valenzuela entre 30 y 50 km al NW de la localidad de las Loicas distante a unos 90 km aproximadamente al SW de la localidad de Malargüe, provincia de Mendoza, la denominación de los puntos de muestreo fueron EPP1, EPP2 y EPP3.

Los registros de los dos primeros sitios fueron descartados debido al ruido provocado por distintas causas



## INSTALACIÓN DEL SISMOGRAFO EN EL FALDEO SURESTE DEL PETEROA



**Muchas gracias por su atención**