



Rocas y Depósitos Piroclásticos

Francisco Gutiérrez

Ejemplos clasicos



St Helens (Oregon) – 18/05/1980

US Geological Survey, Austin Post, May 18, 1980.



Foto G Segó

Soufriere hills, Montserrat (Antillas) – 27/07/1996



Chaiten, 2008



Introducción



Tefra

- Material Volcánico depositado en la superficie después de la explosión y fragmentación de una lava
- Tipos, según el tamaño
 - Bombas
 - Lapilli-Pomez y escoria
 - Ceniza



Bombas

- Mayor a 64 mm
 - Solidas por fuera y liquidas por dentro



Lapilli

- Tamaño medio 2 a 64 mm
- Solidas al caer o acrecionadas
- Acumuladas como cono alrededor de un volcán
- POMEZ-ESCORIA

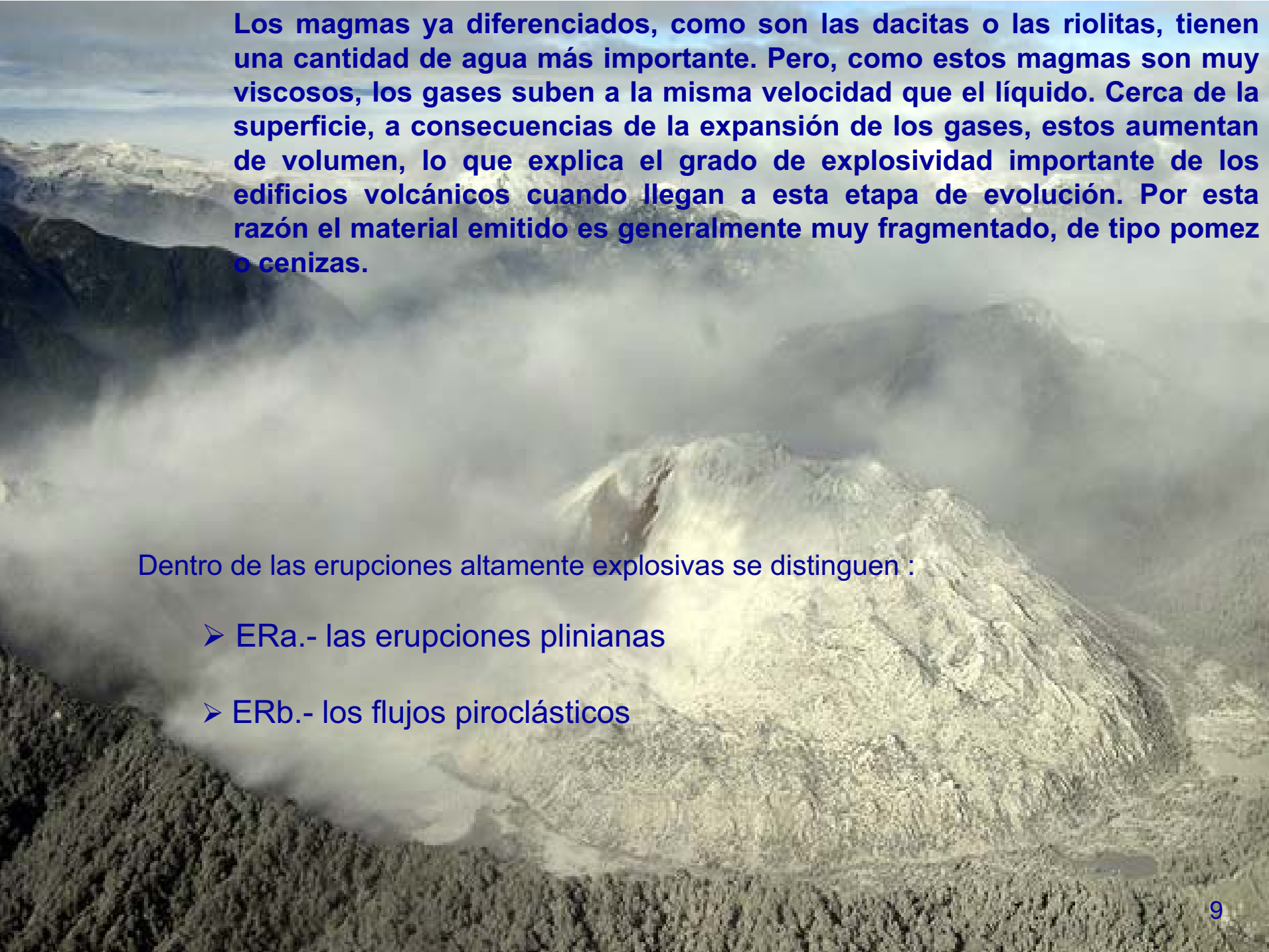


Ceniza



- La más pequeña < 2 mm
- Mayor explosividad
- Puede ser depositada globalmente en la superficie terrestre





Los magmas ya diferenciados, como son las dacitas o las riolitas, tienen una cantidad de agua más importante. Pero, como estos magmas son muy viscosos, los gases suben a la misma velocidad que el líquido. Cerca de la superficie, a consecuencias de la expansión de los gases, estos aumentan de volumen, lo que explica el grado de explosividad importante de los edificios volcánicos cuando llegan a esta etapa de evolución. Por esta razón el material emitido es generalmente muy fragmentado, de tipo pomez o cenizas.

Dentro de las erupciones altamente explosivas se distinguen :

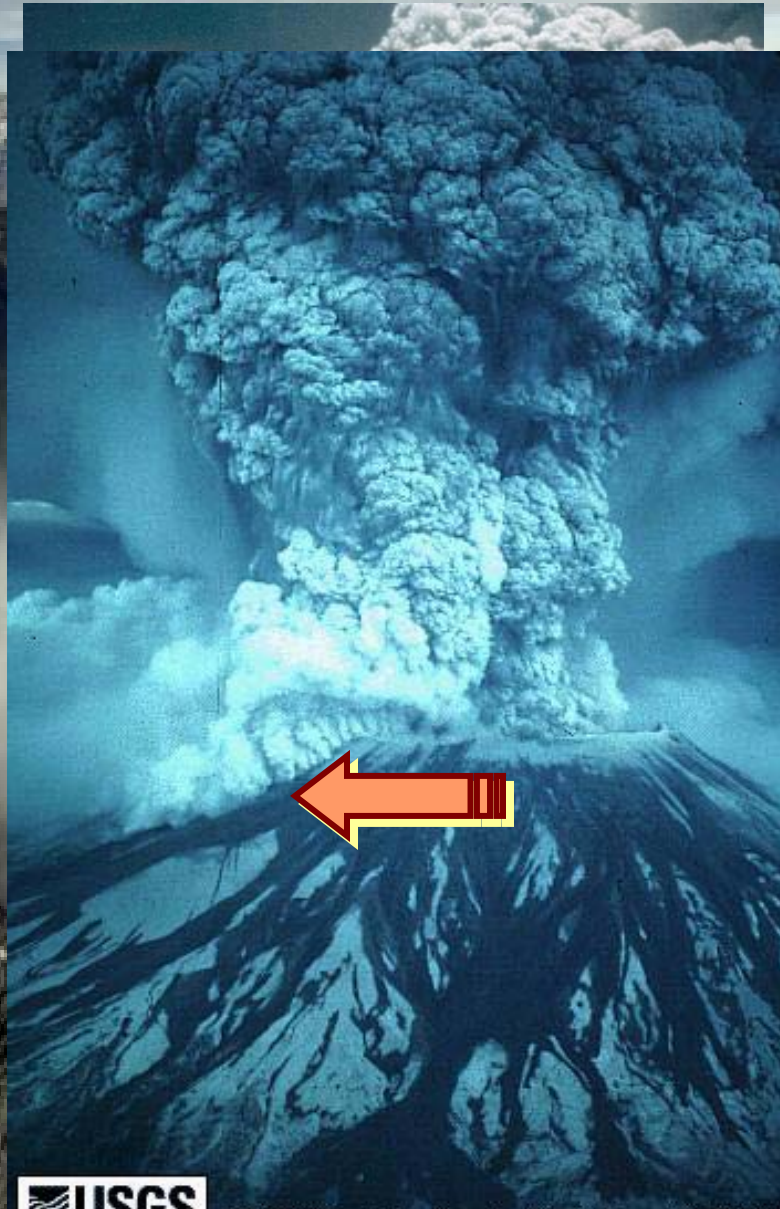
- ERa.- las erupciones plinianas
- ERb.- los flujos piroclásticos

An aerial photograph of a volcanic eruption. A large, dark, conical volcano is the central focus, with a massive, billowing plume of white ash and steam rising from its summit. The plume spreads across the sky, partially obscuring the background. The surrounding landscape is rugged and mountainous, with some areas covered in dense green forest. The sky is filled with soft, white clouds, and the overall scene is dramatic and powerful.

➤ ERa.- Las erupciones plinianas

A raíz de la descripción que Plinio el Joven hizo de la erupción del Vesuvio en el año 79, se ha acuñado el término de *erupción pliniana* para definir una **erupción explosiva asociada a una descarga continua de gas a presión** que emite volúmenes de productos fragmentarios (pómez, cenizas y líticos arrastrados al nivel del conducto) del orden de 1 a 10 km³.

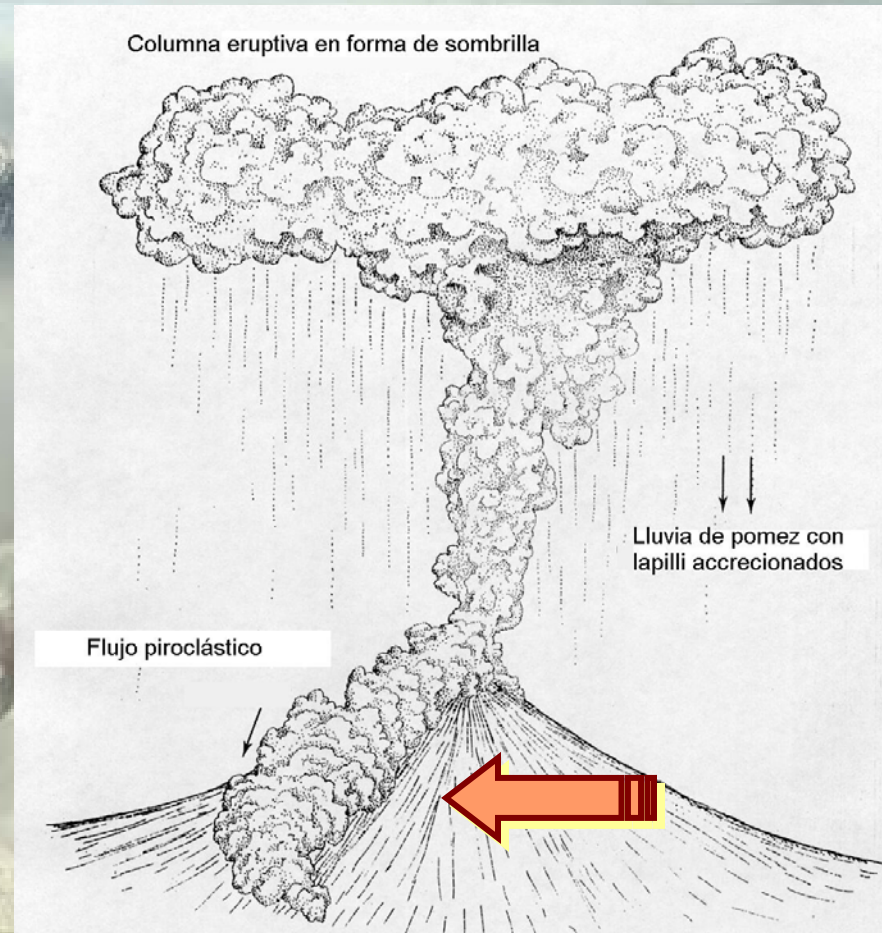
las erupciones plinianas....



USGS

USGS Photo by Austin Post, May 18, 1980

erupción del Pinatubo en 1991. La nube de cenizas alcanzó 40 km de altura.



Flujos piroclásticos pueden aparecer en el flanco, a consecuencias de un colapso parcial de la columna eruptiva.

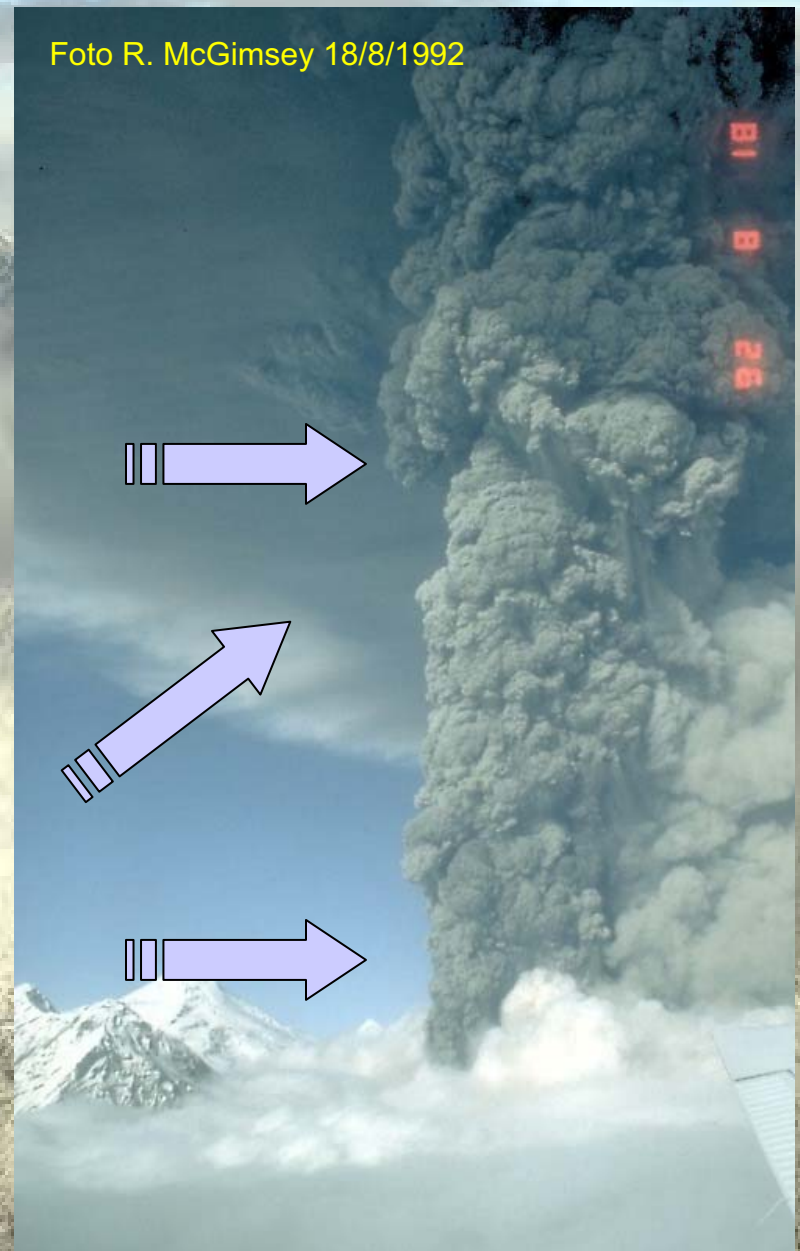
Este tipo de colapso se observó durante la erupción del Mt St Helens en mayo 1980.

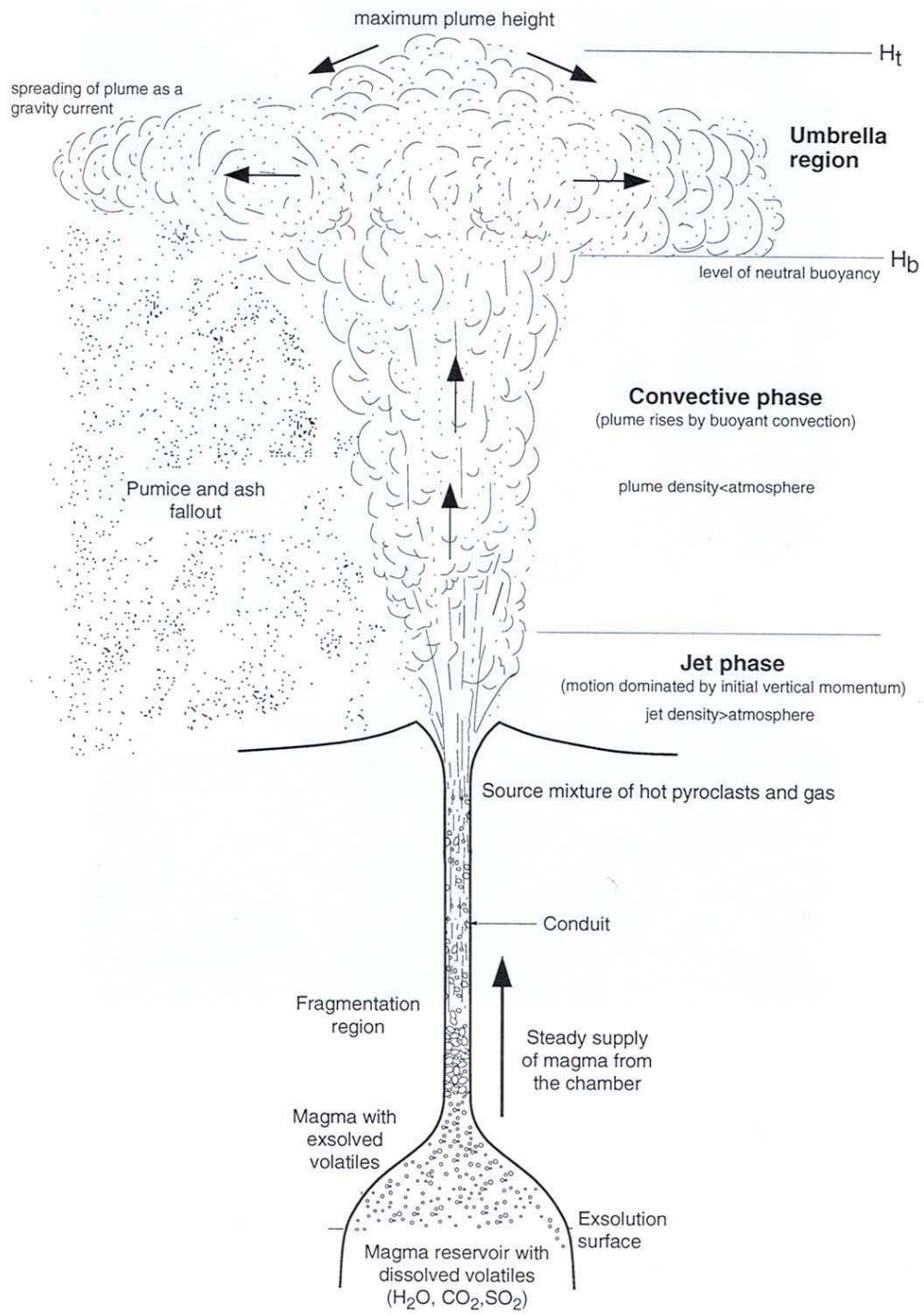
las erupciones plinianas....

Se ve en esta foto de la erupción del Mt Spurr (Alaska) en 1992 el límite entre :

- la zona donde la nube crece por convección (alcanzó en este caso 18 km de altura)
- el desplazamiento de la nube en función de los vientos estratosféricos
- la zona de escape de los gases a presión (velocidades supersónicas !)

Foto R. McGimsey 18/8/1992





las erupciones plinianas....

Los productos de las erupciones plinianas, siendo de **caída**, tienen las características siguientes en el campo :

- son constituidos principalmente por pomez (las cenizas se quedan en la alta atmósfera).
- cubren la topografía de una capa continua de pomez (espesor de unos 5-10 m cerca del punto de emisión)
- los líticos más pesados caen cerca de la zona de emisión.
- son depósitos fríos y por lo tanto no hay madera encarbonizada en la base.
- la dispersión espacial materializa la dirección del viento.



Depósito pliniano cerca de Arequipa (Peru) – Foto P. Francis.

las erupciones plinianas....

El volumen de material emitido es del orden de algunos km^3 ; por lo tanto estas erupciones se acaban generalmente por el hundimiento del techo de la cámara magmática y la formación de una **caldera**. Las erupciones que rebazan 20 km^3 fueron clasificadas por Walker (1973) como **ultra-plinianas**. Entre las más conocidas se pueden citar la del **Crater Lake** en Oregon, fechada de 5.000 años antes de JC, la del **Santorin** (72 km^3) en Grecia (1.500 años antes de JC), y la del **Tambora** (150 km^3 , récord para las erupciones históricas) en Indonesia en el año 1815.

Un ejemplo....

El Ceboruco, en la parte occidental del Eje Transmexicano

...la caldera externa se debe a una erupción pliniana fechada en 1.500 años....

....cuyos productos se observan en el flanco E y SE.

las erupciones plinianas....

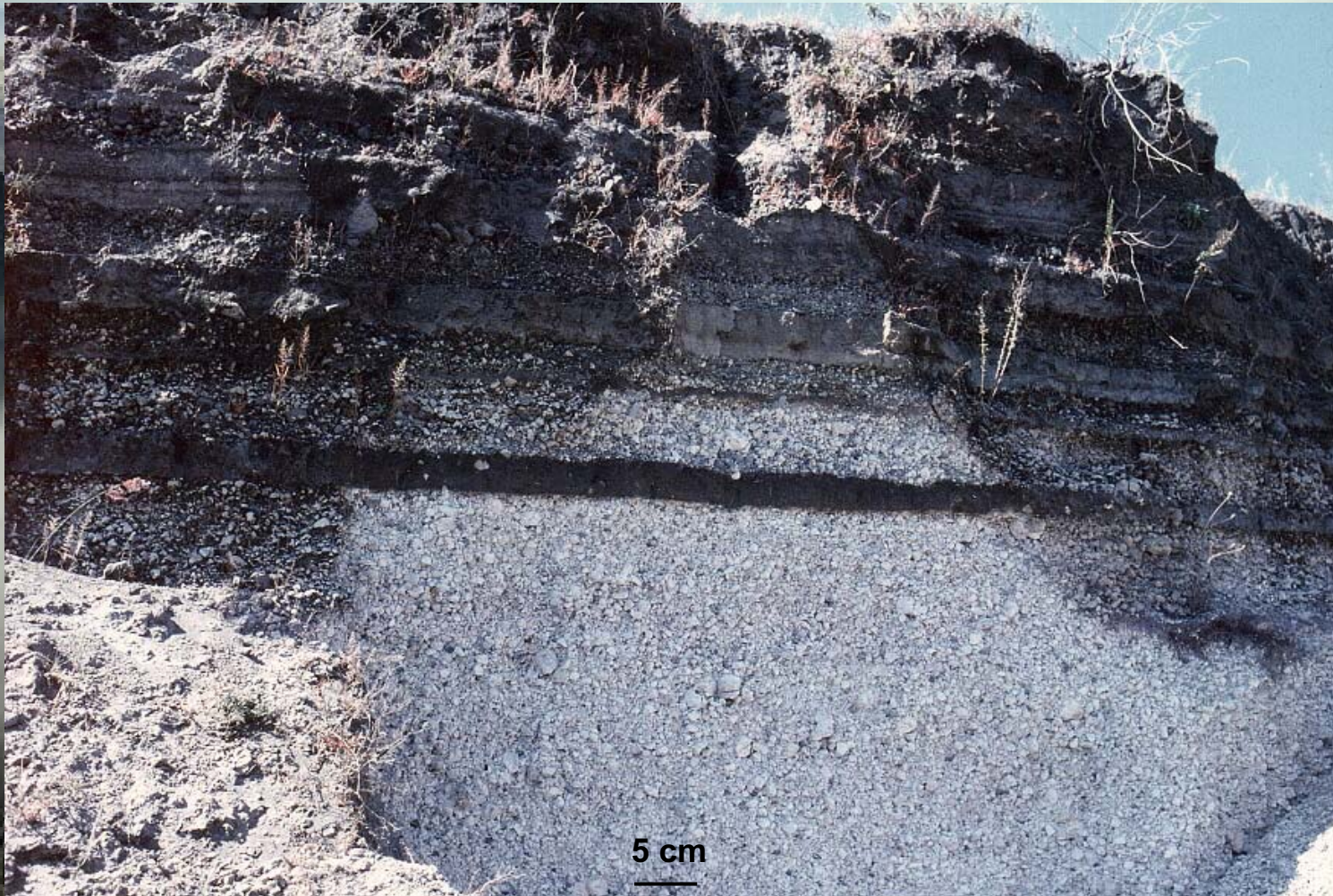
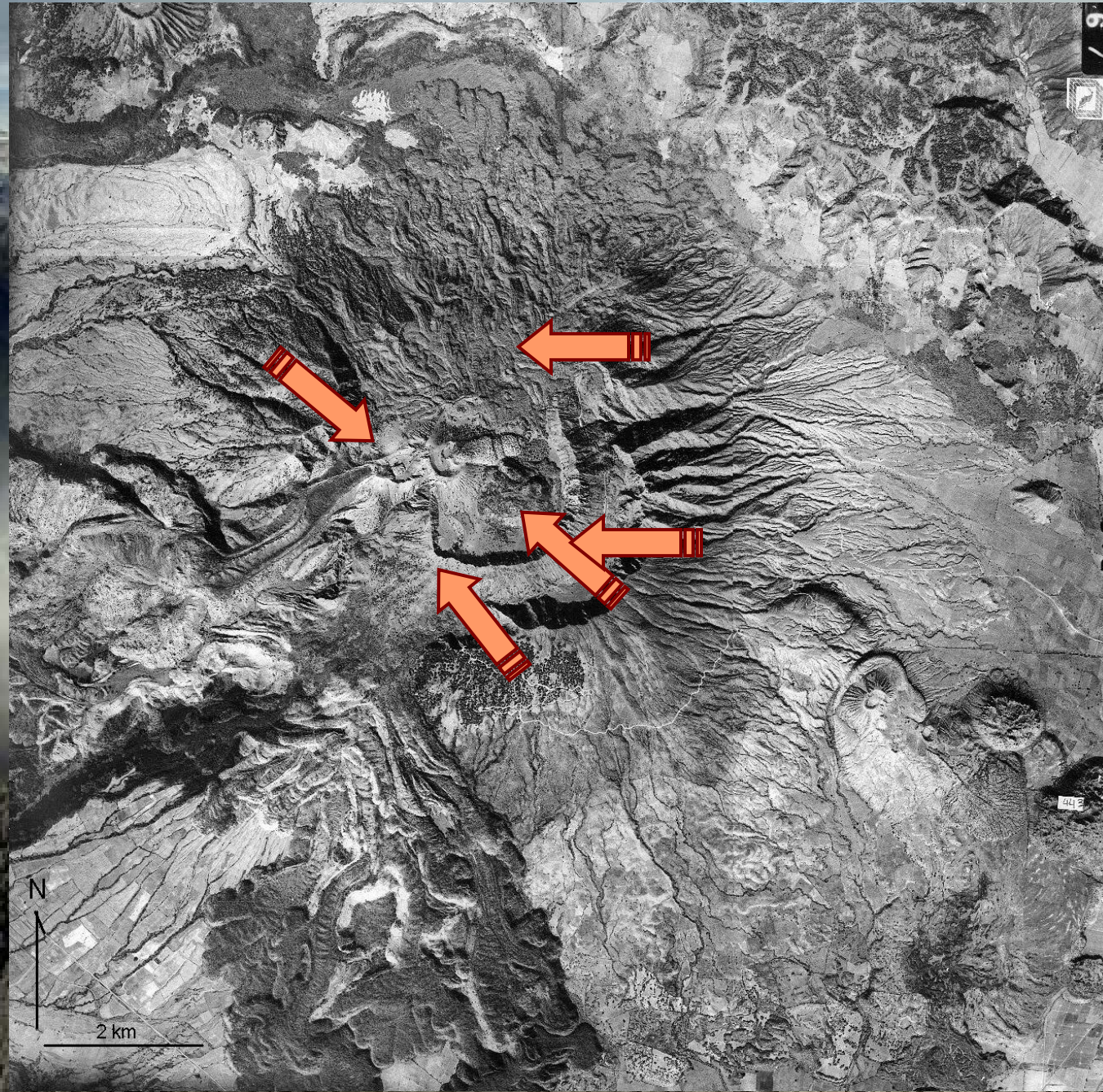


Foto: A. Demant (1975)

Depósito pliniano en el flanco E del Ceboruco. Se puede ver que esta constituido exclusivamente por pomez y algunos líticos de mismo tamaño.



Dos eventos ocurrieron despues de la fase pliniana, en la caldera asi formada.

Una fase de edificaci3n de un domo dac3tico....

Los eventos hist3ricos de 1870.....

las erupciones plinianas....

Foto A. Demant (1975)

Las erupciones plinianas son frecuentes durante la etapa «madura» de los grandes estrato-volcanes cuando los magmas alcanzan composiciones de tipo dacítico.

El Nevado de Toluca (4.400 m), en la parte oriental del Eje Transmexicano tiene una caldera central de 1 km de diámetro que resulta de una erupción pliniana fechada en 11.000 años, cuyos productos se extienden a más de 200 km hacia el oeste.



➤ ERb.- Los flujos piroclásticos

El material piroclástico no sólo se proyecta verticalmente, sino que puede desplazarse también a raz del suelo. Este tipo de erupción, que implica un material fragmentario desplazándose en una masa gaseosa fluidizada, fue observado por vez primera en **La Montagne Pelée** (Martinique) por Lacroix (1902) y denominado **nube ardiente**.

➤ Sin embargo, el término de **nube ardiente** es ahora demasiado general y se reserva para las **avalanchas de detritos** que acompañan el emplazamiento y la destrucción periódica de los domos de lava viscosa (conducto tapado).

➤ Los **flujos piroclásticos** sensu-stricto (**ash & pumice flows** de los anglo-sajones) se forman cuando el conducto está abierto ; acompañan, frecuentemente, las erupciones plinianas.

➤ Las **ignimbritas** son también flujos piroclásticos, pero de una orden de magnitud mucho mayor.

Sistemas de Transporte

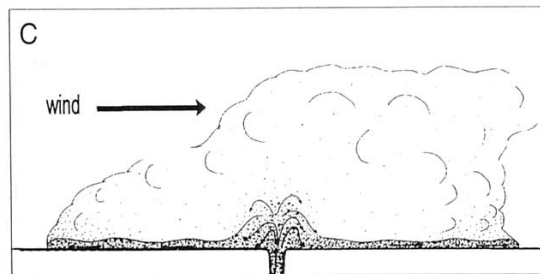
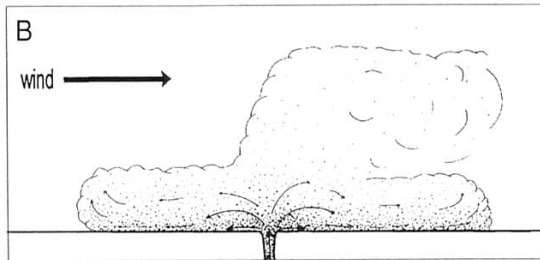
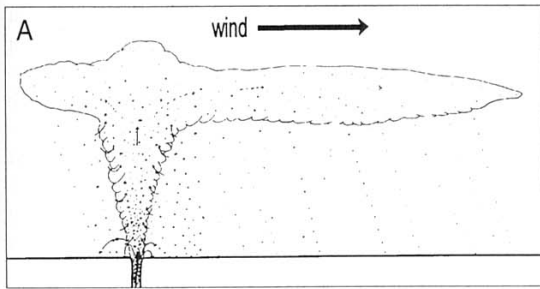
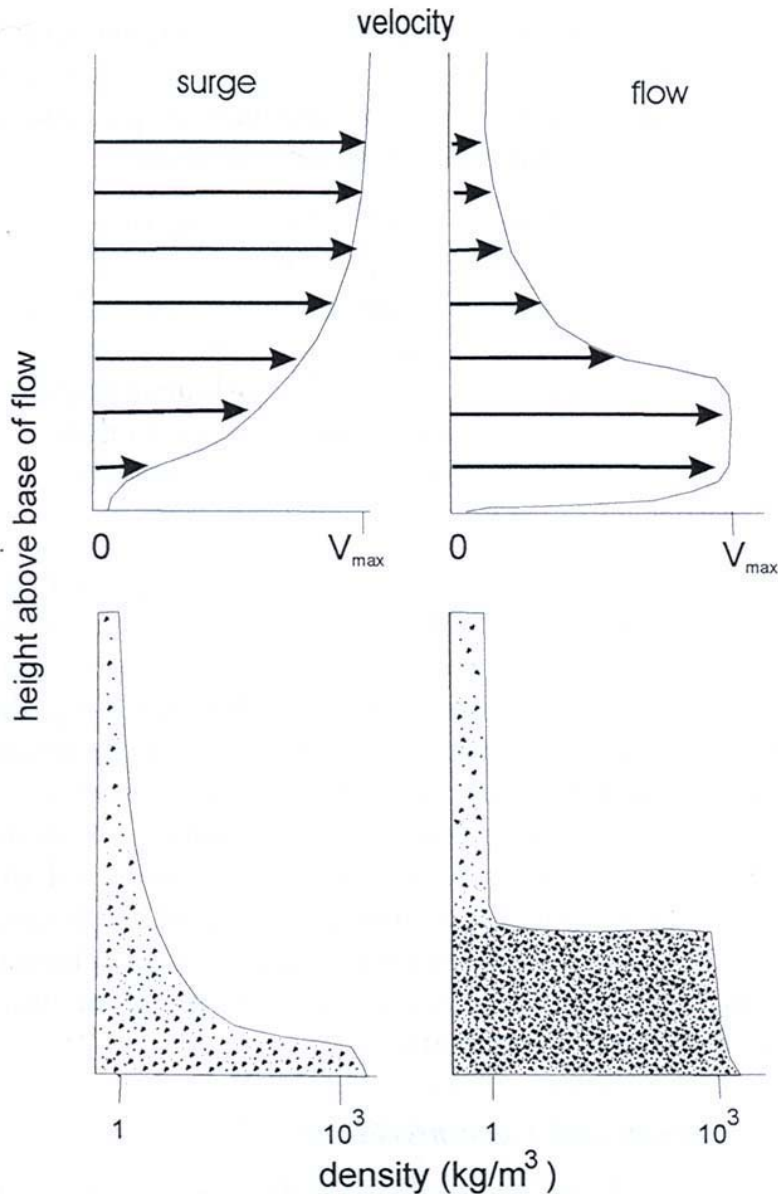


FIGURE 1 Schematic diagram to illustrate the three main end-member transport systems for the emplacement of pyroclastic deposits. (A) Fall: high buoyant plume carrying all except coarsest particles to heights of kilometers to tens of kilometers above the surface; particles sedimented from plume to form deposit; plume dispersal controlled by wind direction and strength. Coarsest clasts (arrows) follow ballistic trajectories and fall within 3–5 km of vent regardless of wind. (B) Surge: ground-hugging relatively dilute density current with gradual (exponential?) downward increase in density; not influenced by wind, but generating a secondary buoyant plume that is wind affected. (C) Flow: ground-hugging, clearly defined, concentrated density current with accompanying dilute overriding cloud; not influenced by wind, but generating a secondary buoyant plume that is wind affected.

- **Caída:** high buoyant plume carries all but densest (largest) particles up to 10s of km high; particles are sedimented from plume. Dispersal controlled by wind direction.
- **Oleada:** ground-hugging relatively dilute density current with gradual downward increase in density. Not influenced by wind, but can generate a secondary plume.
- **Flujo:** ground-hugging concentrated (relatively dense) density current, often with accompanying secondary cloud.

Oleada v/s Flujo



Much higher solids concentration than surge.

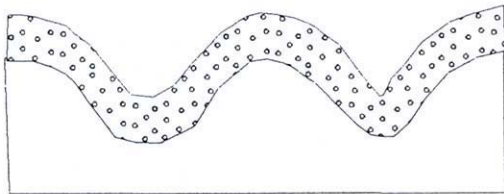
Particles concentrated in basal deposit m to 10s of meters.

Highest velocity in this region.

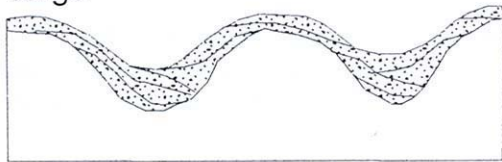
Rapid transition between high velocity, high concentration region and overriding cloud.

Deposition occurs both because of ground friction and also because the flow eventually comes to rest.

fall



surge



flow

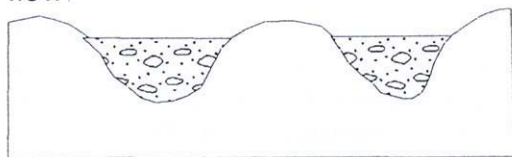


FIGURE 5 Schematic diagram of the archetypal characteristics of the three main pyroclastic deposit types. Fall—mantle bedding, with plane parallel beds and no internal erosion, good sorting (except where water is present; see Section III,E), juvenile clasts with angular to ragged shapes. Surge—nonmantling beds, thickening into low-lying areas, with cross-stratification, pinch-and-swell bedding and scoured contacts, moderate sorting, juvenile clasts with some degree of rounding. Flow—landscape-filling units, generally poorly bedded to nonbedded, poor sorting, rounded juvenile clasts.

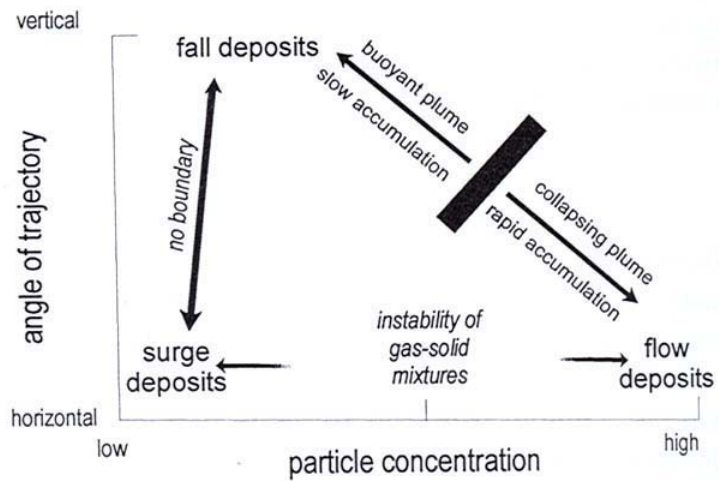


FIGURE 6 Sketch diagram of the particle concentration in the depositing material versus the trajectories of depositing clasts showing the inferred boundaries between the three main depositional regimes that lead to the three main types of pyroclastic deposit. See text for discussion.



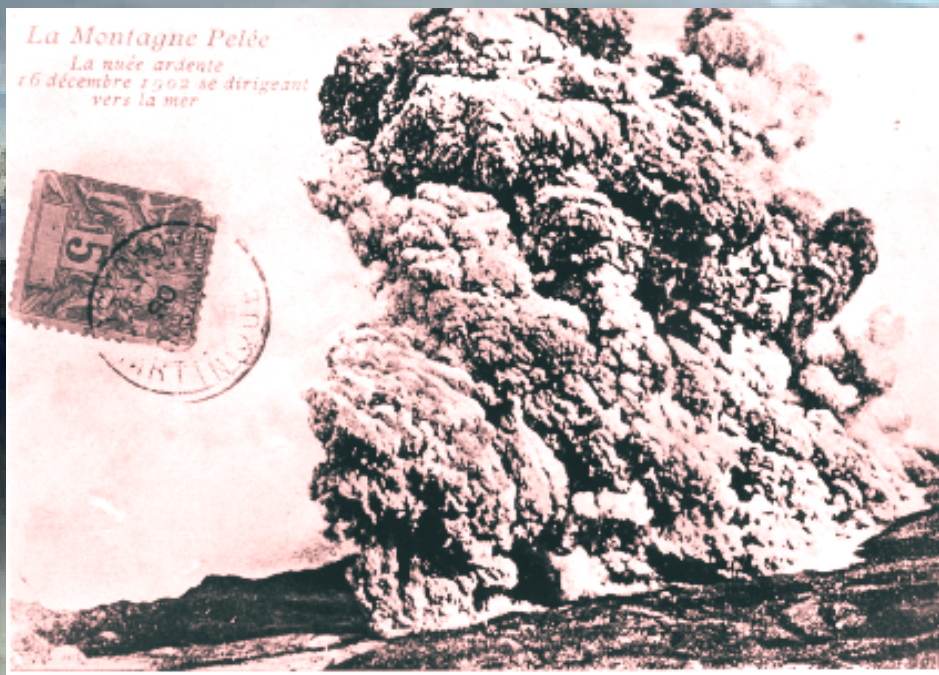
Montagne Pelée (Lacroix 1902).

➤ ERb1.- Las nubes ardientes

Fueron observadas durante la erupción catastrófica de La Montagne Pelée [Martinica, Antillas] en 1902 que arrastró totalmente a la ciudad de St Pierre (28 000 muertos)

Se trata de una nube rica en gases que baja en el flanco del volcán. La parte densa se encajona en un valle mientras que la nube de cenizas convectiva se desarrolla verticalmente y, por parte, lateralmente.

En el caso de la Montagne Pelée, esta nube ardiente era relacionada con el emplazamiento de un domo de lava viscosa en el cráter. La acumulación de gases debajo del caparazón externo enfriado provocó una explosión que destruyó parte del edificio.



ERb1a. Las nubes ardientes peleanas...

Foto A . Heilprin, Philadelphia Geographic Society, 1908



Esta foto da una idea de como quedo la ciudad de St Pierre despues de haber sido alcanzada por la nube ardiente....el material denso lleno de bloques bajó por la Rivière Blanche....

Mientras que los edificios fueron destruidos por la «onda de choque» provocada por el desplazamiento rápido de la masa de aire caliente.

ERb1a. Las nubes ardientes peleanas...

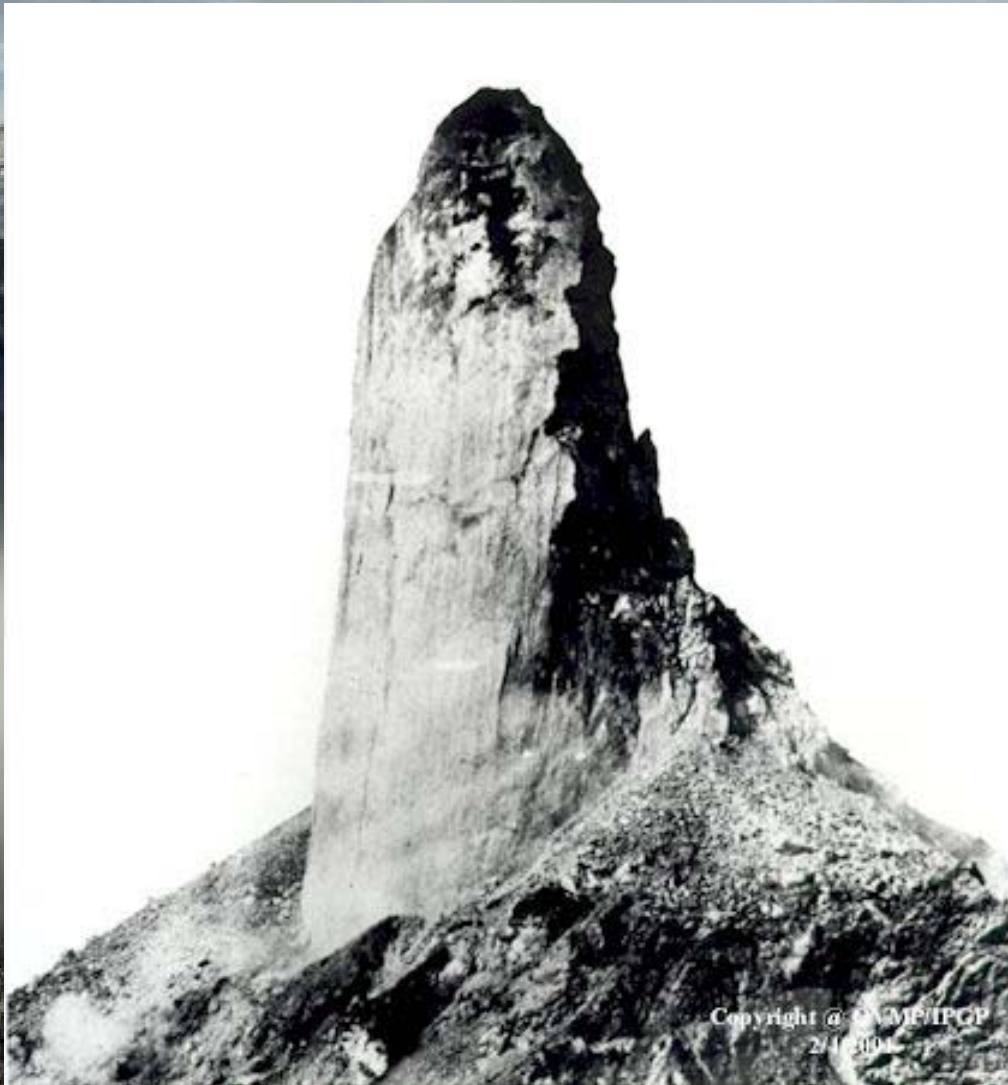
Foto A . Heiprin, Philadelphia Geographic Society, 1908



Todo el flanco SW del volcán quedó «libre» de vegetación, y poco despues de las nubes ardientes, empezó a salir una «aguja» de lava por el crater.

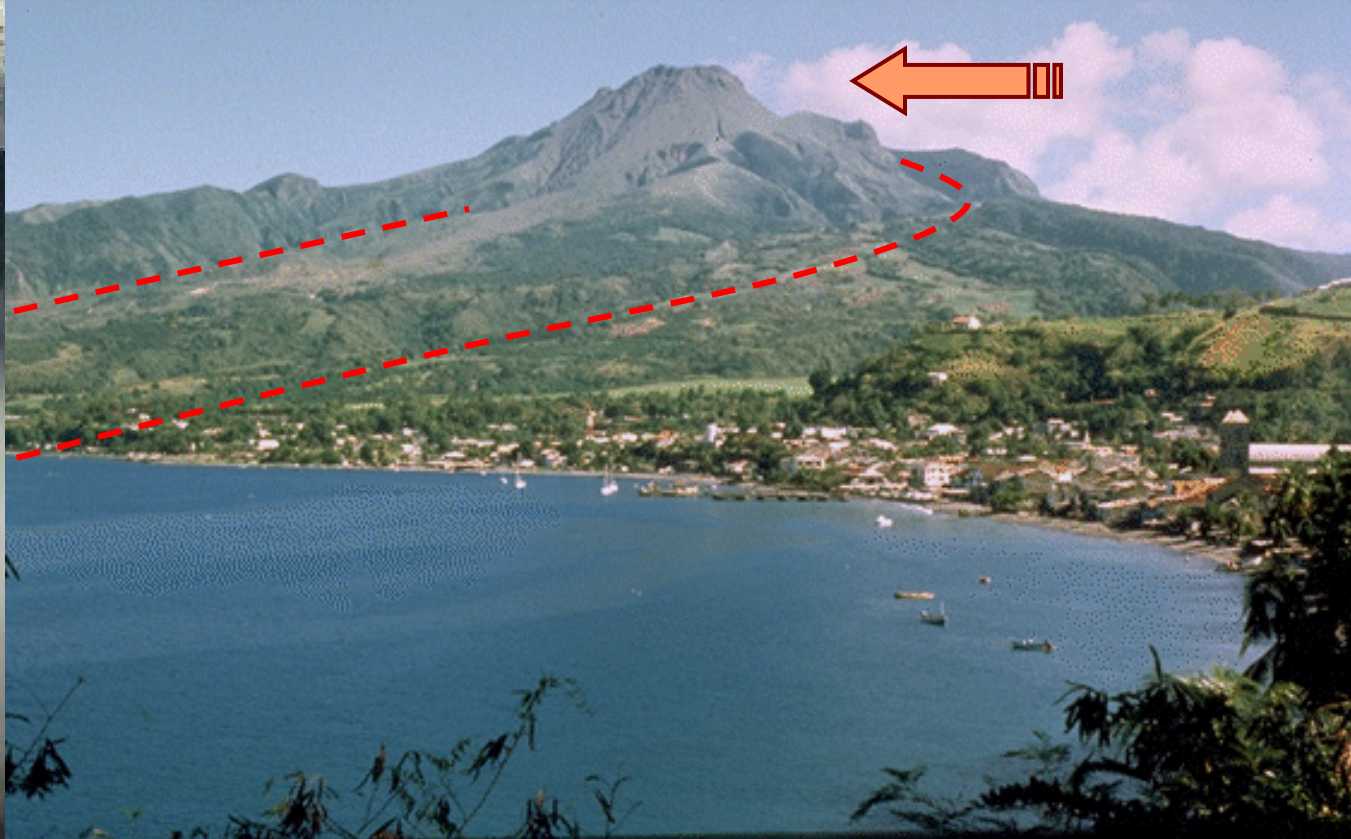
nubes ardientes peleanas...

....pero muy inestable se derrumbo varias veces hasta desaparecer totalmente.



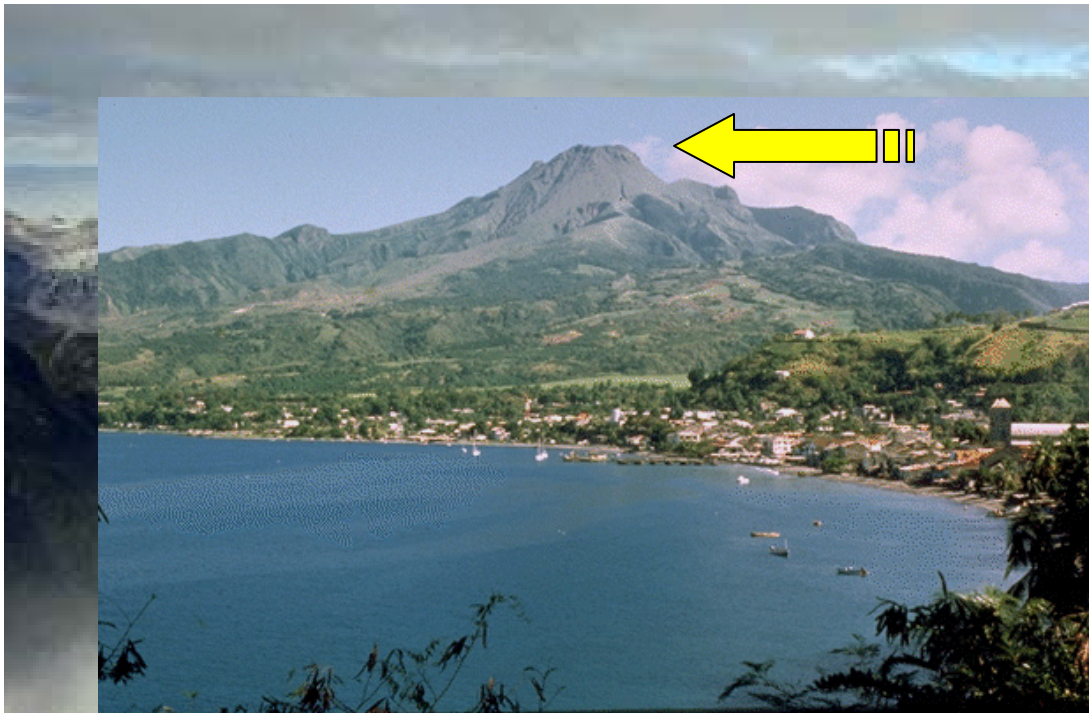
En esta foto se ve como este material viscoso sale del conducto sin extenderse lateralmente a la manera de...la pasta dental cuando se aprieta el tubo ...esta aguja alcanzó 300 m de altura....

nubes ardientes peleanas...



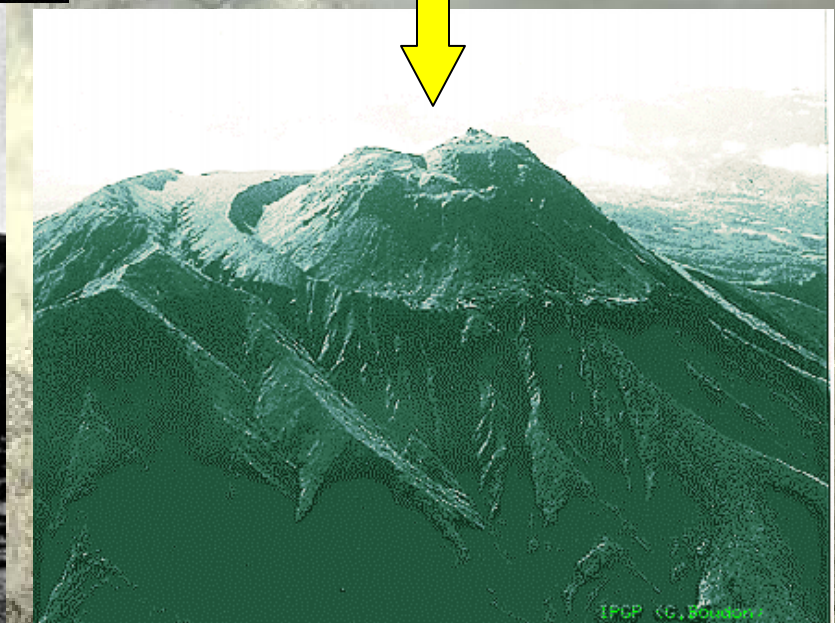
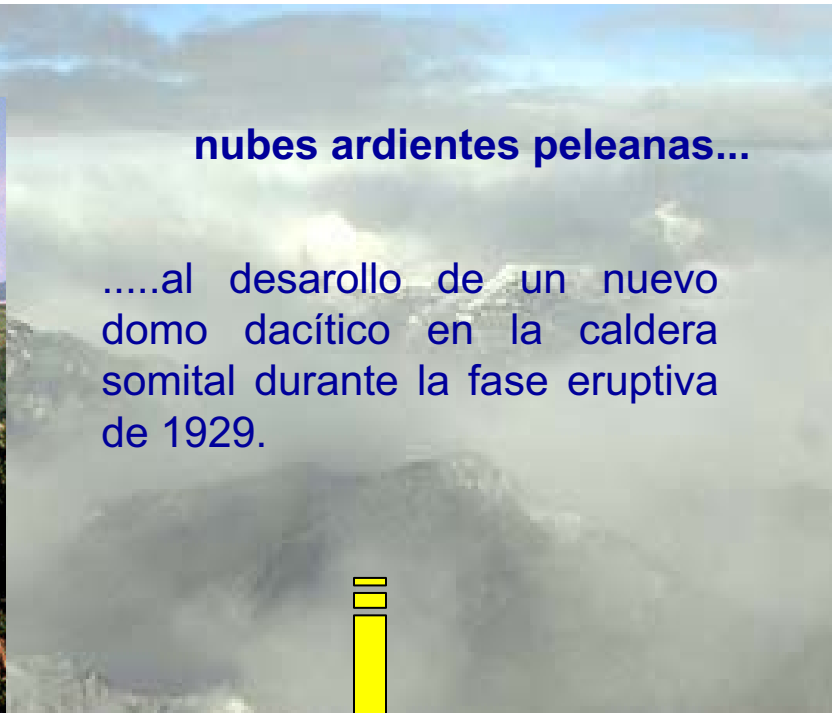
(P. Francis, slide set compiled from the book «Volcanoes a planetary perspective»).

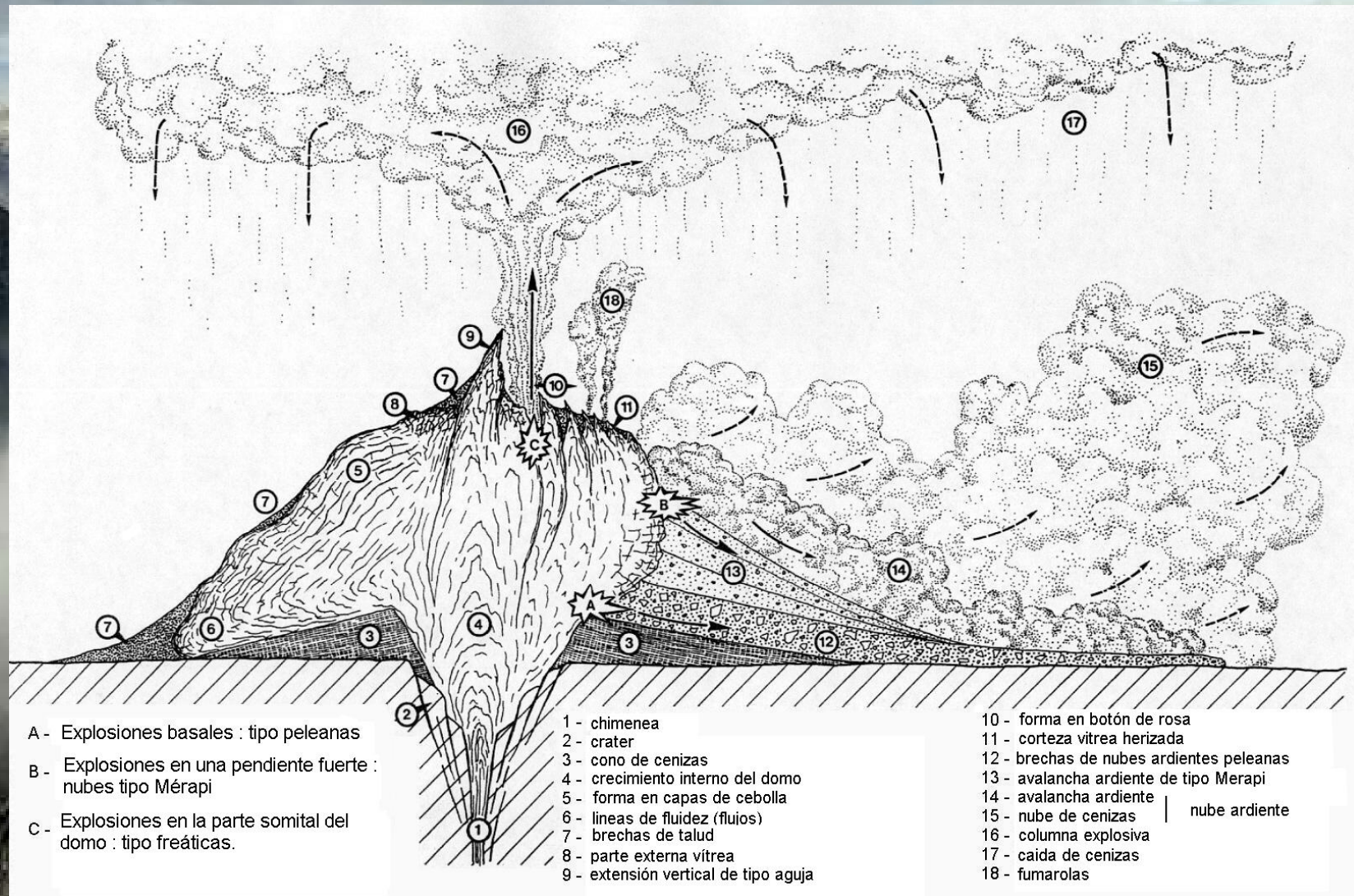
La Montagne Pelée....y la nueva ciudad de St Pierre. Observen los elementos que explican la catástrofe de 1902.....la forma de herradura y los domos de lava en el centro.



nubes ardientes peleanas...

.....al desarrollo de un nuevo domo dacítico en la caldera somital durante la fase eruptiva de 1929.





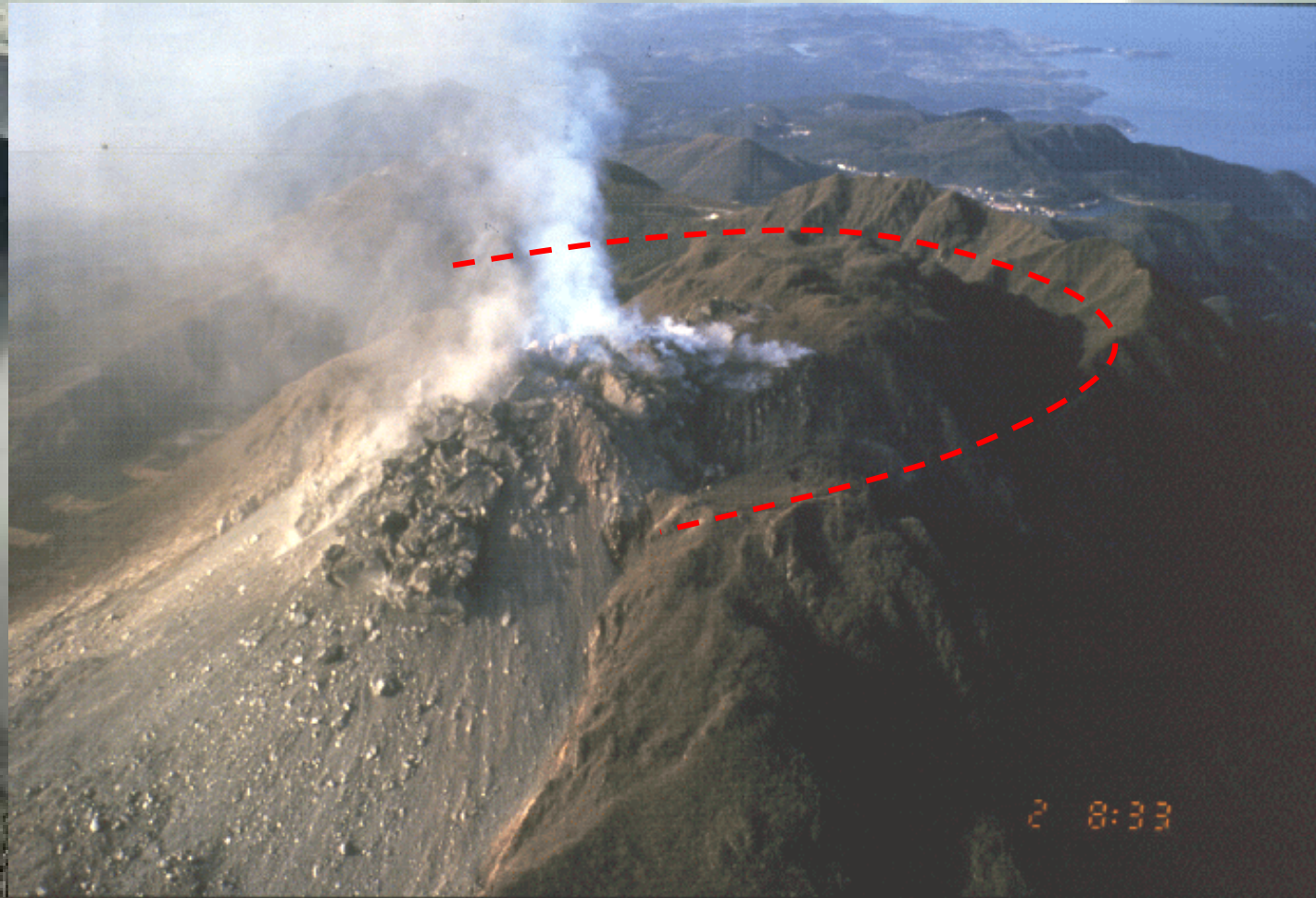
Diferentes tipos de dinamismos eruptivos están asociados con el emplazamiento de domos de lava viscosa. Se distinguen : [a] las nubes ardientes peleanas, [b] las nubes de tipo Merapi y [c] las explosiones freáticas en la cima.

ERb1b. Nubes ardientes de tipo Merapi...



Nubes ardientes fueron observadas durante la erupción del Monte Unzen en Japón en 1994. Las zonas afectadas fueron bastante limitadas en comparación con las nubes peleanas.

ERb1b. Nubes ardientes de tipo Merapi...



Estas nubes se debían al derrumbe de un domo de lava ubicado en el centro de un crater en forma de herradura, como en el caso de la Montagne Pelée.

ERb1b. Nubes ardientes de tipo Merapi...

Foto SR Brantley 22/03/1993



Las explosiones se producían en una pendiente muy fuerte ; eran típicamente nubes ardientes de tipo Merapi.

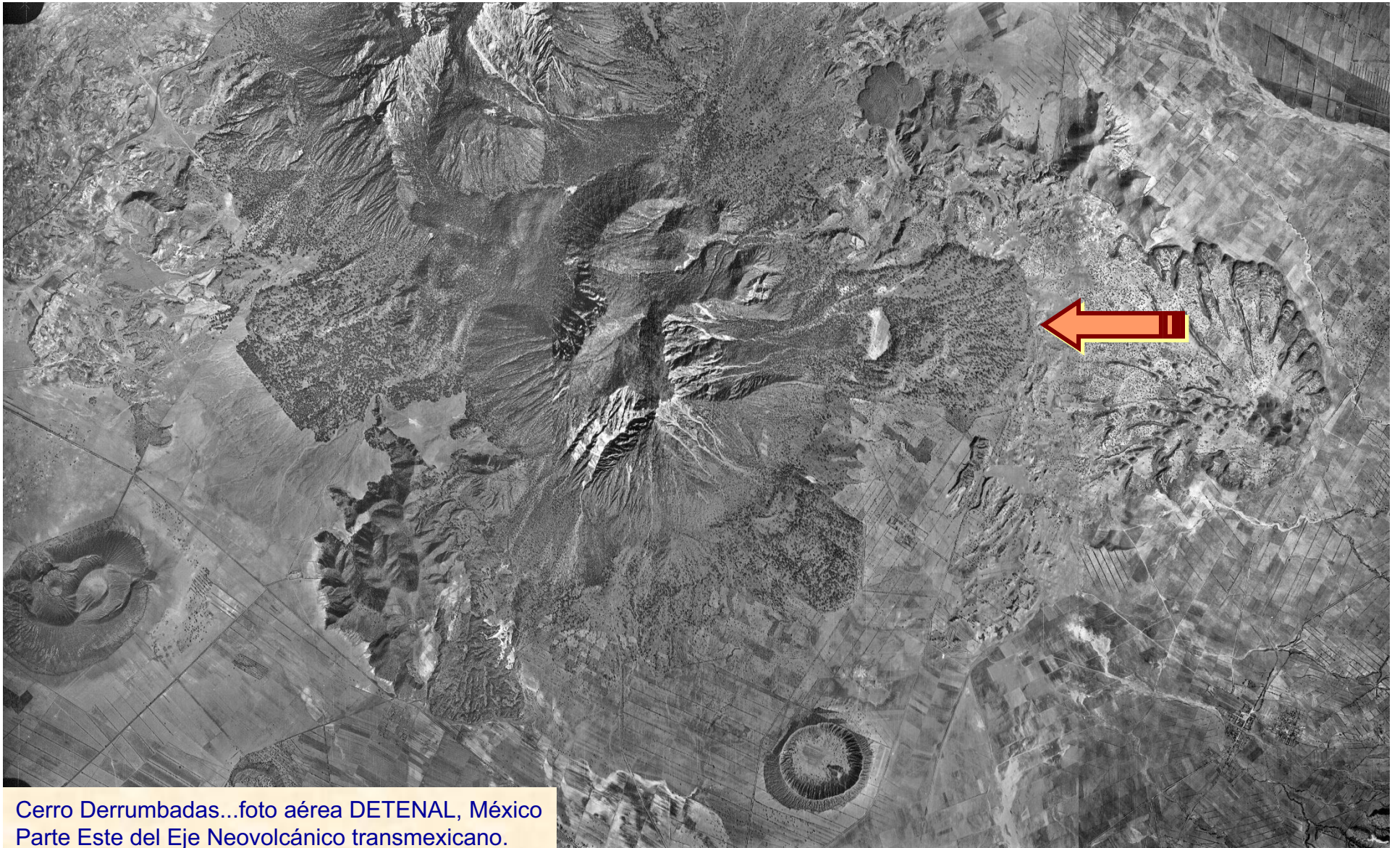


Nubes ardientes de tipo Merapi... Bloque y ceniza / Block and Ash

Como en el caso de las nubes peleanas, el material es :

- muy heterogéneo tanto en el tamaño de los bloques como en el aspecto (partes externas del domo, vitreas, o partes internas) ;
- pero monolitológico puesto que son esencialmente fragmentos del domo que forman estas avalanchas de detritos.

Estas avalanchas no tienen una extensión lateral muy importante porque pierden rápidamente de su energía al pie de la pendiente.



Cerro Derrumbadas...foto aérea DETENAL, México
Parte Este del Eje Neovolcánico transmexicano.

Avalanchas acompañando el crecimiento de los domos de lava ácida son muy frecuentes. Eso demuestra la inestabilidad de muchos de los aparatos volcánicos. Se reconocen fácilmente estas avalanchas en las fotos aéreas.

Nubes ardientes de tipo Merapi...



Foto: Adreana (12/12/95)

...como se pudo ver durante la erupción de 1999

Nubes ardientes de tipo Merapi se producen también en el caso de domos de lava que desbordan del crater dando un derrame que se emplaza en una pendiente muy fuerte. Aquí el volcán de Colima uno de los más activos de México.

Estas avalanchas de tipo Merapi se canalizan en los valles donde destruyen a la vegetación pero no rebazan el pie del volcán, porque tienen una energía limitada...

➤ ERb2.- Los flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos acompañan las erupciones plinianas y se forman por derrumbamiento de la columna eruptiva cuando el conducto está ya más abierto y cuando disminuye por lo tanto la velocidad de eyección del material.



Mt St Helens, mayo 1980 – Foto Maurice Krafft

...los flujos piroclásticos...

Foto CG Newhall 23/09/1984



En esta foto del Mayón (Filipinas) se ve como la columna eruptiva se derrumba dando varios flujos piroclásticos en los flancos del volcán. Las cenizas finas suben verticalmente en la nube convectiva (15 km de altura) y se deforma en dirección del viento.

The image is a composite of two photographs. The left photograph shows a massive, dark plume of ash and smoke rising from a volcano, with a green field and a utility pole in the foreground. The right photograph shows a wide, grey, and highly textured pyroclastic flow moving down a slope, with a hazy sky in the background.

...los flujos piroclásticos...

Frente a uno de los flujos piroclásticos del Mayón (Filipinas) !!!

Estos flujos piroclásticos forman al pie del volcán abanicos que se parecen a los que construyen los arroyos.

...los flujos piroclásticos...

A diferencia de los depósitos plinianos, los flujos piroclásticos se caracterizan por el hecho que el material :

- se encajona en los valles ;
- baja en las faldas del volcán a gran velocidad (200-300 km/h) ;
- es caliente (400-600°) y por lo tanto la vegetación se encuentra encarboniza debajo del depósito.

La energía de los flujos piroclásticos depende :

- de la fuerza de la explosión inicial ;
- de la movilidad del flujo fluidizado;
- de la pendiente del estrato-volcano ;
- del desnivel entre la cumbre y la base.



USGS Photo by P.W.Lipman, August 7, 1980

...los flujos piroclásticos...

Según el tipo de material que constituye en depósito se habla de derrame de pomez (*pumice flow*) o derrame de pomez y cenizas (*ash & pumice flow*). En este ejemplo del Mount St Helens (USA), observado durante la erupción de 1980, se trata de un derrame de pomez, con bloque que podían alcanzar hasta un metro de diámetro.



Eran flujos de volumen limitado relacionados con un magma ya menos pulverizado.

...los flujos piroclásticos...

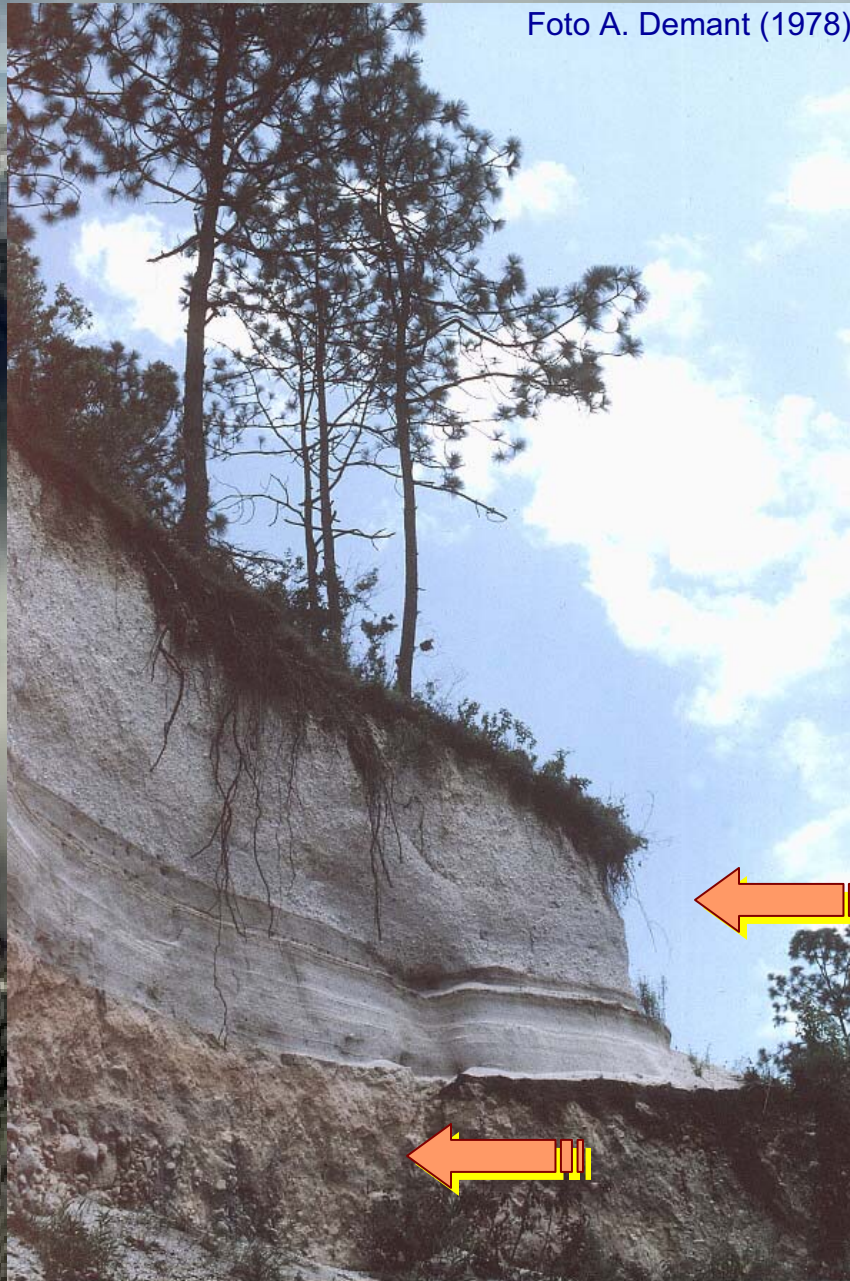
Foto WE Scott 1/07/1991



La erupción del Pinatubo fué la más grande del siglo XX con un total de 5.5 km^3 de material emitido en forma de cenizas y derrames piroclásticos. Estos últimos alcanzaron zonas ubicadas a más de 15 km del volcán.

Llenaron los valles con 50 y hasta 200 m de cenizas y pomez, como aquí el Río Marella al SW del volcán.

Foto A. Demant (1978)



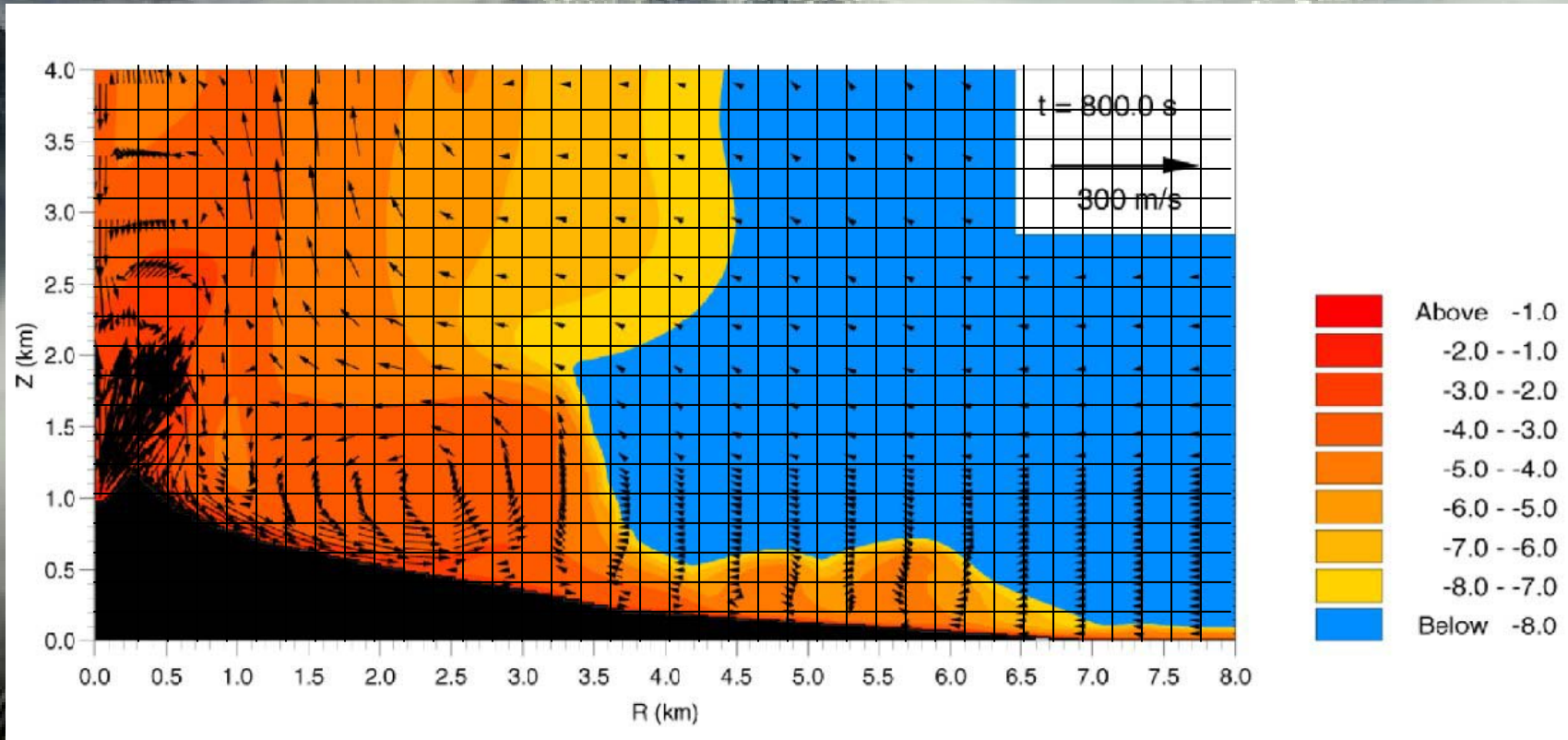
En forma de resumen...

En esta foto tomada al pie del volcán San Juan (oeste del Eje Neovolcánico transmexicano) se puede distinguir una sucesión eruptiva que es muy frecuente en los edificios volcánicos dacíticos :

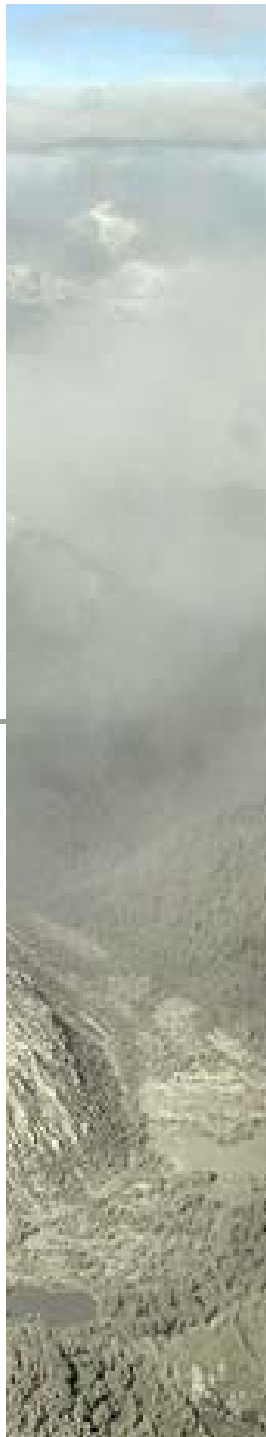
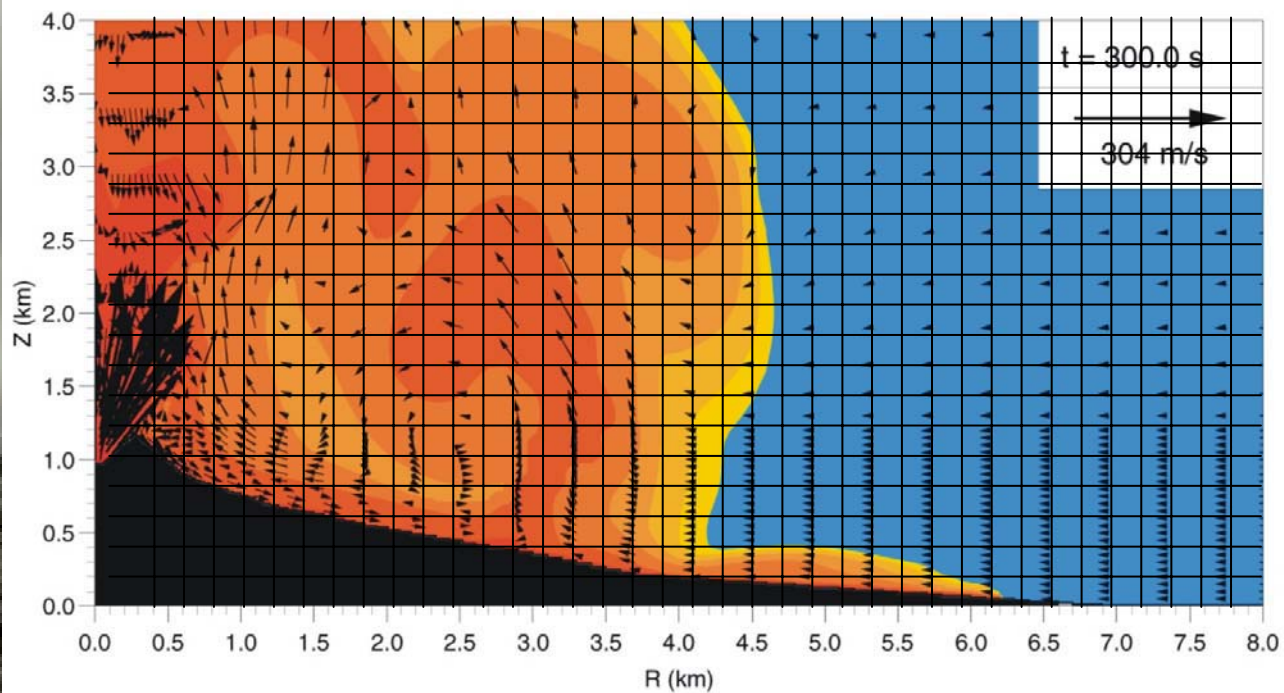
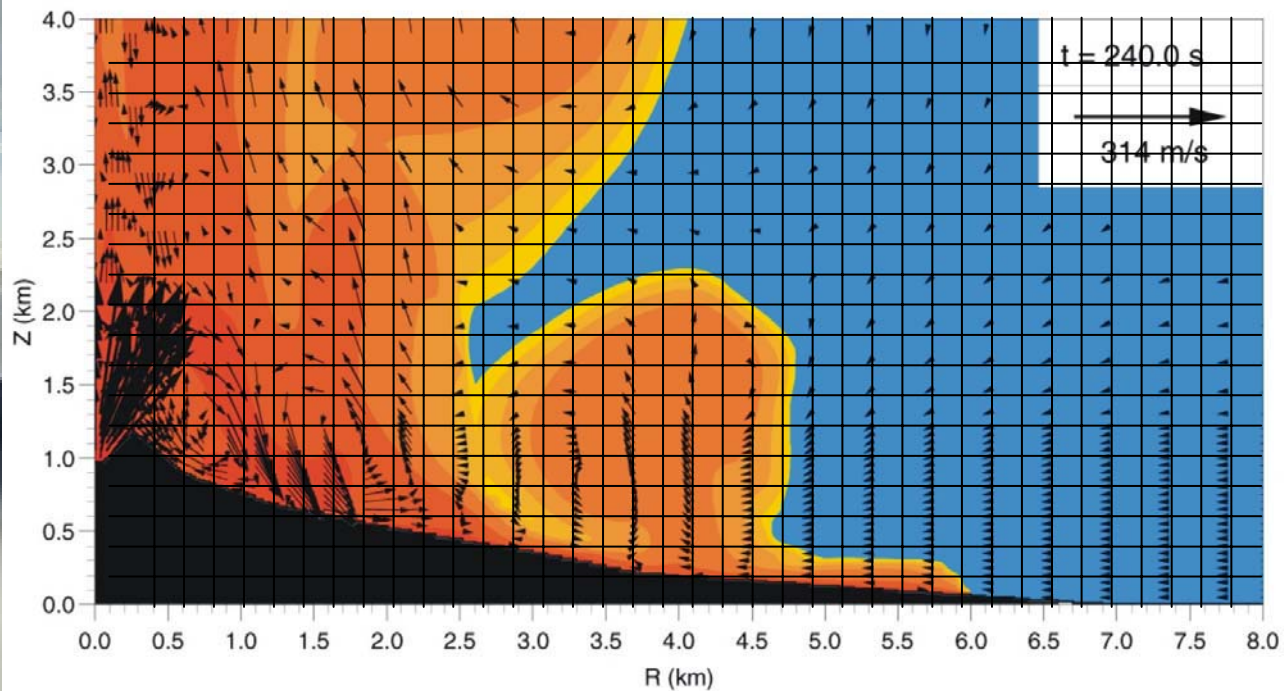
Un nivel más homogéneo constituido principalmente por pomez, de gran espesor y de extensión lateral muy importante = depósito pliniano

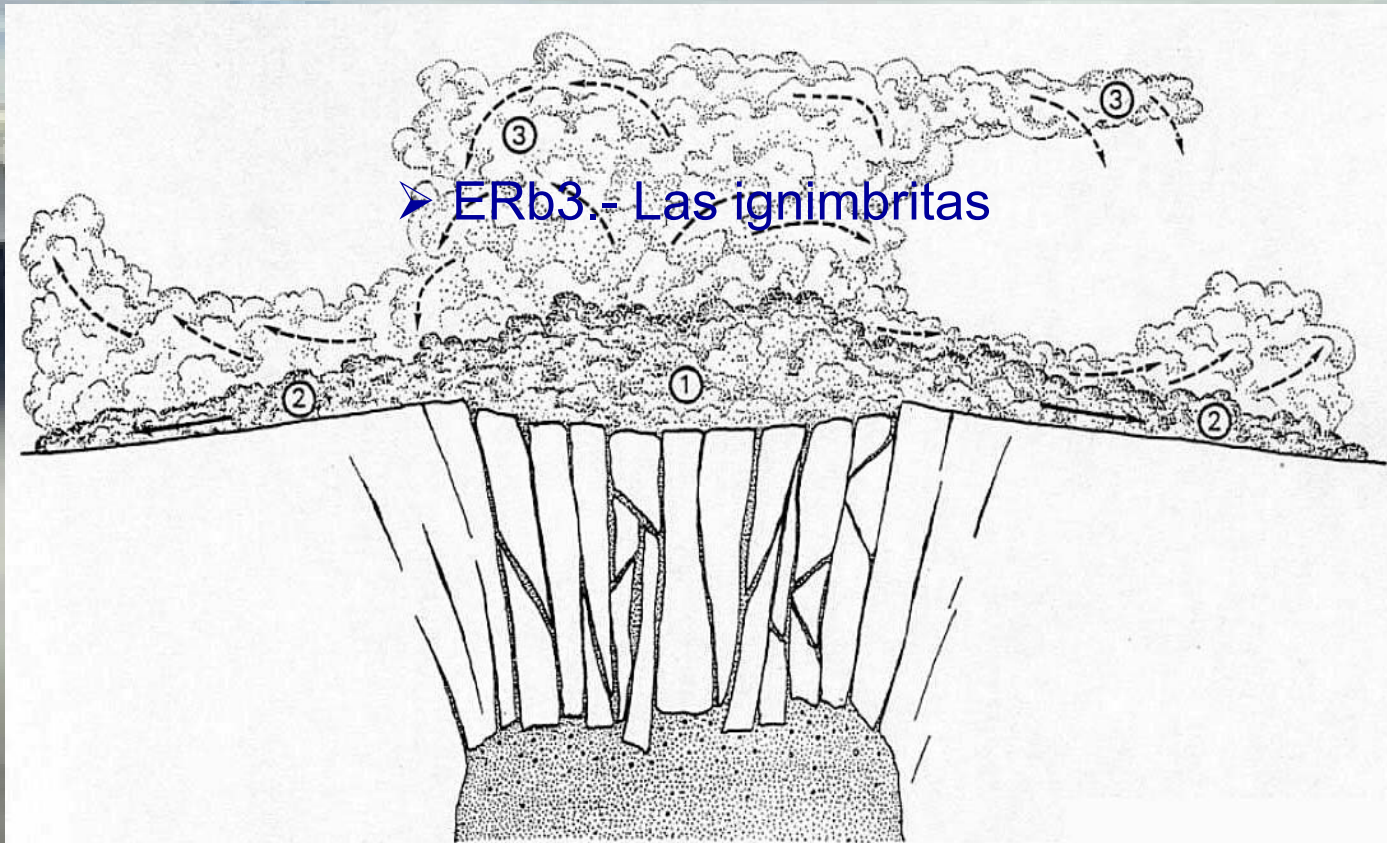
Un depósito muy heterogéneo con bloques de diferente tamaño y un cemento más fino = es típicamente un depósito de tipo nube ardiente

Simulación fluidodinámica de un fluido multifase, multicomponente y compresible



rectangular non-uniform grid, topography, gas and particle fields





Las ignimbritas se emplazan como una masa fluidizada que mantiene en suspensión los fragmentos de pomez, los líticos y las cenizas. A raíz de la brusca baja de presión que se produce al abrirse las fracturas emisivas la nube no sube verticalmente como en el caso de las erupciones plinianas sino que se desplaza horizontalmente.

- 1.- Ignimbritas *sensu stricto*.
- 2.- Cenizas finas al frente del flujo que corresponden a los *ground surges*.
- 3.- Cenizas finas arrastradas en la nube convectiva.

Capa 1

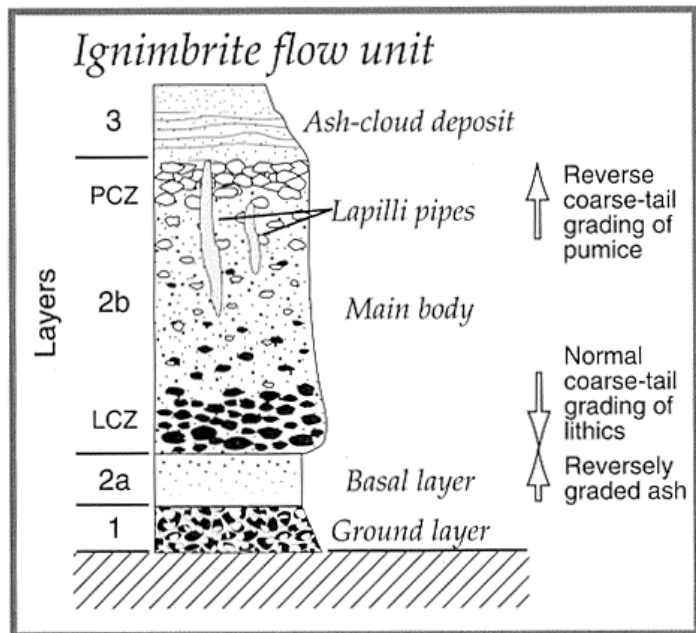


FIGURE 5 Idealized flow unit of ponded ignimbrite. Layer 2 can show a variety of grading structures from no grading to extremely enriched lithic and pumice concentration zones (LCZ and PCZ). Different layer 1 and layer 3 facies are discussed in the text. White particles, pumice; black particles, lithics; dots, ash.

- Altamente variable; siguiendo que es fuertemente influenciada por la topografía, etc.
- La mas comun es un ground layer lítico, por sus componentes densos
- Los liticos sedimentaron fuera de la cabeza del flujo piroclastico
- Algunas veses hay una oleada basal que avanzo antes del flujo. Can also sometimes find a basal surge layer. Interpreted to be the result of surge advancing at the head of the flow.

Capa 2

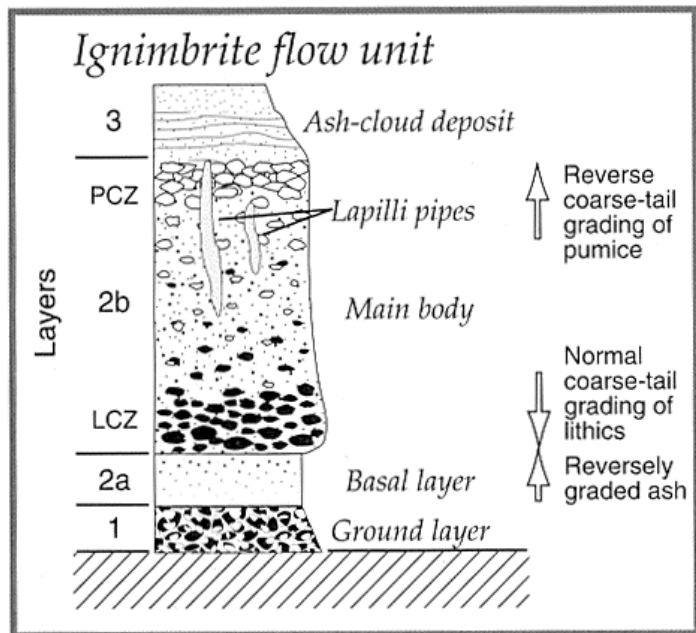


FIGURE 5 Idealized flow unit of ponded ignimbrite. Layer 2 can show a variety of grading structures from no grading to extremely enriched lithic and pumice concentration zones (LCZ and PCZ). Different layer 1 and layer 3 facies are discussed in the text. White particles, pumice; black particles, lithics; dots, ash.

- **Capa 2a: Capa basal formada con la interacción con el suelo**
- **Capa 2b: Gradación normal de líticos**
- **Gradación inversa de la pomez**
- **Pipas de escape de gas con partículas finas**

Capa 3

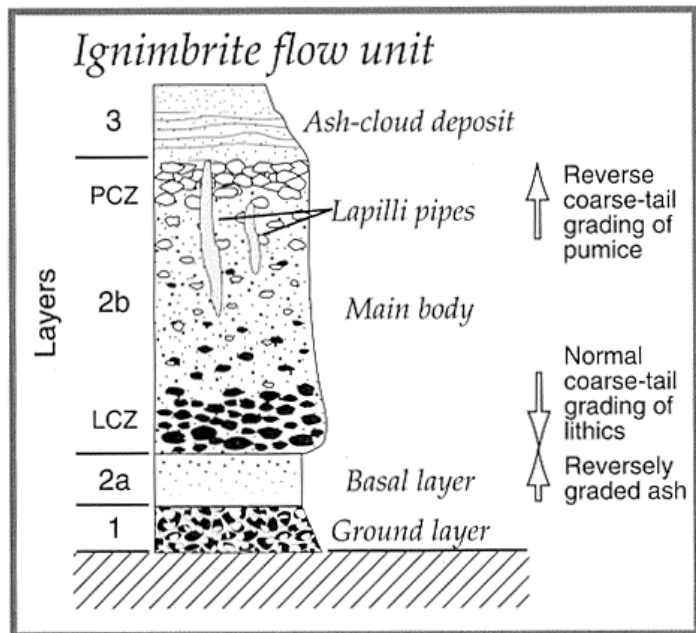
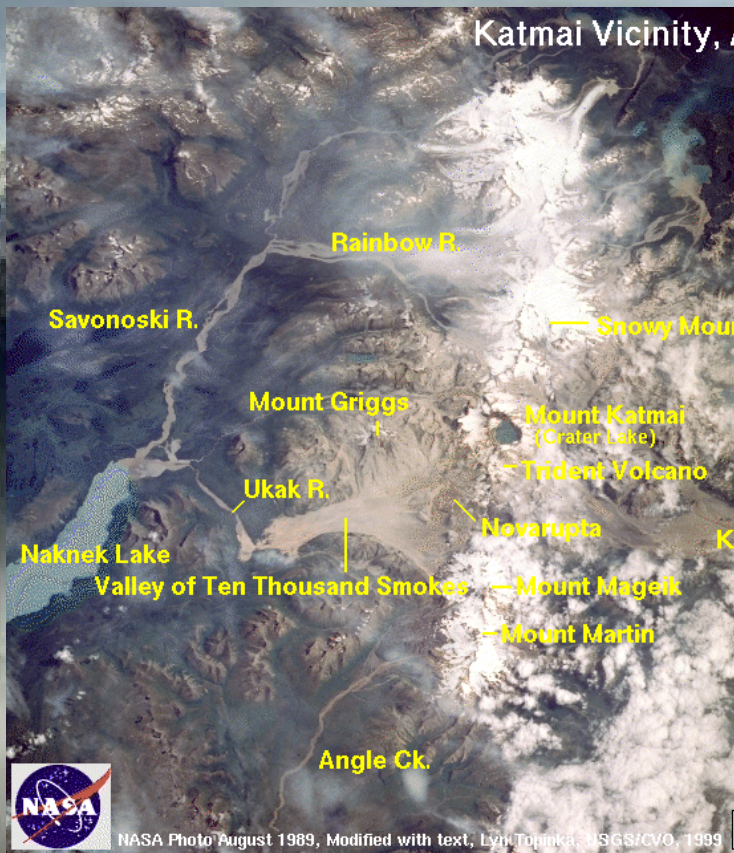


FIGURE 5 Idealized flow unit of ponded ignimbrite. Layer 2 can show a variety of grading structures from no grading to extremely enriched lithic and pumice concentration zones (LCZ and PCZ). Different layer 1 and layer 3 facies are discussed in the text. White particles, pumice; black particles, lithics; dots, ash.

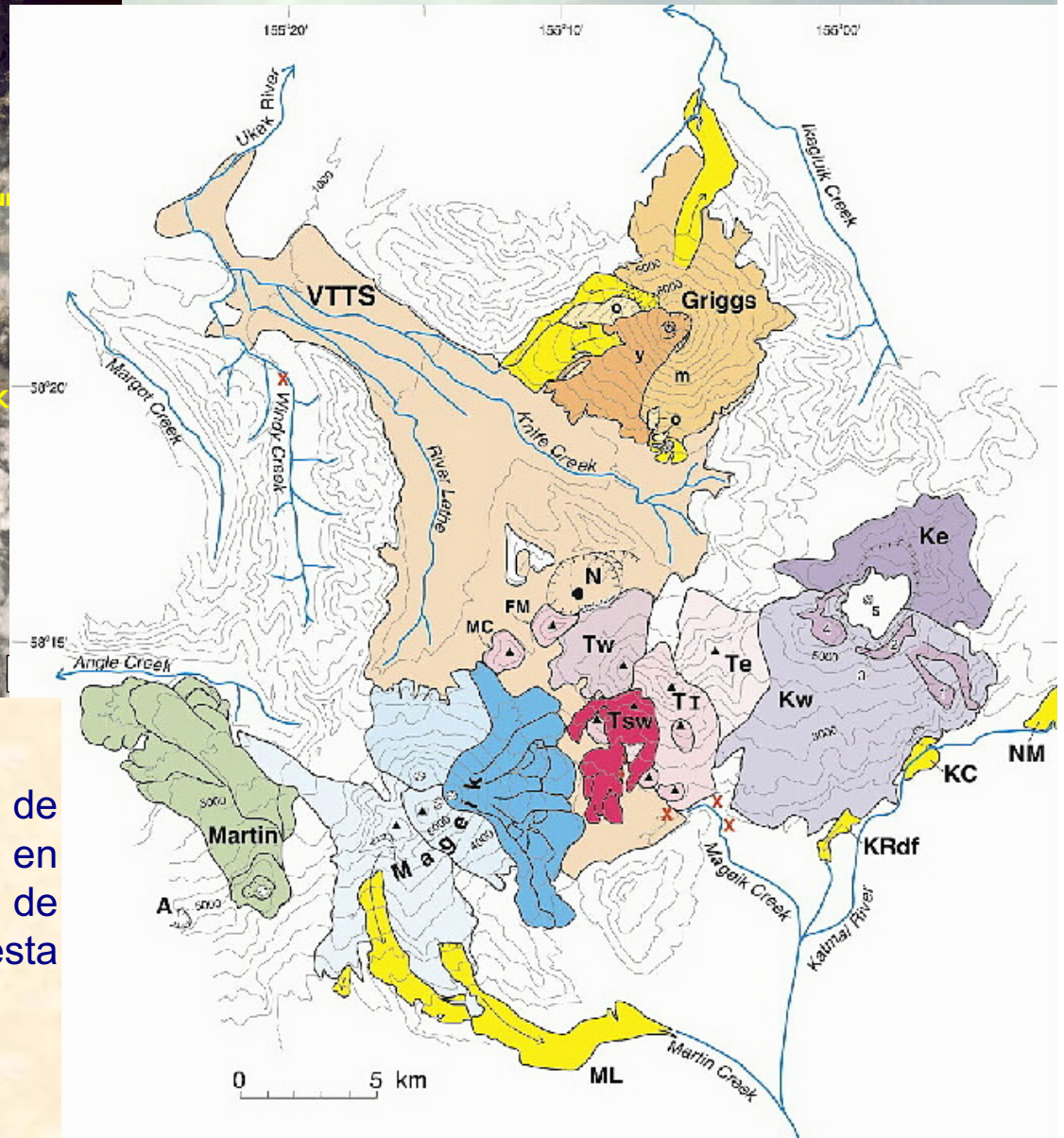
- **Capa 3 es una nube de ceniza depositada desde una nube secundaria o co-ignimbrita**

Katmai Vicinity, Alaska



NASA Photo August 1989, Modified with text, Lynn Topinka, USGS/CVO, 1999

Las erupciones ignimbríticas ...



La única erupción histórica conocida de este tipo fué la del Katmai que ocurrió en 1912 en Alaska inundando el «Valle de los diez mil humos» visible en esta imagen de la NASA.

Las erupciones ignimbríticas ...



Katmai volcanic cluster and the great eruption of 1912 Hildreth & Judy Fierstein

GSA Bulletin; October 2000, 112, 1594–1620

En esta foto se ve en el primer plano las ignimbritas, con este color amarillento, el Novarupta, y el Katmai.

