

## Las erupciones ignimbríticas ...

Vista general del Valle de los diez mil humos. Se nota como estos flujos ignimbríticos llenan los valles con un cierto espesor de material dando al final una superficie horizontal.

Sin embargo, si el material es poco soldado, se erosiona fácilmente.



## Las erupciones ignimbríticas ...



En algunas parte se observa un cambio de color en el depósito, que corresponde a una evolución de la composición química desde dacítica hacia más andesítica. Esto revela la estratificación de la cámara magmática.

(Foto USGS, Alaska volcano Observatory)

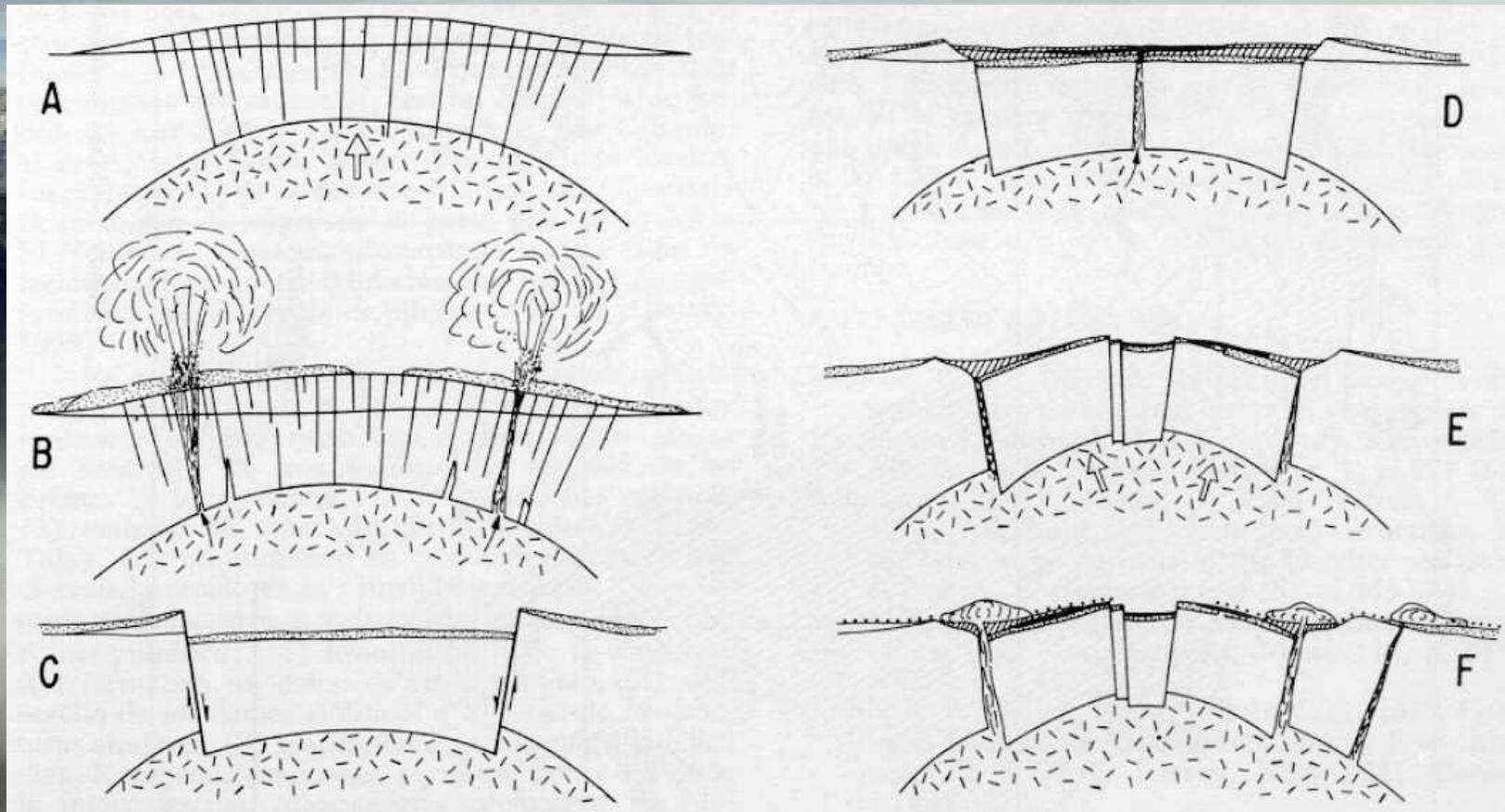
## Las erupciones ignimbríticas ...



(Foto USGS, Alaska volcano Observatory)

El conducto por donde salieron los flujos piroclásticos se ubica al pie del Katmai y fue tapado al final por un pequeño domo de lava, el Novarupta. En volumen, no representa nada en comparación con las decenas de  $\text{km}^3$  de ignimbritas.

## Las erupciones ignimbríticas...



### Evolución de las estructuras en caldera según Smith & Bailey (1968)

- A.- Aumento de la presión de gases en la cámara magmática.
- B.- Erupción ignimbrítica
- C.- Hundimiento en caldera en relación con el vaciado progresivo del reservorio
- D.- Accumulación de sedimentos lacustres ricos en fragmentos volcánicos
- E.- Abombamiento central (domo resurgente)
- F.- Domos volcánicos tardíos.

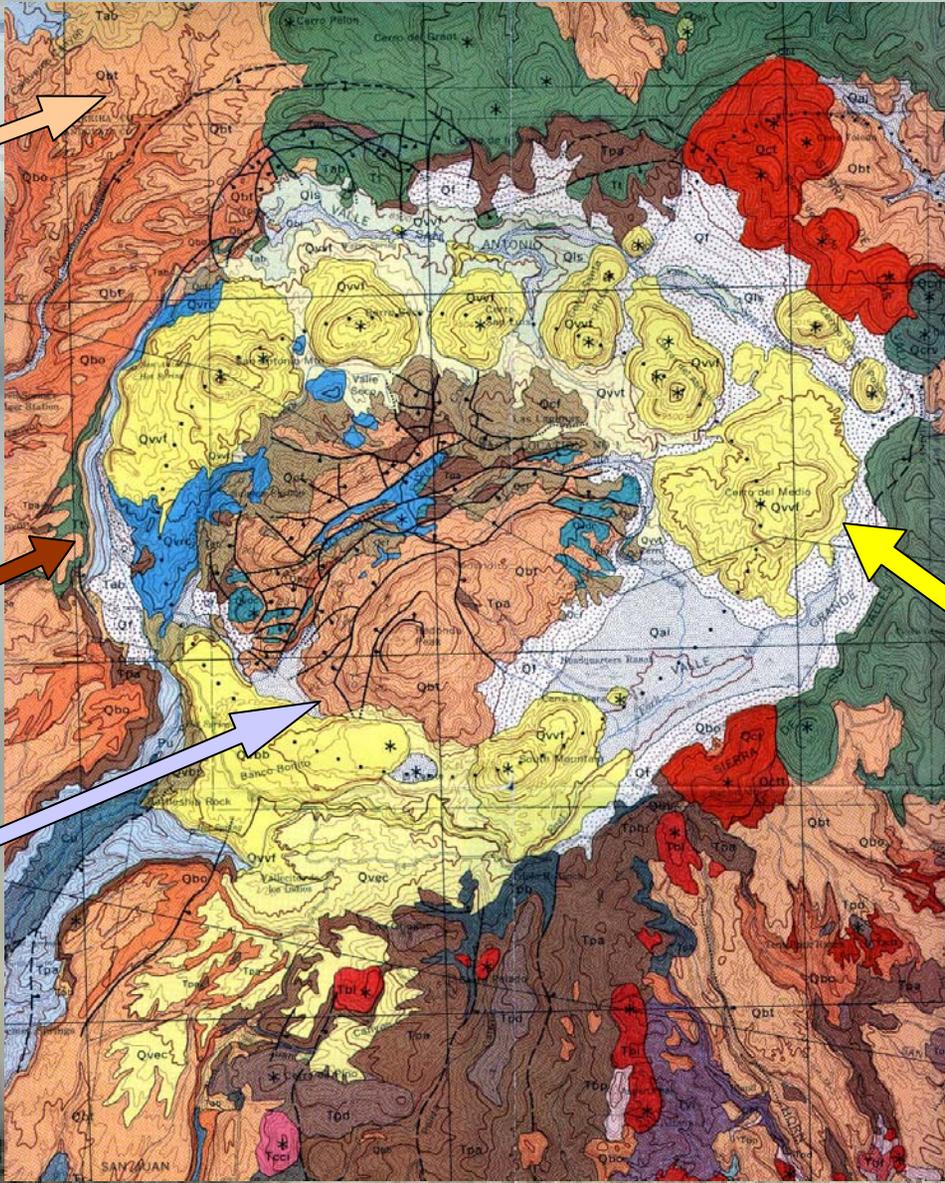
Las erupciones ignimbríticas ...

Flujos piroclásticos

Límite del hundimiento en caldera

Parte central « resurgente »

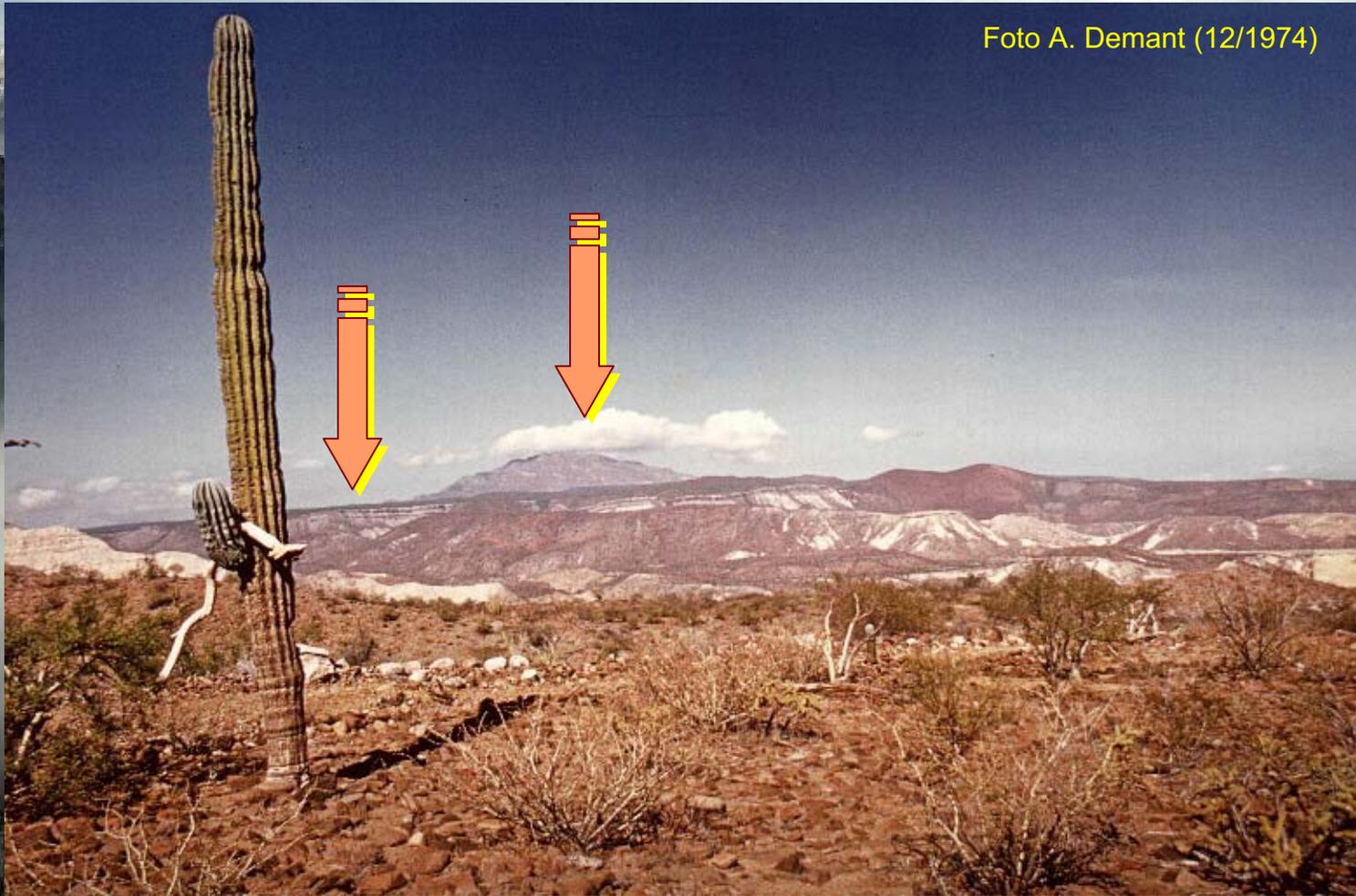
Domos riolíticos post caldera



Caldera de Valles, Nuevo México, USA

## Las erupciones ignimbríticas ...

Foto A. Demant (12/1974)



Un ejemplo de caldera resurgente, la caldera de La Reforma en Baja California sur (México). Se observa :  
la meseta ignimbrítica y la parte central levantada de unos 700 m !

## Las erupciones ignimbríticas ...

**Caldera Aniakchak (Alaska)** resultado de la erupción de más de  $50 \text{ km}^3$  de magma, hace 3 450 ans. La caldera tiene 10 km de diámetro, y una profundidad de 500 a 1 000 m.

foto B. Yount 11/04/1984



**Caldera de Ugashik, Alaska.** En la parte central de la caldera (5 km de diámetro) se ven 5 domos de lava.

## Las erupciones ignimbríticas .....

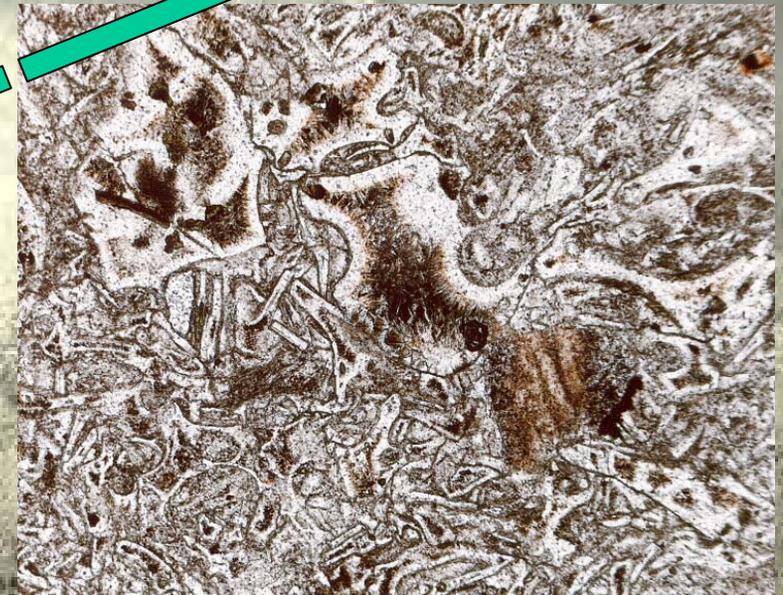
Cerro Galan (NW Argentina).



Este derrame de ceniza y pomez fechado en 2.2 Ma es responsable del hundimiento en caldera visible en esta imagen del Landsat thematic mapper. La parte central en relieve es resurgente.

Aspecto típico en el campo de una toba ignimbrítica no soldada en la cual se reconocen.....

En lámina delgada aparecen fragmentos de vidrio en forma de X o Y, cristales así como xenolitos de color mas oscuro.



## Las erupciones ignimbríticas...

En el centro de la caldera, de 9 km de diámetro, un pequeño cono escoriáceo y su derrame.



Derrame de ceniza y pomez de la erupción de  $6845 \pm 50$  BP responsables de la formación de la caldera de Crater Lake (Oregon, USA).

El cambio de color nítido en el flujo piroclástico corresponde a una variación de la composición química desde riodacita (70-72%  $\text{SiO}_2$ ), en la base, hasta andesita (56-62%  $\text{SiO}_2$ ) en la parte superior. Eso resulta del vaciado progresivo de una cámara magmática bien estratificada.



## Las erupciones ignimbríticas ...

Estos grandes espesores de ignimbritas que cubren cerca de 250.000 km<sup>2</sup> y forman una gran meseta se emplazaron entre 35 y 20 Ma.

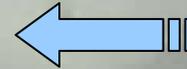
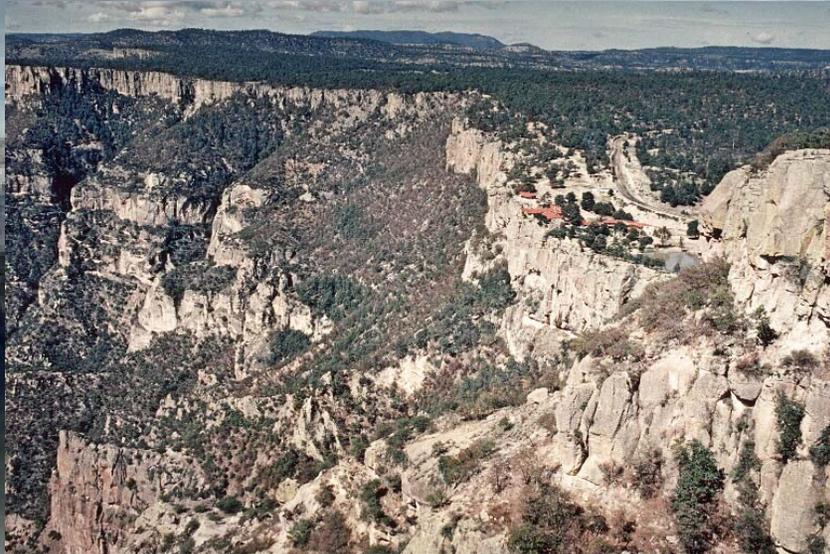


Foto A. Demant (1998)



Sierra Madre Occidental, NO de México.

Se distinguen en esta foto dos unidades ignimbríticas de más de 10 m de espesor. La unidad inferior de 8.1 Ma camino cerca de 150 km desde su fuente la caldera de Pastos Grandes en Bolivia.

(P. Francis, slide set compiled from the book « Volcanoes a planetary perspective »).



Canyon del Río Loa, norte de Chile.

## Las erupciones ignimbríticas ...

### Cerro Galan (NW Argentina).

Los gases que están atrapados en la base del depósito tienden a formar «*fluidization pipes*» que suben hacia la superficie para formar fumarolas. La circulación de estos gases hace que el material fino se va con ellos y que se concentran por lo tanto en estos conductos los líticos (por eso la diferencia de color) y las pomez. Eso se ve muy bien en la base de este flujo ignimbrítico del Cerro Galan de más de 10 m de espesor. Se puede observar por otro lado el carácter poco soldado del depósito (ausencia de flammes).



(P. Francis, slide set compiled from the book «*Volcanoes a planetary perspective* »).

## Las erupciones ignimbríticas ...

Caldera de La Primavera, cerca de Guadalajara, México.



Foto A. Demant (1976)

En la superficie del flujo ignimbrítico, las fumarolas activas durante muchos años, como se pudo ver en el Valle de los diez mil humos en Alaska, favorecen la silicificación de las tobas alrededor de los «pipes», lo que explica la formación de estas pequeñas chimeneas...

## Las erupciones ignimbríticas...

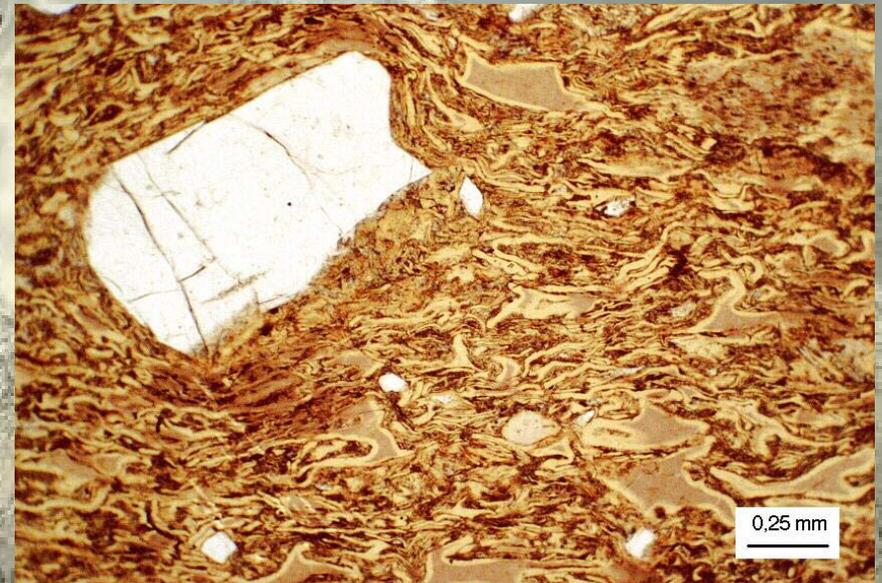


Los grandes volúmenes de ignimbritas presentan a menudo texturas eutaxíticas en su parte inferior que se reconocen a la presencia de « fiamme » de vidrio negro.

(P. Francis, slide set compiled from the book « Volcanoes a planetary perspective »).

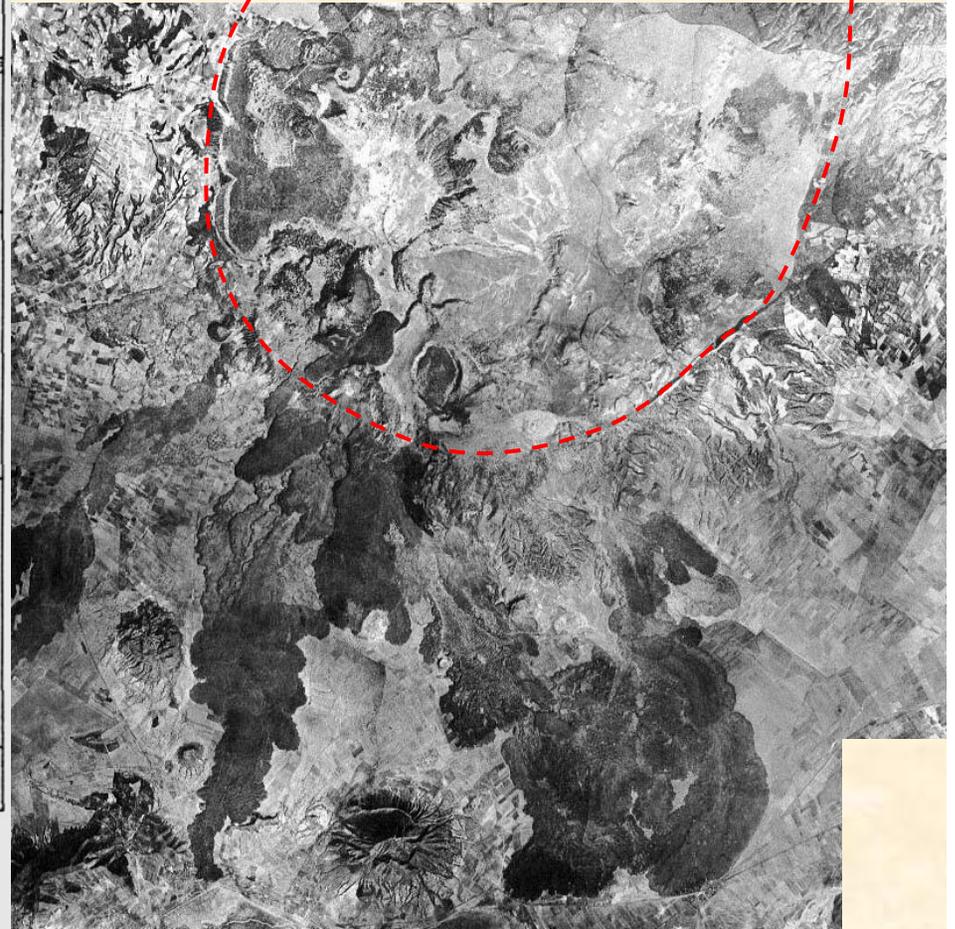
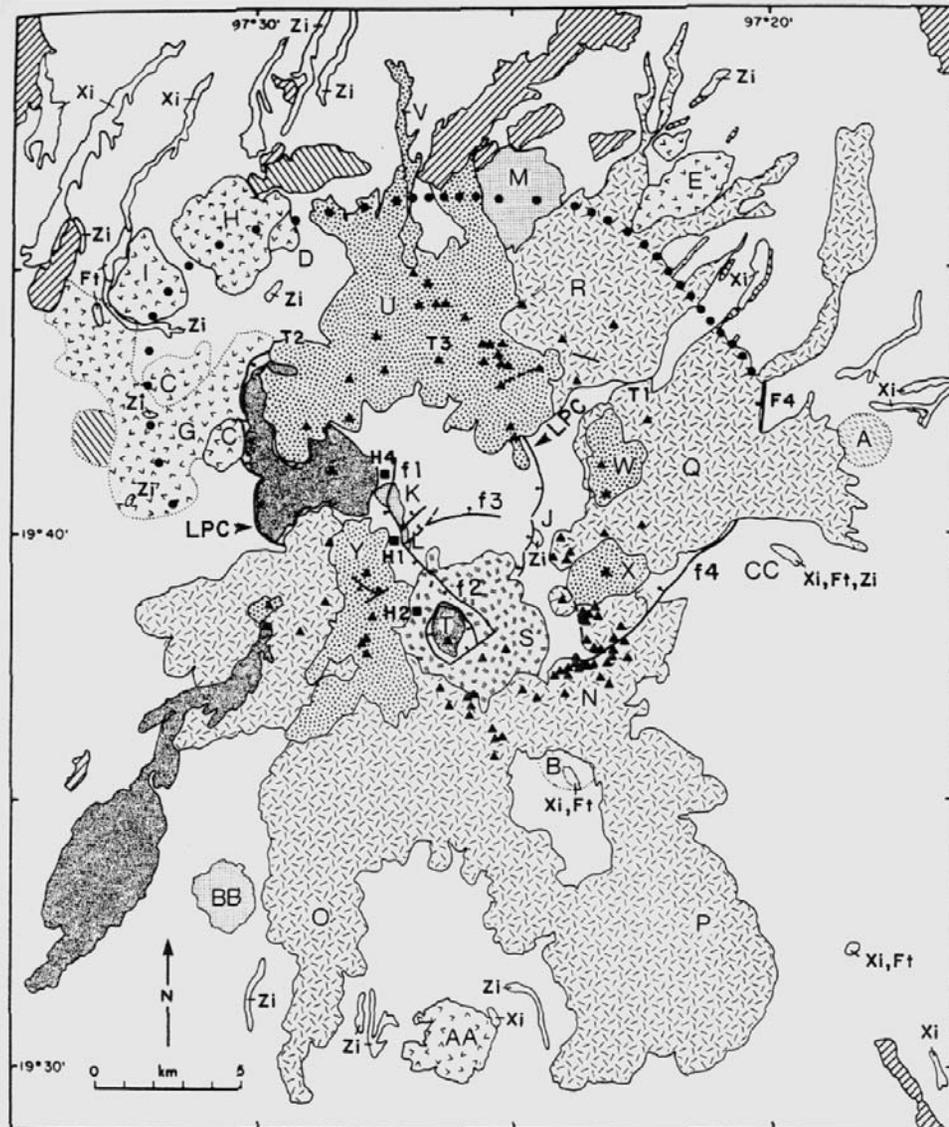
En lámina delgada los fragmentos de vidrio se ven aplastados y deformados alrededor de los fenocristales.

Fotos A. Demant (2000)



## Las erupciones ignimbríticas ...

Caldera de Los Humeros (Este del Eje neovolcánico mexicano) : un ejemplo de mezcla de magmas en un sistema de caldera





# Pinatubo, 1991

# Co-Ignimbrita

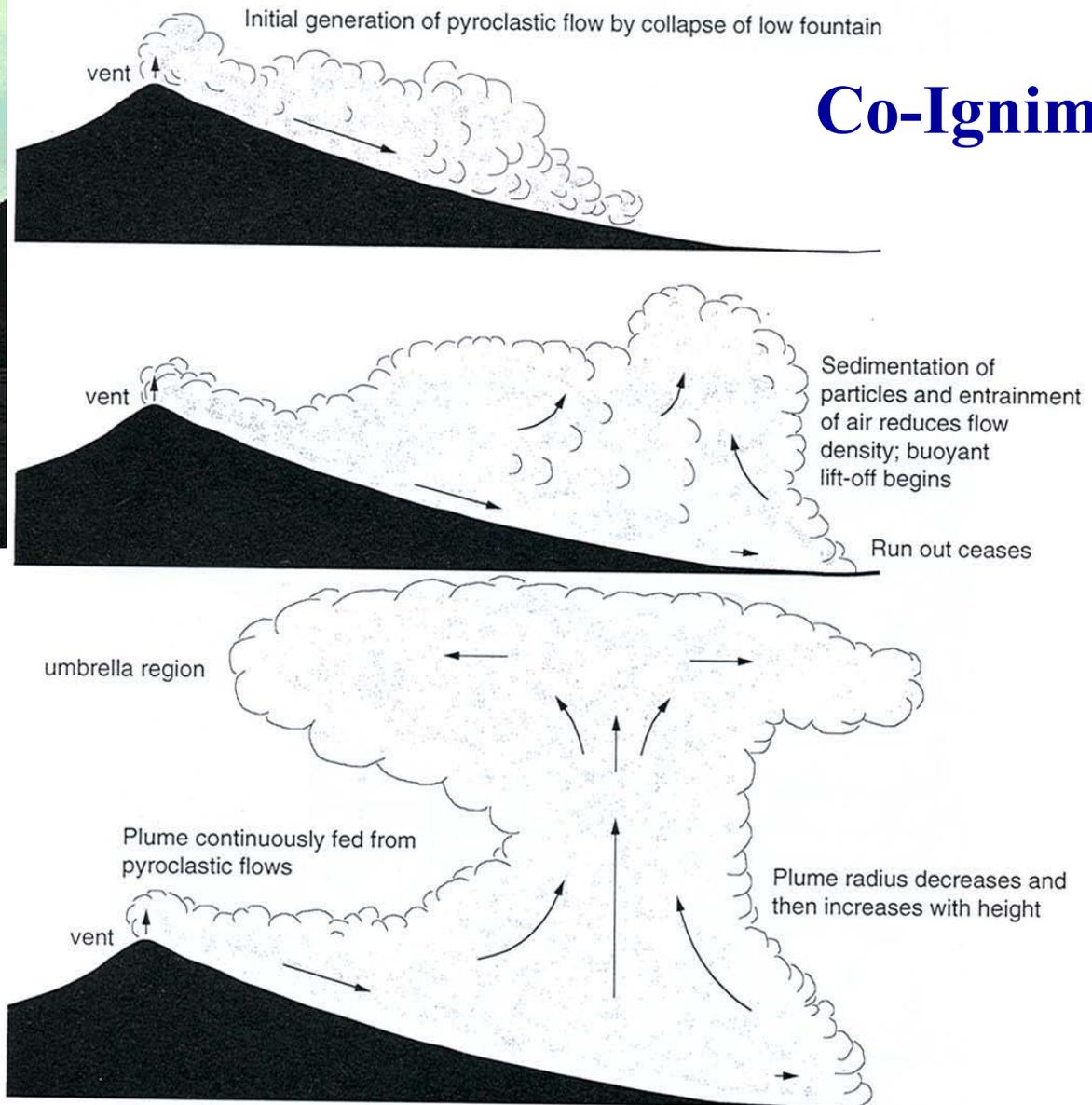
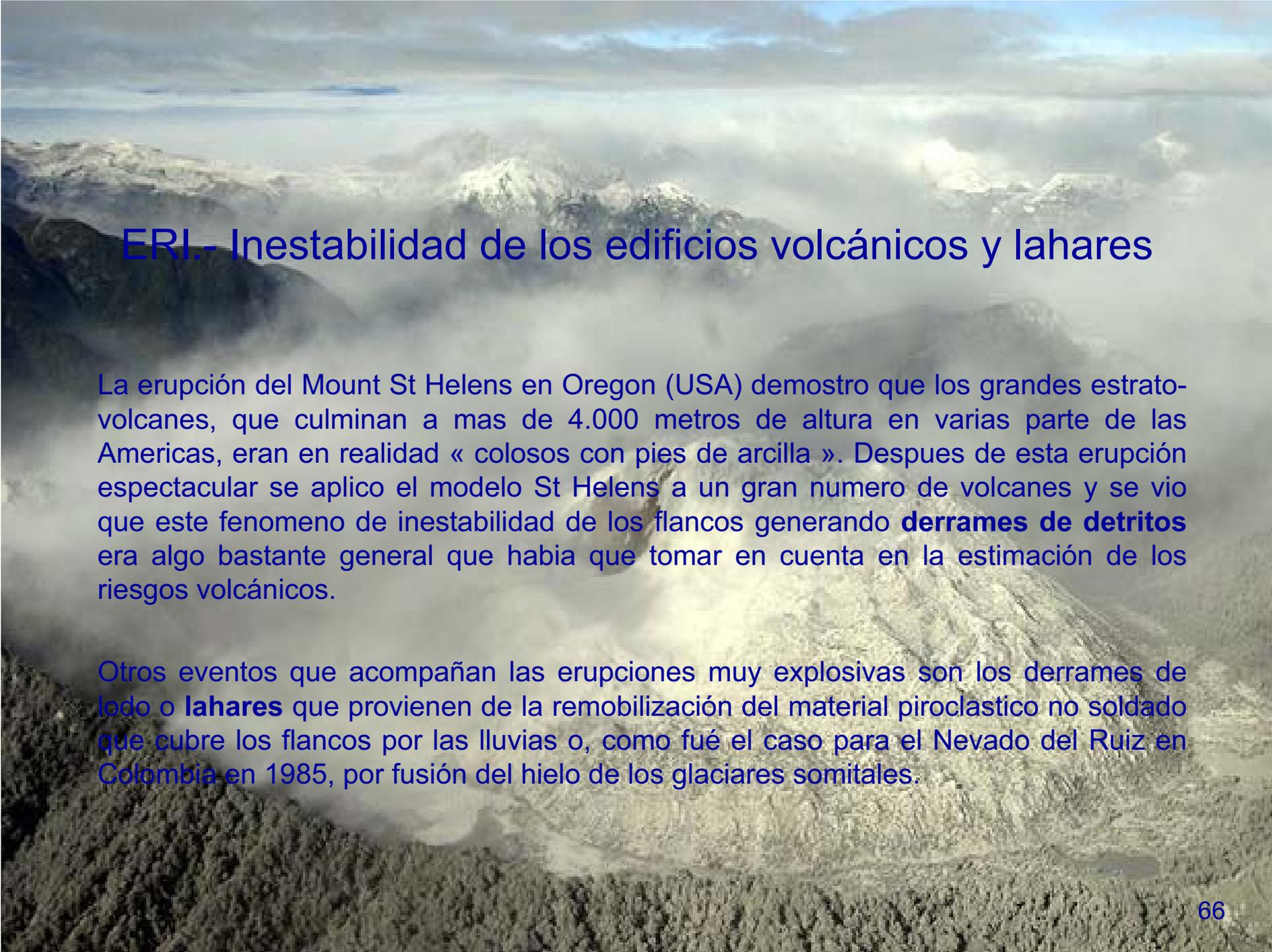


FIGURE 10 Development of a co-ignimbrite plume from a pyroclastic flow descending the slopes of a volcano. The initial erupted mixture is denser than the atmosphere and flows down the slope of the volcano under the influence of gravity. During flow, particles are deposited and air is entrained and heated. The bulk density of the flow decreases until the upper part is less dense than the atmosphere and a plume rises off the top.



## ERI.- Inestabilidad de los edificios volcánicos y lahares

La erupción del Mount St Helens en Oregon (USA) demostró que los grandes estratovolcanes, que culminan a más de 4.000 metros de altura en varias partes de las Américas, eran en realidad « colosos con pies de arcilla ». Después de esta erupción espectacular se aplicó el modelo St Helens a un gran número de volcanes y se vio que este fenómeno de inestabilidad de los flancos generando **derrames de detritos** era algo bastante general que había que tomar en cuenta en la estimación de los riesgos volcánicos.

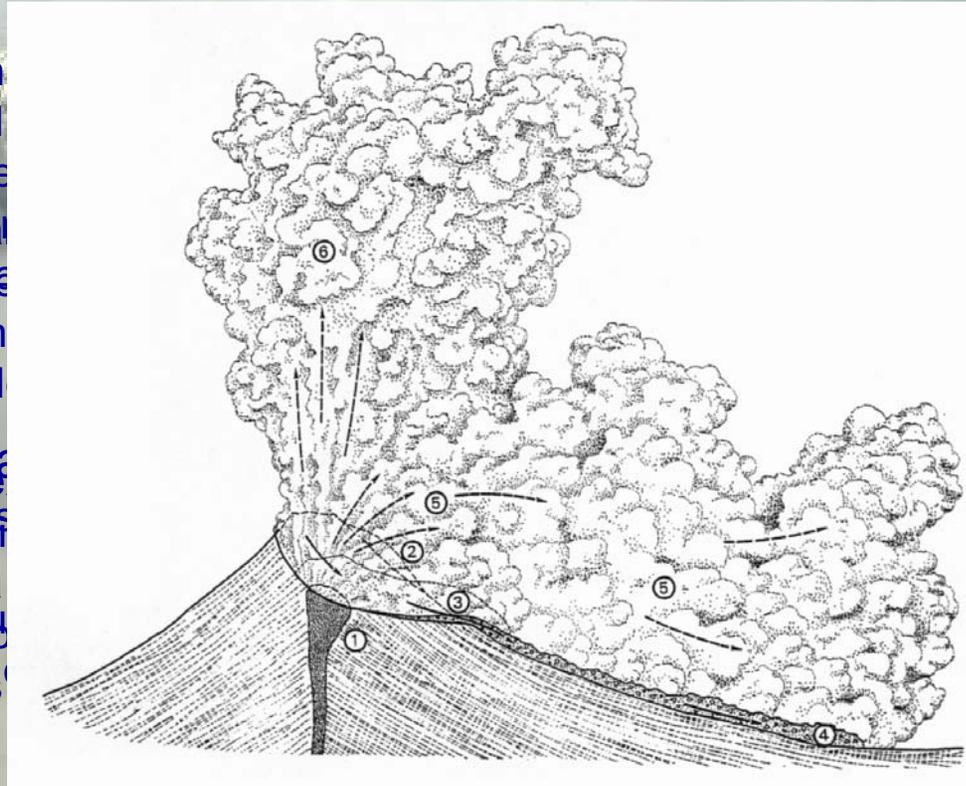
Otros eventos que acompañan las erupciones muy explosivas son los derrames de lodo o **lahares** que provienen de la remobilización del material piroclástico no soldado que cubre los flancos por las lluvias o, como fue el caso para el Nevado del Ruiz en Colombia en 1985, por fusión del hielo de los glaciares somitales.

## La erupción del Mount St Helens en mayo 1980



El 18  
magn  
en el  
empie  
subia  
frío de  
fragn  
que d

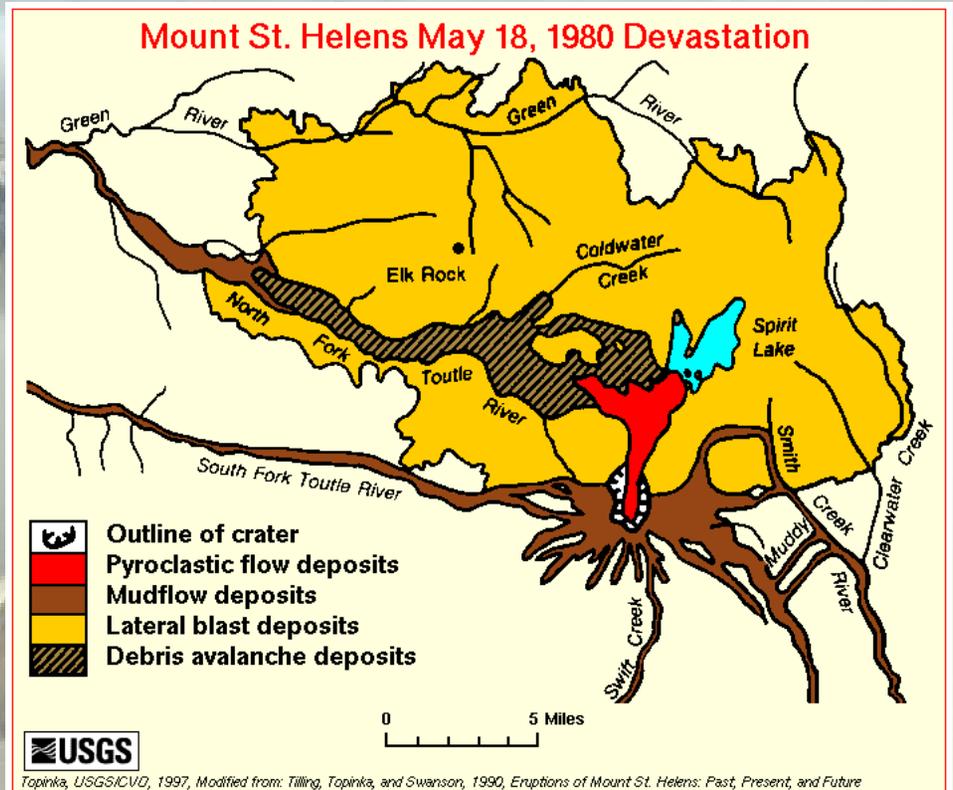
ERIA - La  
La e  
Una  
veloc  
entra  
masa  
produ  
flanco  
en la  
todos



08:33:18

A raíz del deslizamiento del flanco una rápida caída de presión se produce en el conducto volcánico. Una gigantesca explosión se desarrolla horizontalmente (el *blast*, cargado de vapor de agua).

de  
ma  
se  
sta  
es  
nuy  
ono  
  
la  
ya  
de  
168



Una vez destapado el conducto, se desarrollo un penacho pliniano que oscurecio toda la región. Las cenizas fueron despues remobilizadas por las lluvias en forma de lahares.

La erupción del Mount St Helens en mayo 1980

Algunas fotos más...



Vista desde el SW, en el fondo el Mount Rainier.

Erupción freática en la cima y deformación del flanco norte.  
La deformación del flanco norte (*bulge*) es impresionante.  
Después del colapso del flanco norte... los *hummocks* al pie del cono.

## Avalanchas de detritos...

Foto L. Topinka, 1981



Derrames de detritos llenando la Toutle River, 10 km al oeste del volcán...este tipo de material es sumamente heterogéneo tanto en tamaño como en naturaleza de los bloques

## Avalanchas de detritos...



El nuevo cráter de 3 km de diámetro...

...en el centro del cual apareció un pequeño domo de lava.

**Avalanchas de detritos...**



...periódicamente destruido por explosiones freáticas

Avalanchas de detritos...



1984

El Spirit lake todavia lleno de detritos.....

Avalanchas de detritos...

...y la zona afectada por el *blast* con los arboles que indican la dirección del sopro.



## Avalanchas de detritos...

Estos árboles no eran nada chico !  
Eran pinos de cerca de 50 metros de altura...sin embargo, fueron quebrados como cerillos !



## Avalanchas de detritos...

Foto L. Topinka, 12/08/1985



Los derrames de detritos de la Toutle River. Puesto que se trata de material poco soldado, fueron despues rapidamente erosionado.

## Avalanchas de detritos...

Foto S.R. Brantley, 3/07/1994



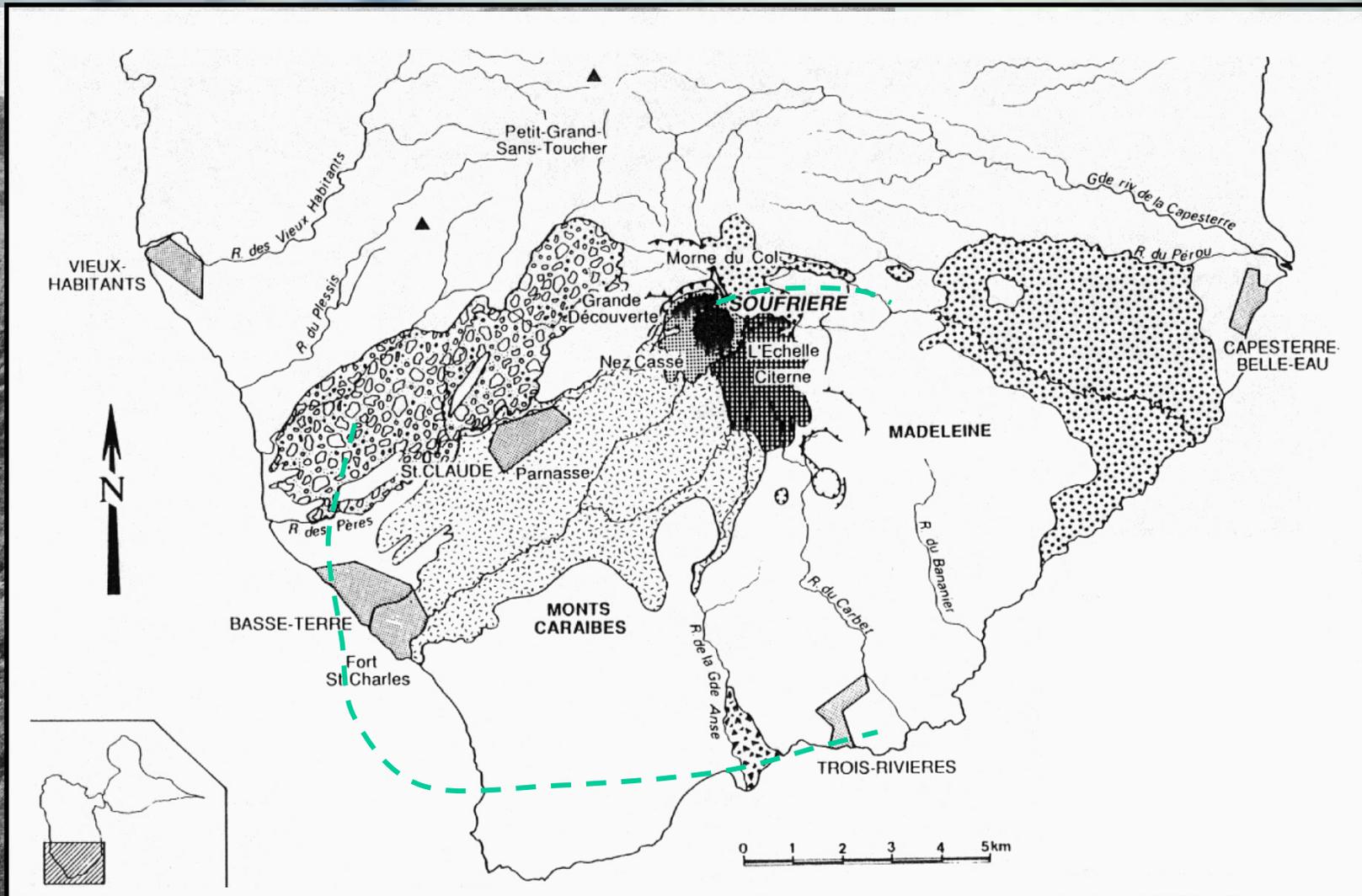
que permitieron  
hasta 1980.

de los volcanes  
se manifiesto el  
grandes estrato-

Paisaje de tipo *hummocks* al pie del Mount Shasta (USA).

Este depósito de tipo avalancha de detritos es 20 veces mas importante que el del St Helens.

## Avalanchas de detritos...



Crater  
n la  
Saint

En La Soufrière de Guadeloupe se reconocieron varias fases de avalanchas de detritos en relación con la formación de cráteres en forma de herradura.



## Avalanchas de detritos...



**Hummocks** al pie del volcán Augustine (Alaska). Este tipo de relieve es característico de las avalanchas de detritos.



## Avalanchas de detritos...

Una de las avalanchas de detritos más importante esta relacionada con un evento ocurrido hace 7.200 años en el volcán Socompa (Desierto de Atacama, N de Chile). Un seismo provocó el derrumbe de todo el flanco oeste del edificio volcánico que culminaba a 6.300 m. El volumen de esta avalancha fué estimado en 10 veces el de la avalancha del Mt St Helens, cubriendo una área de 500 km<sup>2</sup>.

avalancha de detritos

Lugar de la foto siguiente

Volcán Socompa

(Fotos P. Francis, slide set compiled from the book «Volcanoes a planetary perspective»).

## Avalanchas de detritos...



Límite SW de la avalancha de detritos del volcán Socompa. Se vé como la avalancha «subió» sobre el relieve paleozoico formando una «levée» lateral de unos 40 m.

(Fotos P. Francis, slide set compiled from the book «Volcanoes a planetary perspective»);  
[http://tabitha.open.ac.uk/volcano/francis/francis\\_slides.html](http://tabitha.open.ac.uk/volcano/francis/francis_slides.html)



Pequeño lahar bajando del volcán Santiaguito (Guatemala) en el Río Nima ERI, a consecuencias de fuertes lluvias.

Aspecto de un lahar...el material es muy heterogéneo (colecta todo tipo de bloques en las faldas del volcán) y la matriz es muy fina de tipo lodo.

La erupción del Nevado del Ruiz en 1985



Vista del crater formado por erupciones freáticas en la cumbre del volcán. Cenizas grises cubren el glaciar.

La erupción del Nevado del Ruiz en 1985



Esta foto muestra como los valles glaciares canalizaron los derrames de lodo o lahares, hacia el pie del volcán y la cubierta importante de material no soldado en las faldas.

La erupción del Nevado del Ruiz en 1985



Los derrames de lodo adquieren una energía tremenda por la pendiente importante y por el hecho que se encajonan en valles estrechos. Al desembocar cerca de Armero, a unos 50 km del volcán, destrozó gran parte de la ciudad sepultando 28.000 gentes.

La erupción del Nevado del Ruiz en 1985

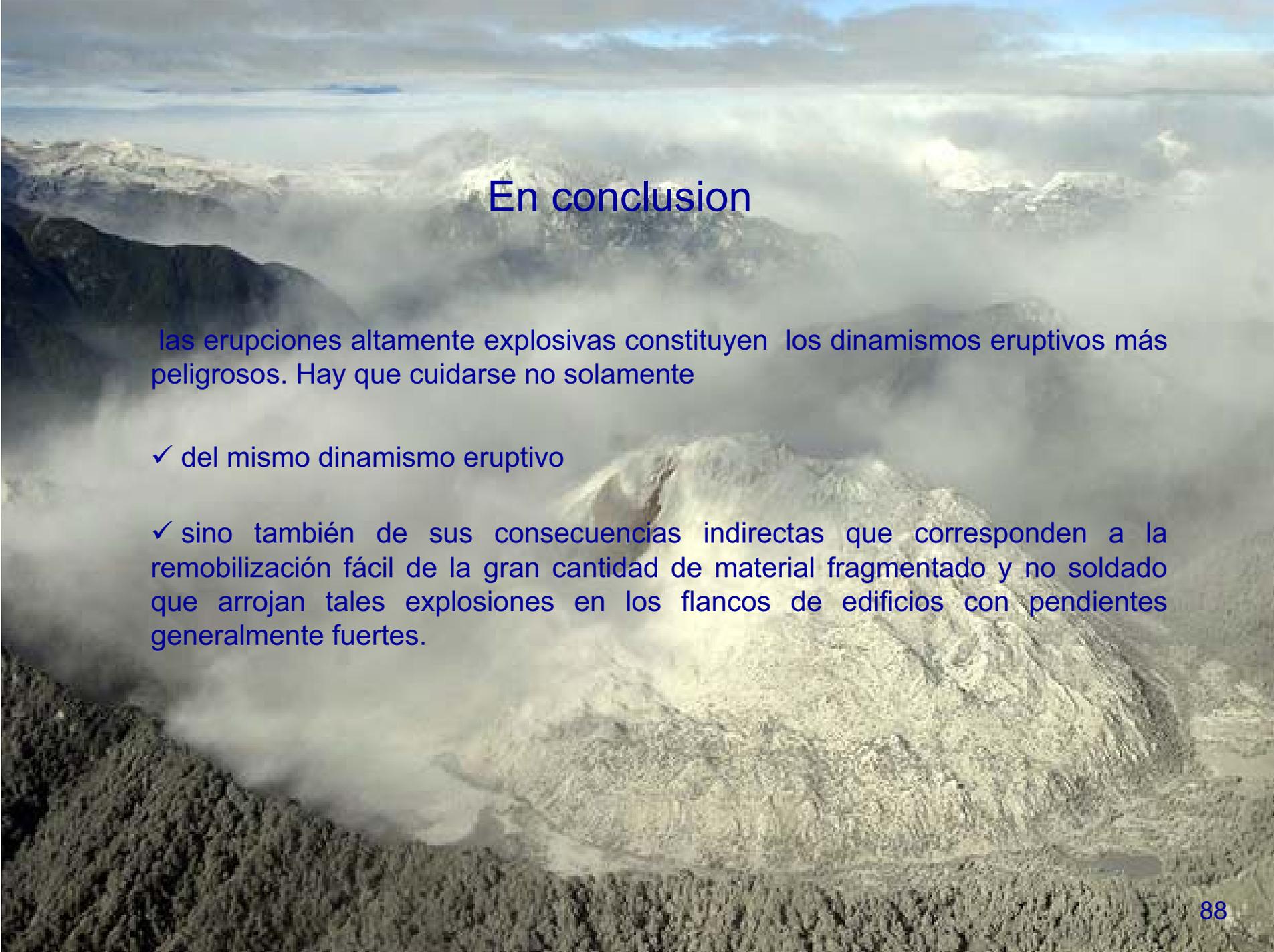


Extensión de los derrames de lodo al nivel de Armero...

La erupción del Nevado del Ruiz en 1985



...y vista de las calles de la ciudad despues del cataclismo.

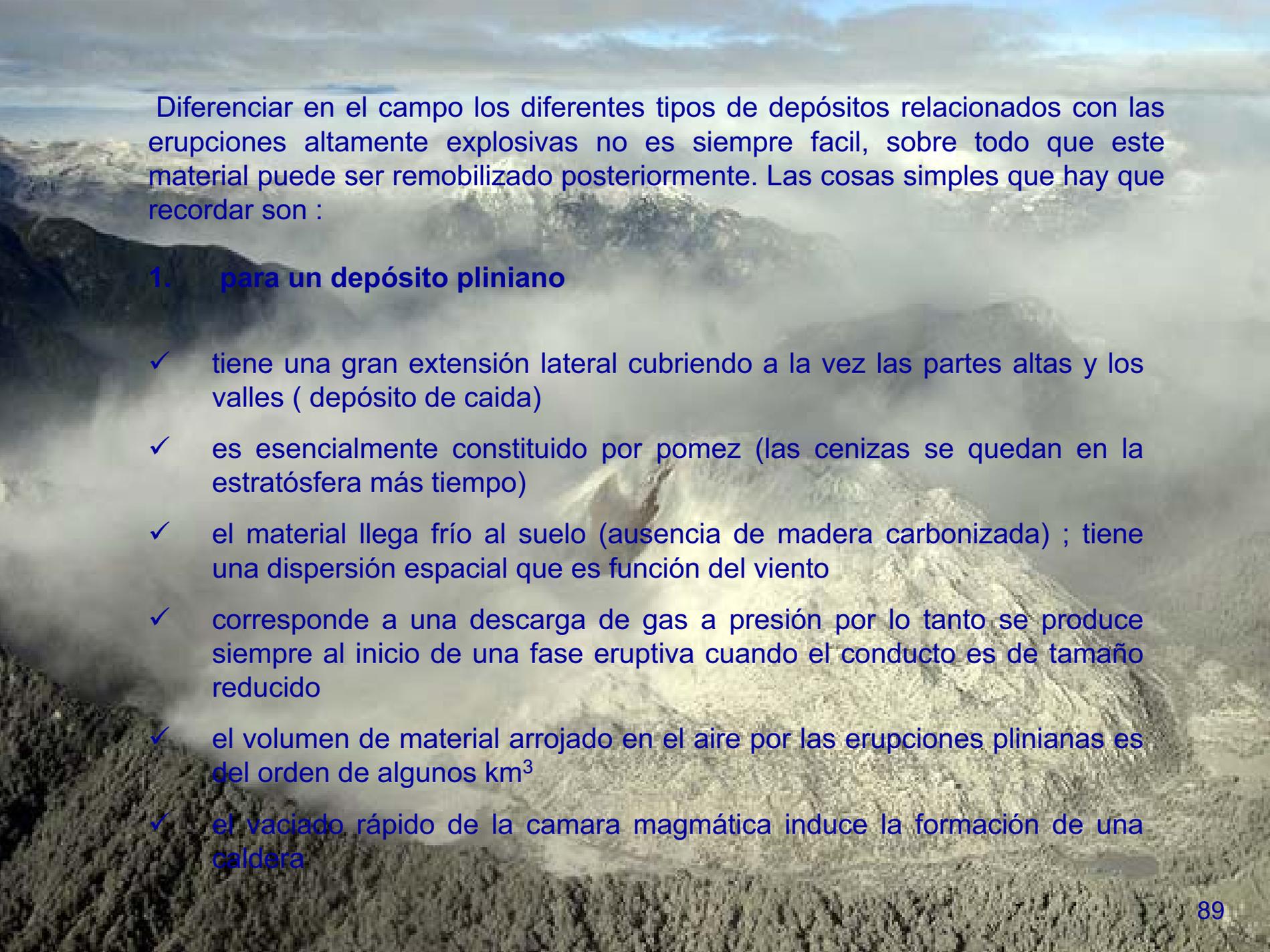


## En conclusion

las erupciones altamente explosivas constituyen los dinamismos eruptivos más peligrosos. Hay que cuidarse no solamente

✓ del mismo dinamismo eruptivo

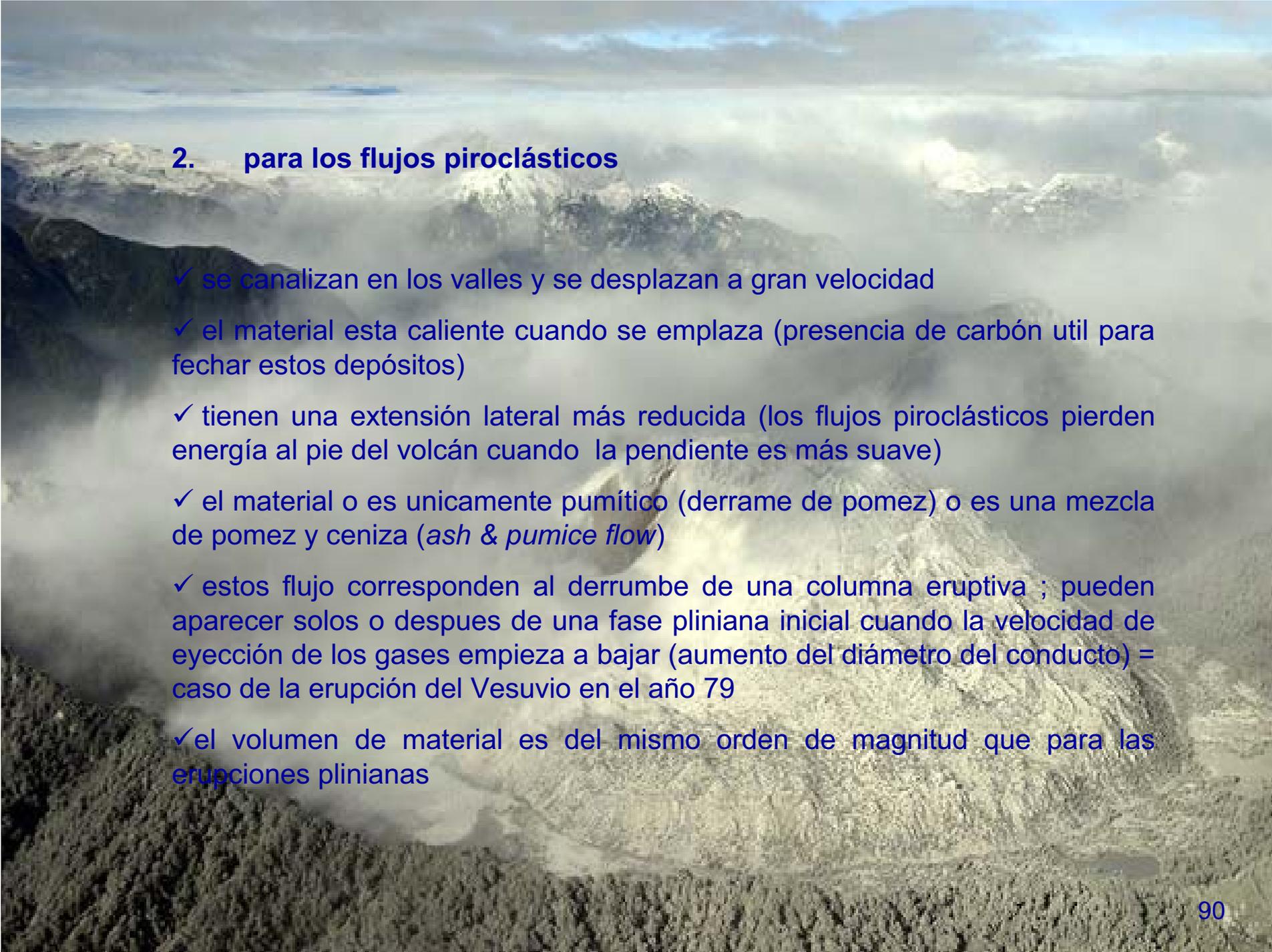
✓ sino también de sus consecuencias indirectas que corresponden a la remobilización fácil de la gran cantidad de material fragmentado y no soldado que arrojan tales explosiones en los flancos de edificios con pendientes generalmente fuertes.



Diferenciar en el campo los diferentes tipos de depósitos relacionados con las erupciones altamente explosivas no es siempre fácil, sobre todo que este material puede ser remobilizado posteriormente. Las cosas simples que hay que recordar son :

**1. para un depósito pliniano**

- ✓ tiene una gran extensión lateral cubriendo a la vez las partes altas y los valles ( depósito de caída)
- ✓ es esencialmente constituido por pomez (las cenizas se quedan en la estratósfera más tiempo)
- ✓ el material llega frío al suelo (ausencia de madera carbonizada) ; tiene una dispersión espacial que es función del viento
- ✓ corresponde a una descarga de gas a presión por lo tanto se produce siempre al inicio de una fase eruptiva cuando el conducto es de tamaño reducido
- ✓ el volumen de material arrojado en el aire por las erupciones plinianas es del orden de algunos  $\text{km}^3$
- ✓ el vaciado rápido de la cámara magmática induce la formación de una caldera



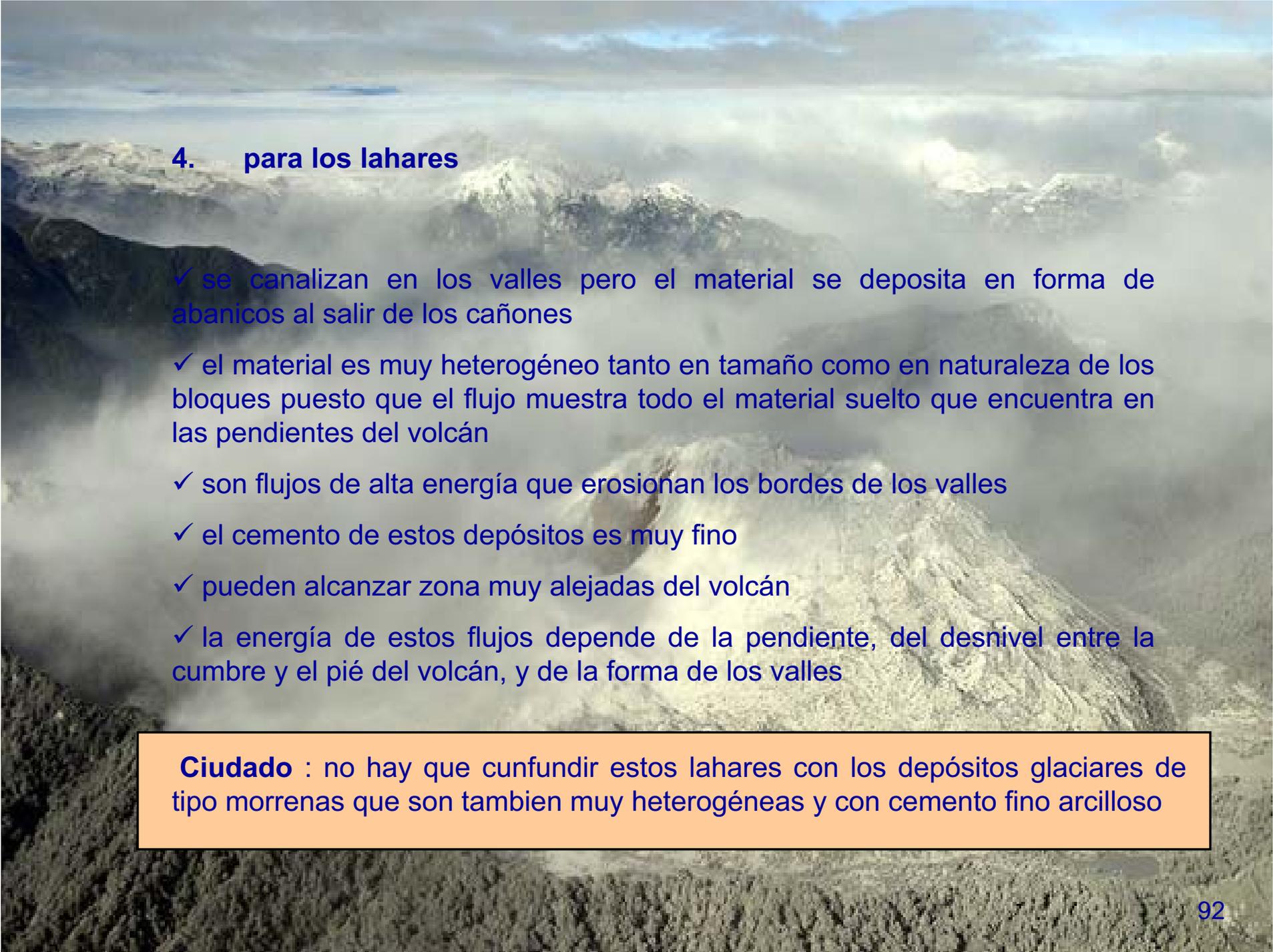
## 2. para los flujos piroclásticos

- ✓ se canalizan en los valles y se desplazan a gran velocidad
- ✓ el material está caliente cuando se emplaza (presencia de carbón útil para fechar estos depósitos)
- ✓ tienen una extensión lateral más reducida (los flujos piroclásticos pierden energía al pie del volcán cuando la pendiente es más suave)
- ✓ el material o es únicamente pumítico (derrame de pomez) o es una mezcla de pomez y ceniza (*ash & pumice flow*)
- ✓ estos flujos corresponden al derrumbe de una columna eruptiva ; pueden aparecer solos o después de una fase pliniana inicial cuando la velocidad de eyección de los gases empieza a bajar (aumento del diámetro del conducto) = caso de la erupción del Vesuvio en el año 79
- ✓ el volumen de material es del mismo orden de magnitud que para las erupciones plinianas

### 3. para las brechas de nubes ardientes

- ✓ se canalizan también en los valles y se emplazan a gran velocidad y alta temperatura (hay también madera carbonizada en la base)
- ✓ estas brechas están en relación con el emplazamiento o el crecimiento de un domo de lava viscosa en un cráter, no es por lo tanto una fase eruptiva inicial
- ✓ el material es muy heterogéneo tanto en tamaño como en aspecto pero monolítico puesto que todo el material proviene del domo de lava
- ✓ material más fino está asociado con estas brechas y se encuentra o en la base (*ground surges*) o encima (caída de cenizas de la nube)
- ✓ si la explosión se produce temprano durante el desarrollo del domo de lava se trata de nubes ardientes peleanas (cantidad de gases importante)
- ✓ si las explosiones se producen cuando el domo empieza a desbordar en la pendiente del volcán se trata de nubes ardientes de tipo Merapi (la explosión está inducida por el derrumbe del frente magmático)

**Ciudado** : brechas pueden formarse también al frente de derrames de lavas de composición intermedia (andesitas o dacitas) que corren en pendientes fuertes = derrames *autobrechificados*. En este caso el material es monolítico pero los bloques son más angulosos y menos heterogéneos en tamaño

An aerial photograph of a volcanic landscape. In the foreground, there is a dark, textured volcanic slope. In the middle ground, a valley is visible, with a mountain peak rising from it. The sky is filled with soft, white clouds, and the overall scene is hazy. The text is overlaid on the left side of the image.

#### 4. para los lahares

- ✓ se canalizan en los valles pero el material se deposita en forma de abanicos al salir de los cañones
- ✓ el material es muy heterogéneo tanto en tamaño como en naturaleza de los bloques puesto que el flujo muestra todo el material suelto que encuentra en las pendientes del volcán
- ✓ son flujos de alta energía que erosionan los bordes de los valles
- ✓ el cemento de estos depósitos es muy fino
- ✓ pueden alcanzar zona muy alejadas del volcán
- ✓ la energía de estos flujos depende de la pendiente, del desnivel entre la cumbre y el pie del volcán, y de la forma de los valles

**Ciudadado** : no hay que confundir estos lahares con los depósitos glaciares de tipo morrenas que son también muy heterogéneas y con cemento fino arcilloso