



Universidad de Atacama  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Geología



**PELIGROS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA. CONSIDERACIONES  
PARA LA REGIÓN DE ATACAMA**

**Dr. FELIPE AGUILERA**

# INTRODUCCIÓN

## **¿Qué es el riesgo?**

Expectación de que ciertos eventos produzcan un impacto adverso sobre algunos elementos expuestos.

## **¿Dónde nace el concepto?**

En la sociedad, ligada principalmente a términos humanos y económicos.

## **¿Es cuantificable el riesgo?**

Si, siempre tendrá un valor numérico (monetario o en número de víctimas, por ejemplo).

# CONCEPTOS BASICOS

## **PELIGRO VOLCÁNICO**

Expectación de la incidencia de un fenómeno ligado a la actividad volcánica. Probabilidad de que ocurra el fenómeno en un determinado periodo de tiempo.

## **VULNERABILIDAD**

Expectativa de daño o pérdida de un elemento expuesto y condicionada a la magnitud del evento volcánico. Porcentaje de daño con respecto a la pérdida esperada.

## **ELEMENTO DE RIESGO**

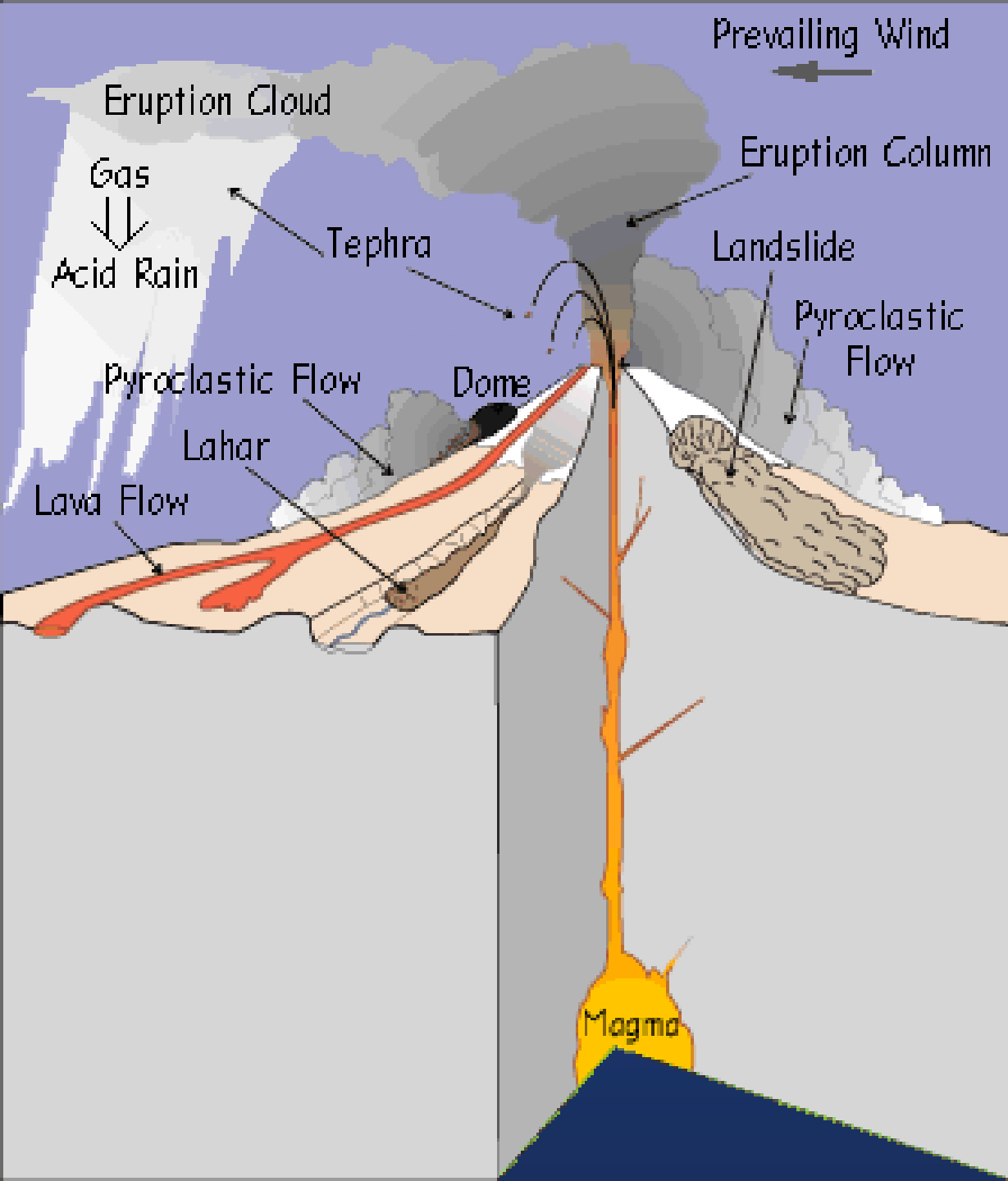
Cualquier elemento que pueda ser afectado producto de un evento volcánico.

## **RIESGO ESPECÍFICO**

Expectación de daño o pérdida de un elemento de riesgo, durante un cierto periodo de exposición.

## **RIESGO**

Es el riesgo específico referido a los costos.



FENOMENOS QUE OCURREN EN UN VOLCÁN QUE CONSTITUYEN UN PELIGRO Y EL DAÑO QUE PUEDEN PRODUCIR

# FLUJOS DE LAVA

- Lavas básicas (escaso contenido de  $\text{SiO}_2$ , poco viscosas): 16 km/h (Hasta 100 km/h en túneles)
- Pérdidas humanas son escasas, principalmente por imprudencia e intoxicación por desgasificación
- Principales pérdidas son las económicas (Infraestructura y actividad agrícola)





# FLUJOS PIROCLASTICOS

Escala	Volumen del depósito km <sup>3</sup>	Distancia recorrida en km
Menor	$V < 0,01$	1 – 5
Media	$0,01 < V < 1$	5 – 20
Grande	$1 < V$	20 – 100



- Velocidades de 180 a 560 km/h
- Temperaturas de 500°C a los 10 km de distancia hasta 100°C a los 30 km
- Muertes principalmente por calcinamiento y asfixia
- Concentraciones de sólo 0,1 kg/m<sup>3</sup> de partículas finas pueden causar la muerte
- Importantes pérdidas económicas (Infraestructura y actividad agrícola)











# PROYECCIÓN BALÍSTICA



- Velocidades de impacto alcanzan 360 km/h para una bomba de 20 cm de diámetro y 5 kg de peso.
- Distancias habituales varían entre 5 a 20 km de distancia, pudiendo alcanzar los 40 km de distancia.
- Daños principalmente para la agricultura, debido a la generación de incendios.



# DISPERSIÓN Y CAÍDA DE PIROCLASTOS

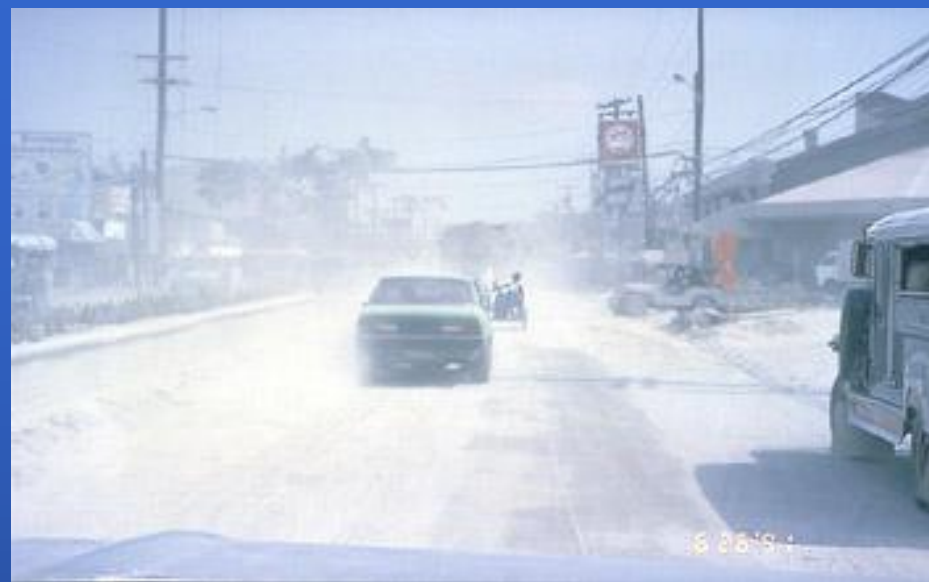
- Este evento es el que afecta una mayor superficie y mayor distancia.

## DAÑOS EN LA AGRICULTURA

- Destrucción completa de la vegetación y plantaciones, las cuales son verificables con espesores menores a 10 mm.

## DAÑOS MECÁNICOS

- Hundimientos de techos por acumulación.
- Accidentes automovilísticos producto de carreteras resbaladizas y escasa visibilidad.
- Interferencias en radio y televisión.
- Fallos en el suministro eléctrico.









# DAÑOS A LA SALUD

- La inhalación de cenizas: Asma y empeora las enfermedades pulmonares.
- Inhalación de polvo silíceo cristalino: Silicosis por exposición prolongada.
- Ingestión de líquidos y alimentos contaminados: Trastornos gastrointestinales, incluso la muerte en personas vulnerables o con males crónicos.
- Ingreso de cuerpos extraños en los ojos: Conjuntivitis.
- El polvo volcánico contiene minerales similares al asbesto, lo que genera asbestosis.
- Cenizas ricas en flúor genera osteofluorosis.
- Gases retenidos en las cenizas y que son liberados pueden generar problemas respiratorios y asfixia.

Dispersión de cenizas provoca problemas en el tráfico aéreo, falta de visibilidad. El efecto de las cenizas en los aviones: i) impacto en el fuselaje; ii) acumulación de las cenizas en los motores, las que se funden en sus cámaras de combustión; iii) corrosión del fuselaje, ya que al combinar agua con los gases se forman ácidos



The tail of this North American B-25 of the 340th Bomb Group was buried deep under the ashes and cinders blown down during the eruption of Mt. Vesuvius on 23 March 1944. Note holes in the tail assembly.



Crew member cleaning the ashes and cinders off the wing of a North American B-25 of the 340th Bomb Group. This was caused by the eruption of Mt. Vesuvius on 23 March 1944.

## EFFECTOS PROVOCADOS POR LA CENIZAS EN LOS AVIONES

Impacto	Daños directos al aparato por el choque de las partículas
Abrasión	Daños en los sistemas mecánicos e hidráulicos
Acreción	Las cenizas se acrecionan y funden en las cámaras de combustión de las turbinas
Corrosión	Los gases volcánicos combinados con agua forman ácidos
Adhesión	La ceniza al adherirse a las superficies, tapa los sistemas de refrigeración y sensitivos



These North American B-25s were bogged down in dunes of lava cinders, from the eruption of Mt. Vesuvius on 23 March 1944. The weight of cinders and ashes on the tail of the planes was so heavy that the nose was lifted off the ground.

# DEFORMACIÓN DEL TERRENO



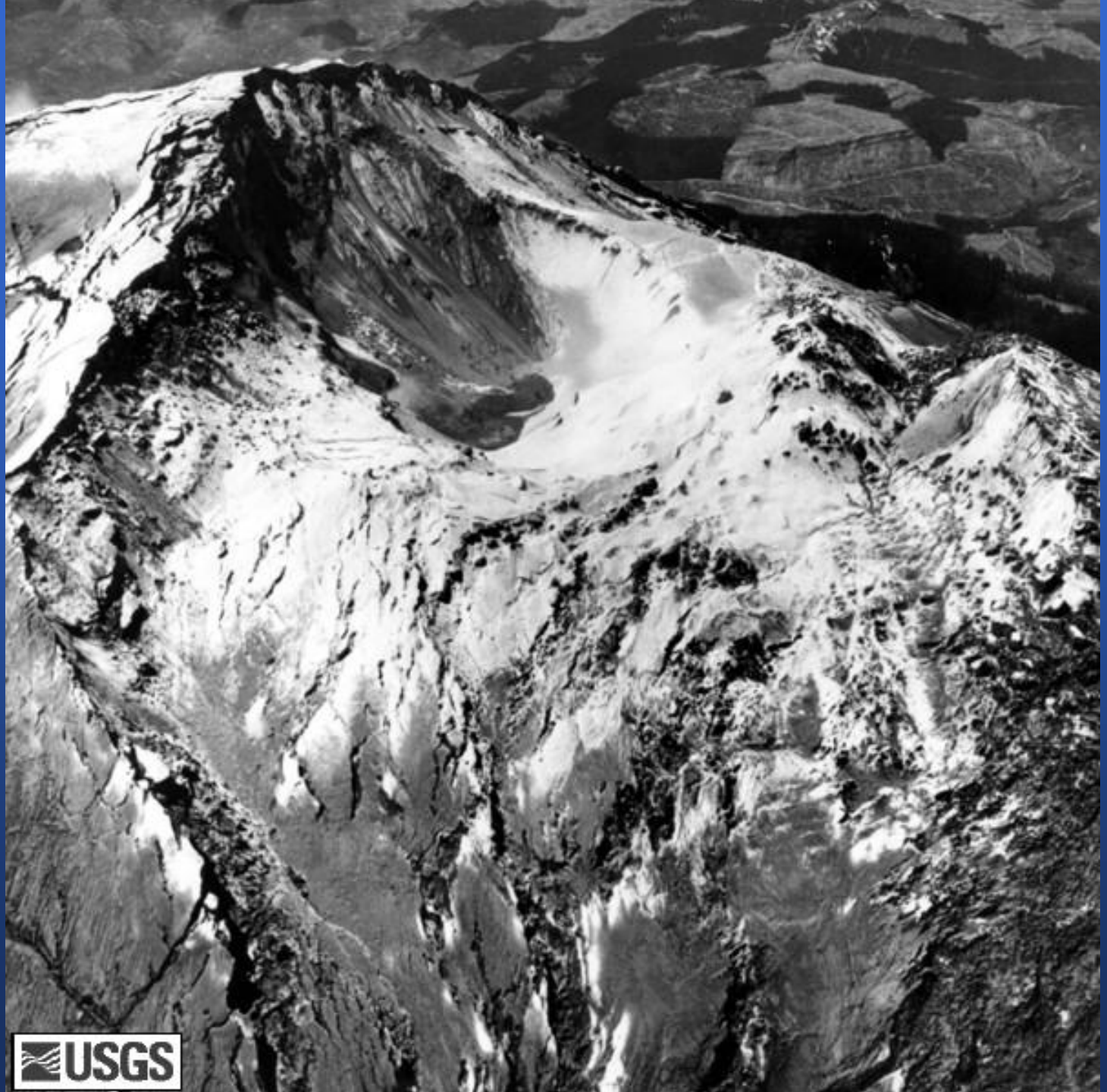


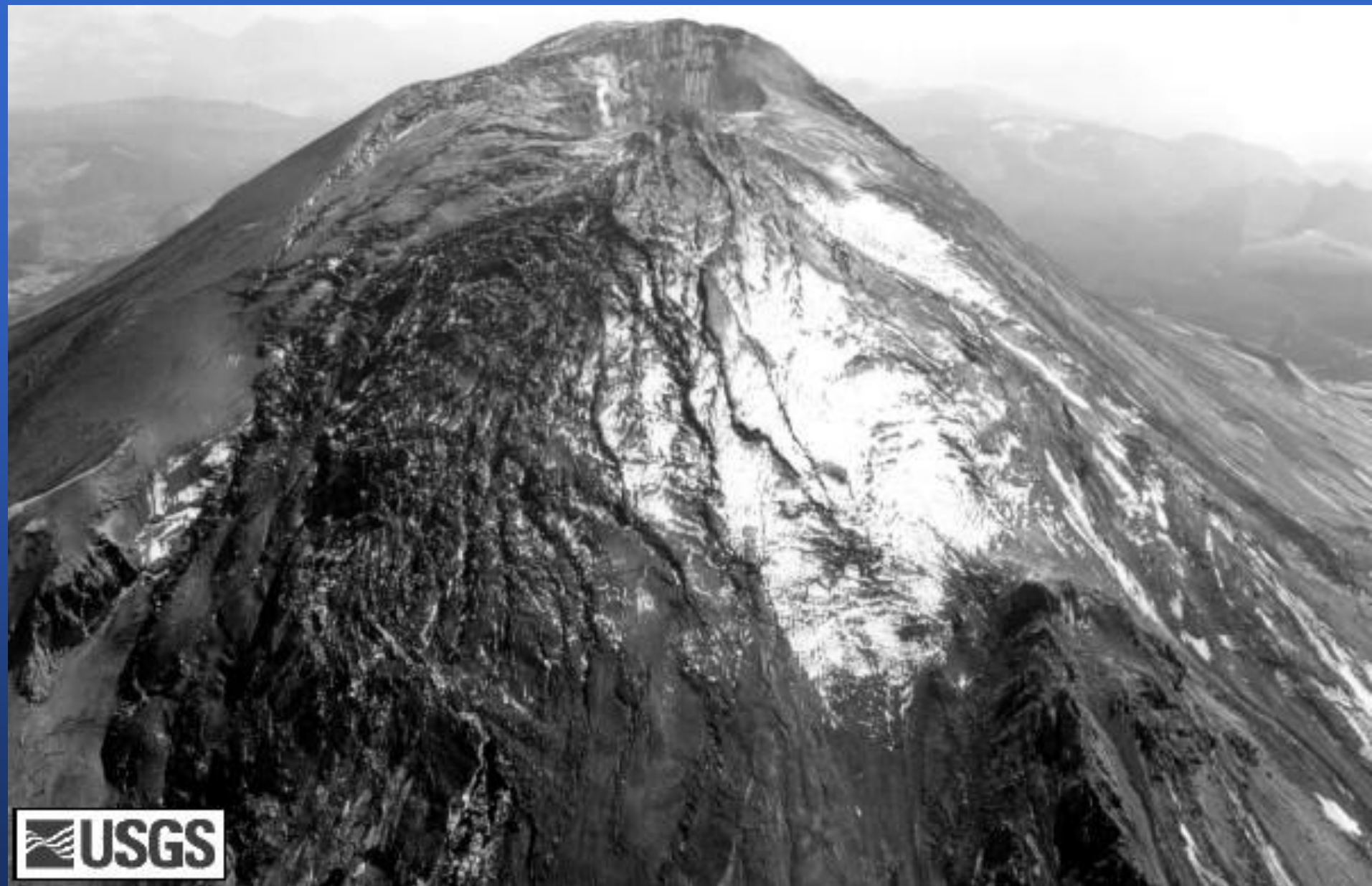






 **USGS**







 **USGS**

# COLAPSO DEL EDIFICIO

- Generalmente es a pequeña escala.
- Producto de la inestabilidad de las laderas del edificio, emplazamiento de criptodomas, etc.
- Producto del colapso se generan avalanchas de detritos.
- Los efectos son generalmente morfológicos.



# EXPLOSIÓN DIRIGIDA

- Es el evento más dañino de una erupción.
- Desencadena oleadas y flujos piroclásticos, proyección balística y avalancha de detritos.
- Ocurre con muy bajo ángulo en la vertical, pero puede cubrir un sector de 180°.
- La destrucción es total, tanto de vida como de estructuras, debido a la abrasión de las partículas, a la onda de presión y de calor, alcanzando unos 300°C.
- Este evento siempre está precedido de una importante deformación del aparato volcánico.



© Copyright Gary Rosenquist 1980



© Copyright Gary Rosenquist 1980



© Copyright Gary Rosenquist 1980



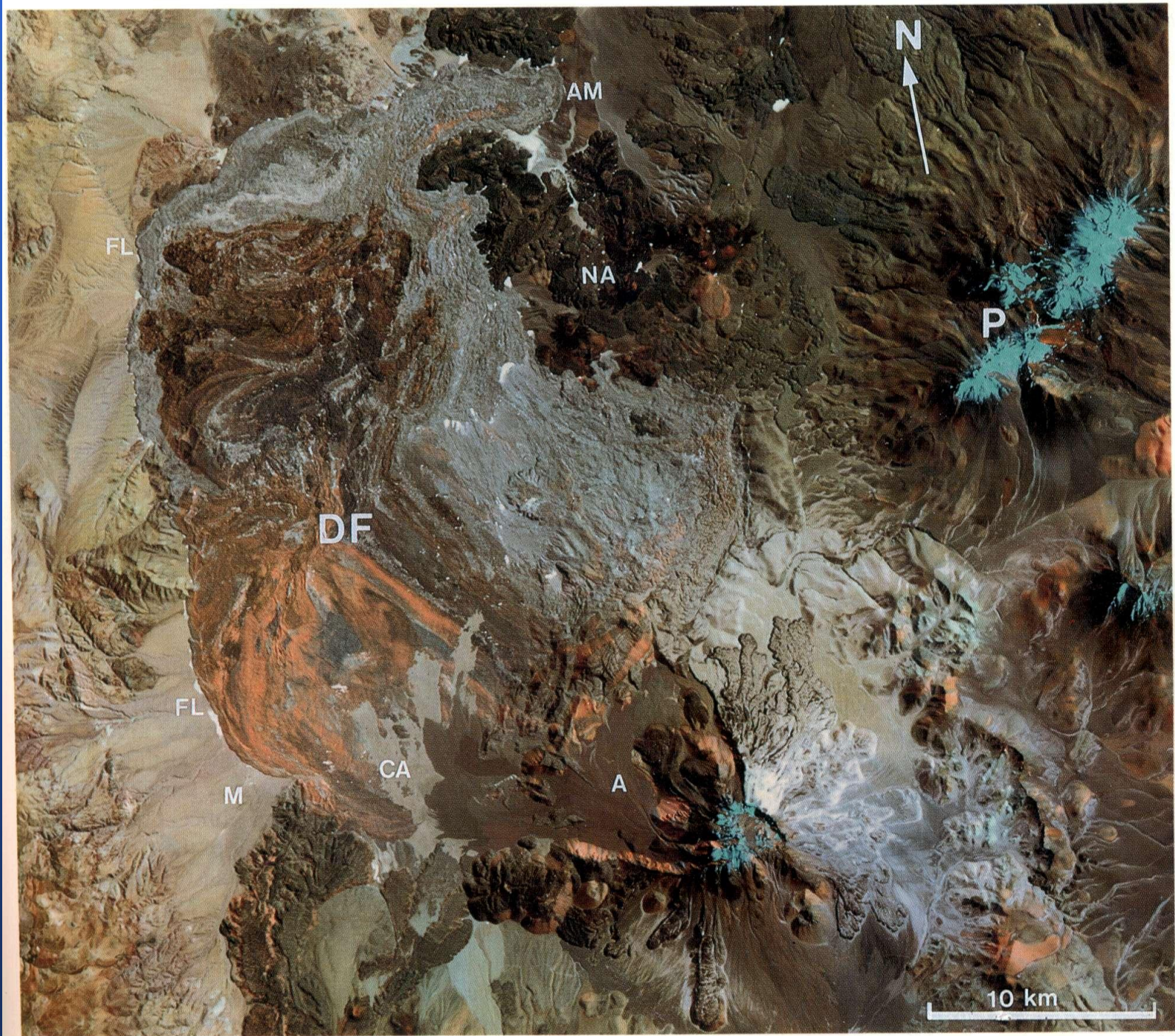
© Copyright Gary Rosenquist 1980

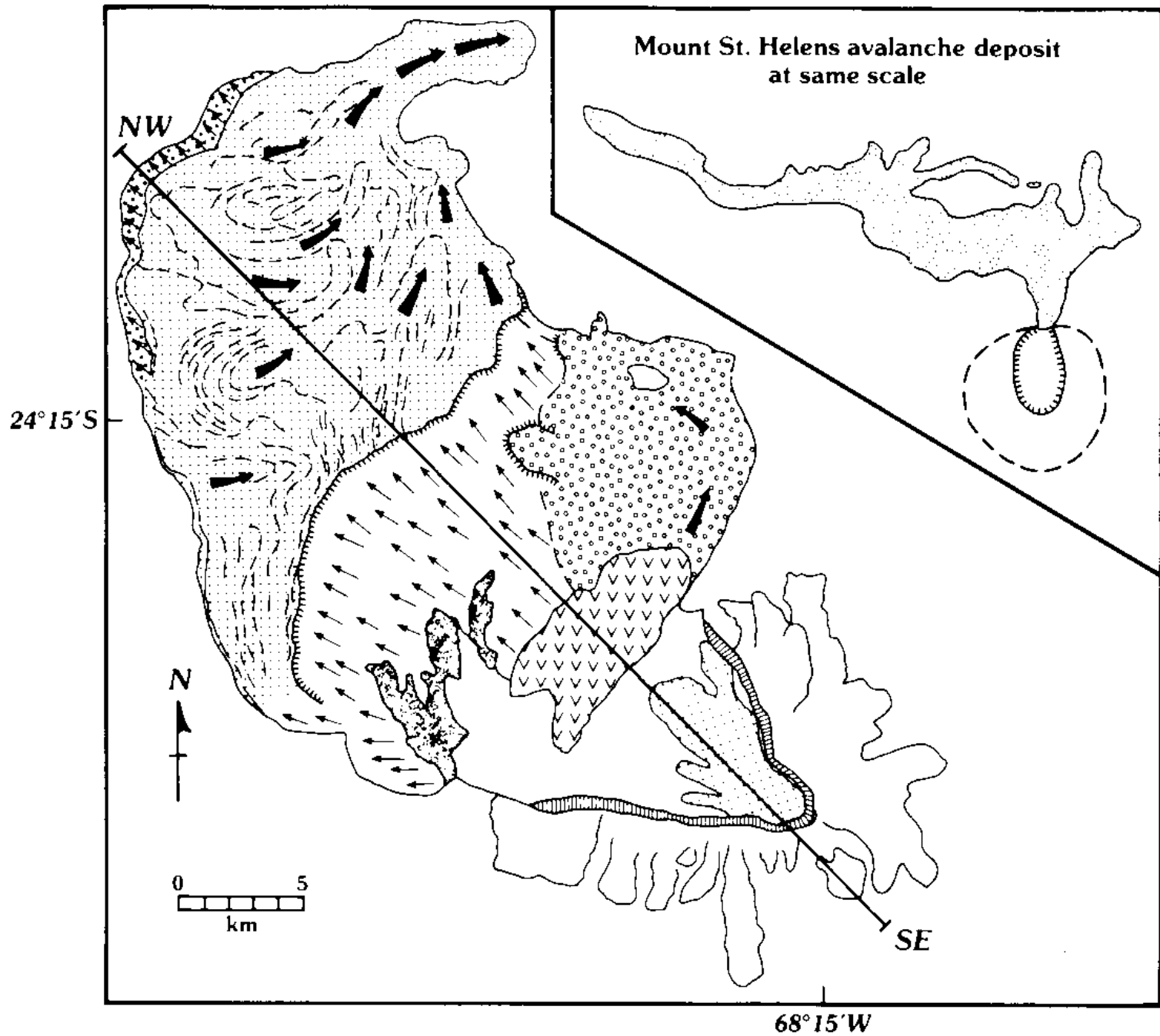


© Copyright Gary Rosenquist 1980









Mount St. Helens avalanche deposit  
at same scale

24° 15' S

0 5  
km

68° 15' W

# LAHARES

- Flujo denso que se produce al fluidizar los materiales volcánicos, generalmente ceniza.
- Son altamente destructivos y alcanzan grandes distancias.
- Se producen por erupciones, incluso muy pequeñas.
- Los factores primarios para la producción de lahares son lagos cratéricos, hielo o nieve en la cumbre del volcán.
- Lluvias intensas también desencadenan lahares.
- Pueden alcanzar velocidades de hasta 100 km/h











# TERREMOTOS VOLCÁNICOS

- Generalmente son de baja intensidad, pero se presentan como enjambres con muchos cientos de eventos diarios, que provocan un efecto de fatiga en las estructuras.
- Hay antecedentes de sismos de alta magnitud y en ocasiones estos pueden ser percibidos a más de 50 km de distancia.



Fig. 25: Efectos de los simos. En [www.volcanoes.usgs.gov](http://www.volcanoes.usgs.gov)

# GASES VOLCÁNICOS

- Generalmente se concentran en las proximidades del centro de emisión.
- Problemas mayores presenta el  $\text{CO}_2$ , más pesado que el aire y el componente más abundante de los gases volcánicos.
- Generación de la lluvia ácida, producto de la acción del agua sobre los aerosoles volcánicos, lo que provoca corrosión en elementos principalmente metálicos, problemas en aparatos eléctricos, electrónicos, etc. y deforestación.

# EFECTOS DE LOS GASES VOLCÁNICOS EN LA SALUD

- Asfixia ( $\text{CO}_2$ ).
- Envenenamiento de la sangre ( $\text{CO}$ ).
- Inflamación e irritación de piel, ojos, nariz y garganta.
- Corrosión de la piel y mucosas.
- Quemaduras.
- Degeneración ósea ( $\text{F}_2$ ).





Fig. 18: Efectos de los gases volcánicos. En [www.volcanoes.usgs.gov](http://www.volcanoes.usgs.gov)

# **EFECTOS DEL VOLCANISMO EN EL CLIMA**

**Relación del volcanismo con el calentamiento global**

**Sin embargo, la inyección de aerosoles en la estratósfera puede producir un fuerte impacto en el clima, pudiendo sus efectos ser producidos incluso a largo plazo y/o a grandes distancias**



# Relación del volcanismo con el calentamiento global

La absorción de la radiación por algunos componentes de la atmósfera («gases con efecto invernadero»,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{O}_3$ , etc.) hacen que la temperatura media en la superficie sea aproximadamente de  $15^\circ\text{C}$  en lugar de  $-18^\circ\text{C}$ . La mayoría se deben al vapor de agua y al  $\text{CO}_2$ , mientras que los efectos térmicos debidos a los otros gases son de menor importancia

Gases volcánicos ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ) pueden contribuir a aumentar la cantidad de los gases de efecto invernadero en una proporción poco significativa

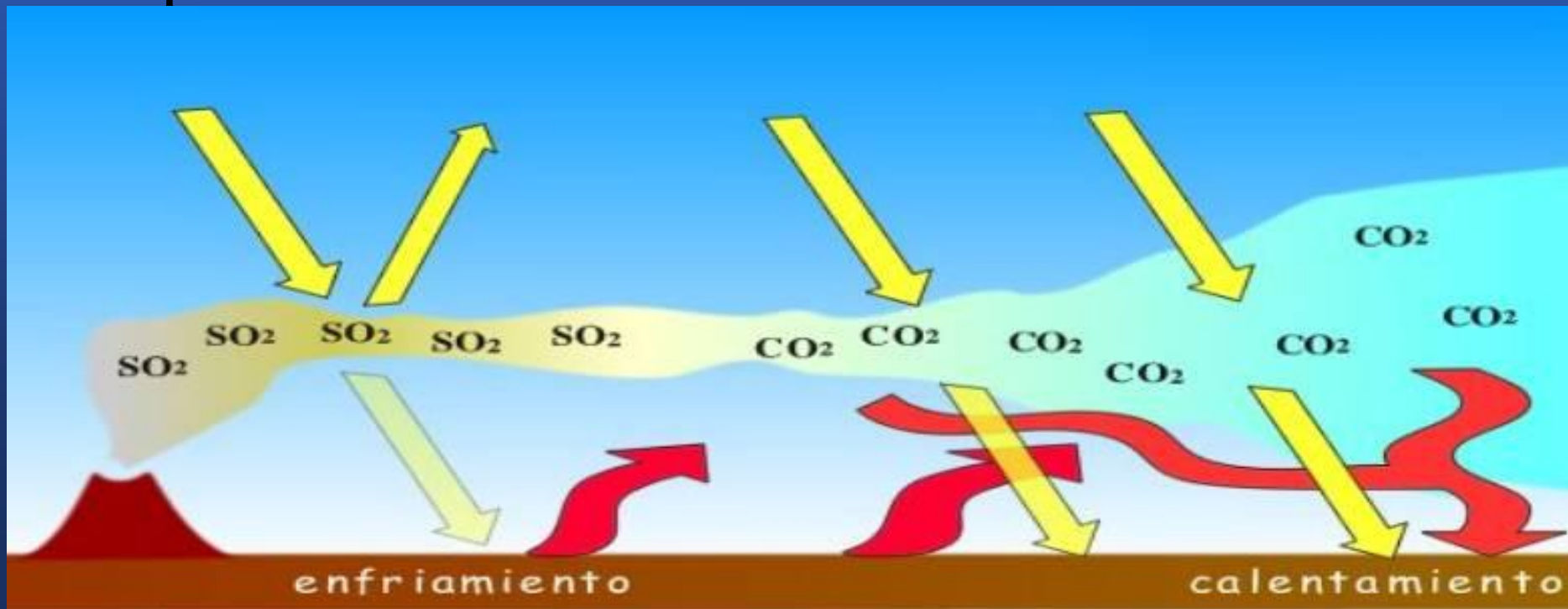
El  $\text{SO}_2$  cuando es inyectado en las partes altas de la atmósfera (estratósfera), pueden formar aerosoles de ácido sulfúrico que junto al polvo volcánico limitan la llegada de radiaciones solares a la superficie provocando un enfriamiento de la troposfera

El período de residencia de los aerosoles de ácido sulfúrico en la estratosfera es de tres o más años. Su vida media (período de tiempo necesario para que la proporción de aerosoles quede reducido a la mitad), es de nueve a doce meses



# Relación del volcanismo con el calentamiento global

Los aerosoles volcánicos absorben parte de las radiaciones infrarrojas y dispersan o reflejan la radiación solar, limitando su llegada a la superficie terrestre. Este efecto denominado «forzado climático» produce el calentamiento de la estratosfera y el enfriamiento de la troposfera. Tras una erupción importante, el enfriamiento puede durar uno o dos años (según la altura de los gases y el contenido de  $\text{SO}_2$ ). En una segunda fase, los aerosoles de azufre sedimentan y, si la erupción contiene también  $\text{CO}_2$ , este gas puede quedar en el aire durante mucho más tiempo, calentándola. El «forzado climático», puede alcanzar el doble de magnitud que el calentamiento por los gases invernadero de origen antrópico



# Relación del volcanismo con el calentamiento global

## *Erupción del Tambora (Indonesia) en 1815*

**La erupción más importante de los últimos 10.000 años**

**Serie de explosiones que fueron oídas hasta 2.000 km de distancia (entre el 5 y el 10 de abril de 1815)**

**Columna eruptiva 33 km de altitud aprox**

**Emisión de 150 km<sup>3</sup> de material volcánico**

**La erupción del Tambora causó directamente unos doce mil muertos**

**Las pérdidas de cosechas en esta región, dependiente de una agricultura de subsistencia, ocasionaron más de noventa mil muertos**

# Relación del volcanismo con el calentamiento global

**La introducción en la estratosfera de grandes proporciones de polvo volcánico y gases provocó una atenuación de la luz solar que se dejó sentir en Norteamérica y Europa, aunque el Tambora está en el hemisferio Sur**

**El año siguiente a la erupción del Tambora, es decir 1816, es conocido como el «año sin verano». Las temperaturas en el Hemisferio Norte, especialmente las mínimas, fueron anormalmente bajas; las lluvias e incluso las nevadas fueron generales durante los meses de verano, provocando una pérdida o disminución generalizada de las cosechas, con las consiguientes hambrunas y problemas sociales**

**Las anomalías de las temperaturas en superficie durante los veranos de 1816, 1817 y 1818 fueron de  $-0.51$ ,  $-0.44$  y  $-0.29$  °C, respectivamente**

# DAÑOS POR ERUPCIONES EN NÚMEROS

# Volcán Santa Helena, Washington, EEUU

## Erupción:

18 de mayo de 1980

## Eventos:

Deformación, explosión lateral, nube de cenizas, flujos piroclásticos y lahares

Las pérdidas económicas producto de esta erupción fue de

**US\$ 1.8  
billones!!!**



Las pérdidas económicas producto de esta erupción fue de  
**US\$ 1.8 billones!!!**

# Erupción del Volcán Nevado del Ruiz, Colombia

- 13 Noviembre 1985
- Evento principal: Lahares
- Efectos: 23.000 personas muertas y 5.000 personas heridas de los 28.700 habitantes de la ciudad, 5.000 hogares destruidos.



# MONITOREO VOLCÁNICO

**Deberes** de una institución que realiza monitoreo volcánico

1. Monitoreo y estudio de los distintos eventos asociados a la actividad volcánica
2. Generación de alertas tempranas en el caso de la ocurrencia de una actividad anómala
3. Entrega de la información hacia las instituciones pertinentes.
4. Estudio completo de los eventos que ocurran en una posible erupción
5. Estudio de otros centros potencialmente activos
6. Generación de mapas de riesgos



# Preguntas que surgen: ¿entonces?

¿Está realmente la sociedad informada que es un volcán?

¿Está la sociedad informada cuales son los riesgos que involucra la actividad volcánica?

¿Está el país preparado para realizar una acción oportuna ante la eventual ocurrencia de una erupción volcánica?

¿Qué estamos haciendo por la prevención social ante la presencia de una amenaza latente como lo es un volcán?

# Trabajo esencial

- Estudio detallado del riesgo volcánico para cada una de las poblaciones que puedan ser afectadas por un evento volcánico.
- Monitoreo volcánico (El Chichón, México, 1982; Mt. Lamington, Nueva Guinea, 1951).
- **Interacción y educación** de la sociedad
- Trabajo conjunto con las autoridades

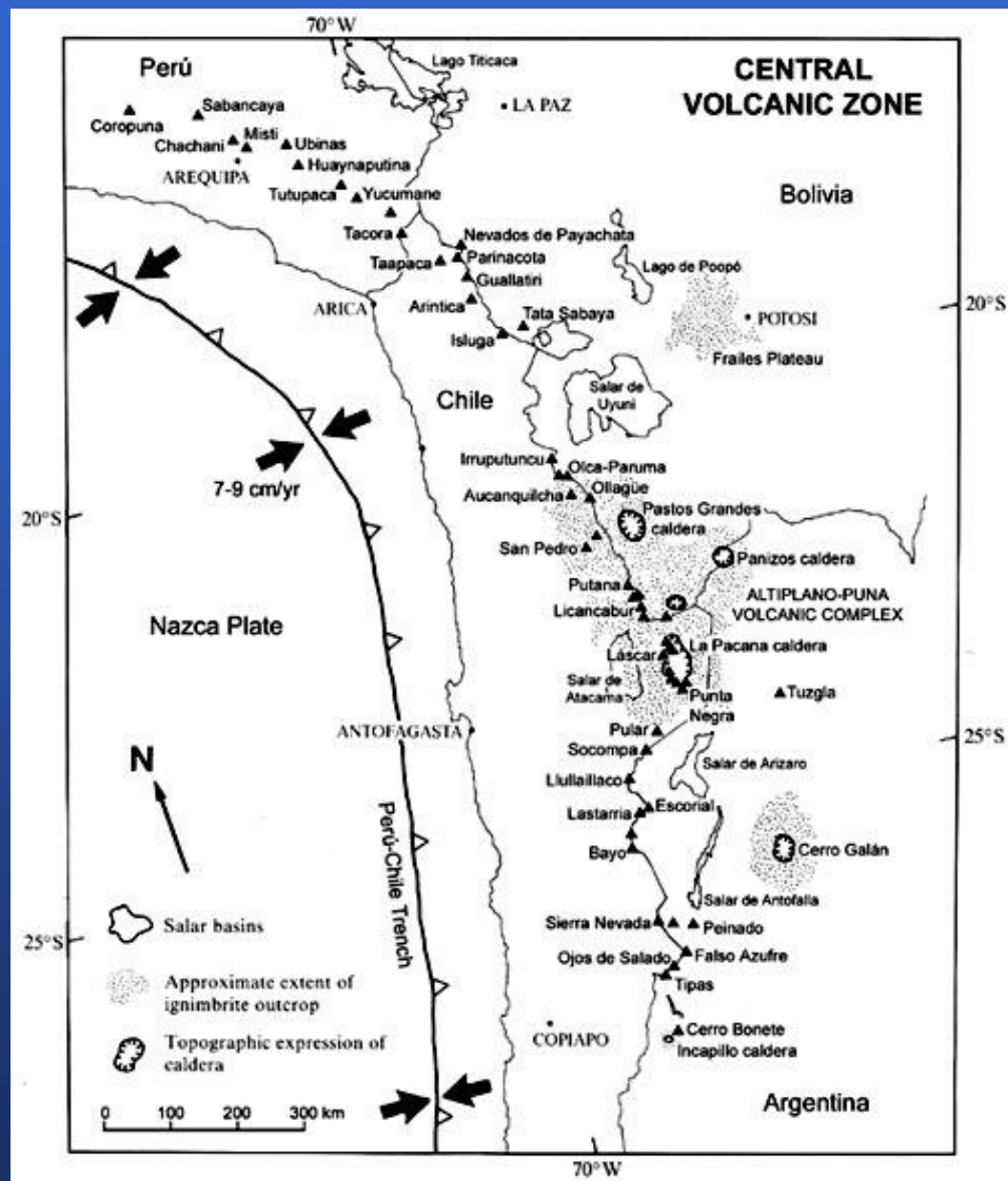
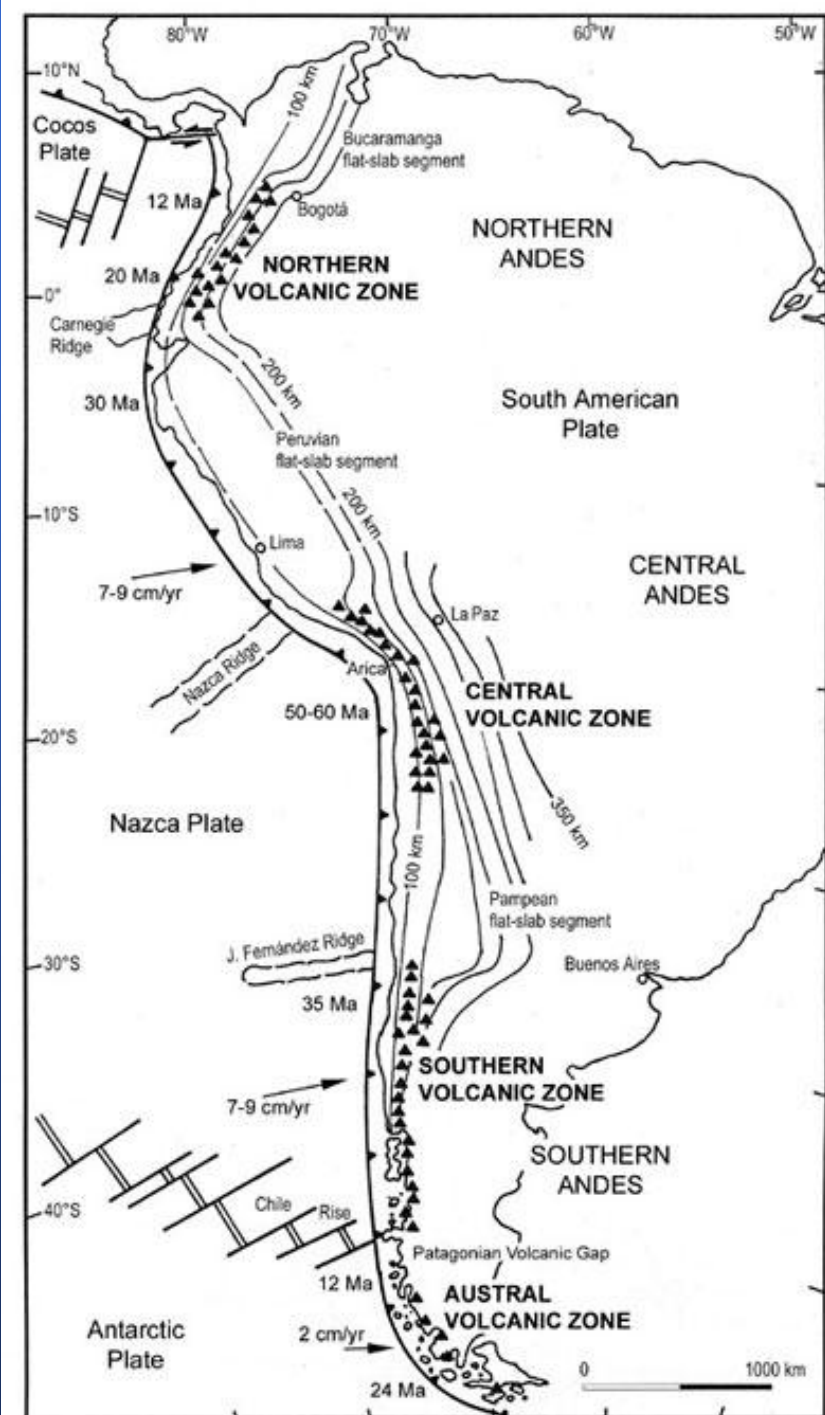
# COMPROMISO SOCIAL

1. **Instruir a la población** en el conocimiento real del enorme potencial destructivo de una erupción volcánica.
2. **Crear conciencia** en la población que las ventajas y aprovechamiento de las tierras fértiles que proporcionan las zonas volcánicas pueden verse truncadas drásticamente tras una erupción volcánica, generando pérdidas humanas y materiales incalculables.

3. **Educar a los pobladores** sobre los daños, tanto superficiales, como arrasamiento de poblados y cultivos y modificaciones radicales de la topografía, entre otros; y en el subsuelo, principalmente por la contaminación de aguas subterráneas por filtración , hacia los acuíferos cercanos, de elementos químicos tóxicos, causando en ellas una imposibilidad de utilización.
4. **Hacer partícipe a la comunidad** en el control del riesgo volcánico, y en conjunto idear planes y normas de control según sea la localidad y la cercanía del volcán a los poblados, medidas tales como, vías de evacuación, sectores de seguridad, ubicación de viviendas y cultivos, etc.

5. Por último, **entregar a los pobladores la educación geológica** suficiente para que así estos hagan un buen uso de la información que los geólogos (vulcanólogos) puedan proporcionar. Esto involucra un conocimiento general de terminología asociada al estudio volcanológico, con el fin de lograr un entendimiento, comprensión e interpretación de mapas de riesgo.

# SITUACIÓN EN LA REGIÓN DE ATACAMA







Lastarria,  
Cordón del  
Azufre, Bayo

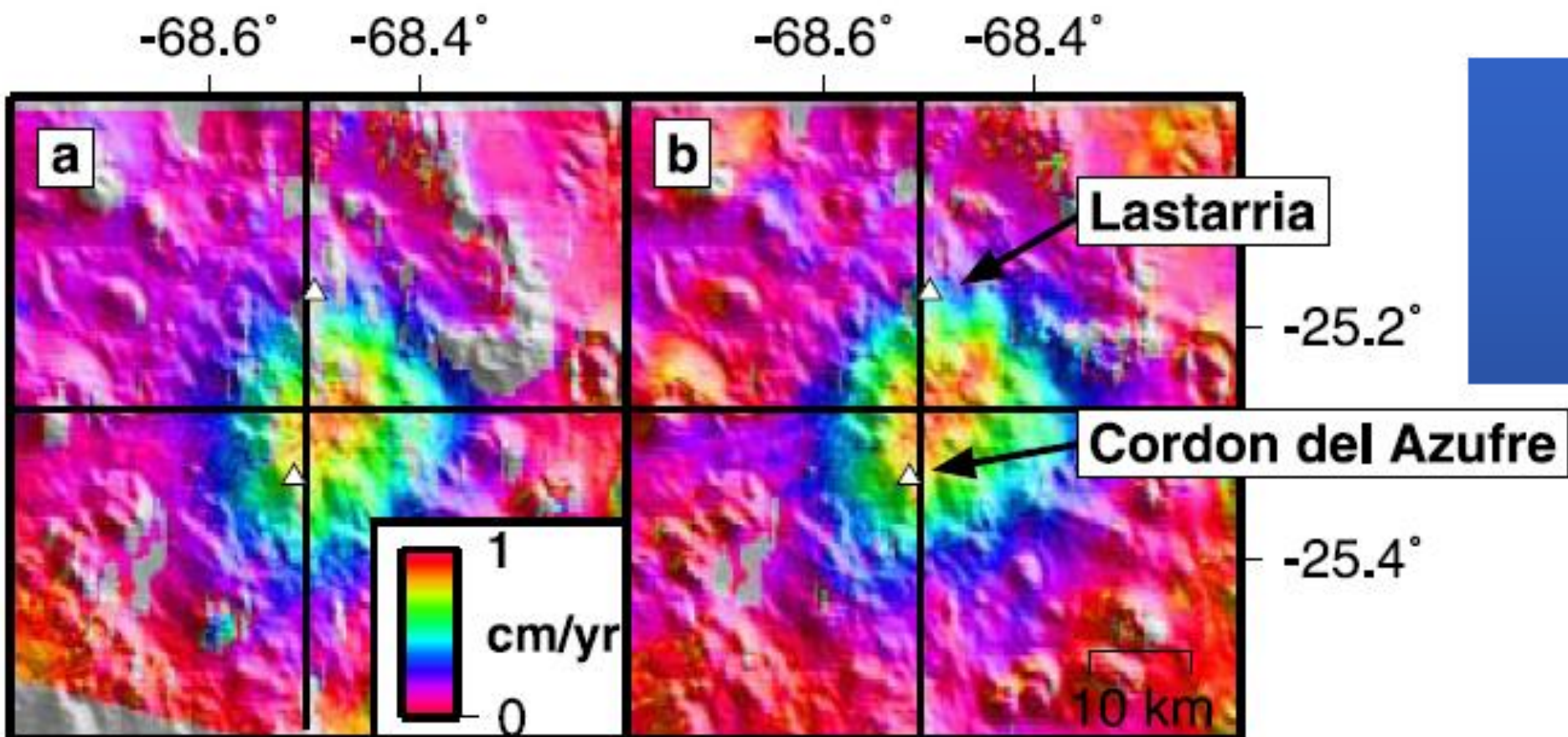
Sierra Nevada

El Solo, Ojos  
del Salado

Copiapó ● Copiapó

Atacama









Fumarolas!!!!



Gracias!!!!

