

Amenaza Volcánica: Introducción

Robert P.G.A. Voskuil

UNESCO RAPCA



Contenido

- Patrones globales de volcanismo
- Tipos de erupciones volcánicas y amenazas relacionadas.
- Distribución de las amenazas volcánicas
- Mapeo de amenazas volcánicas

UNESCO RAPCA



Amenazas volcánicas y el Hombre

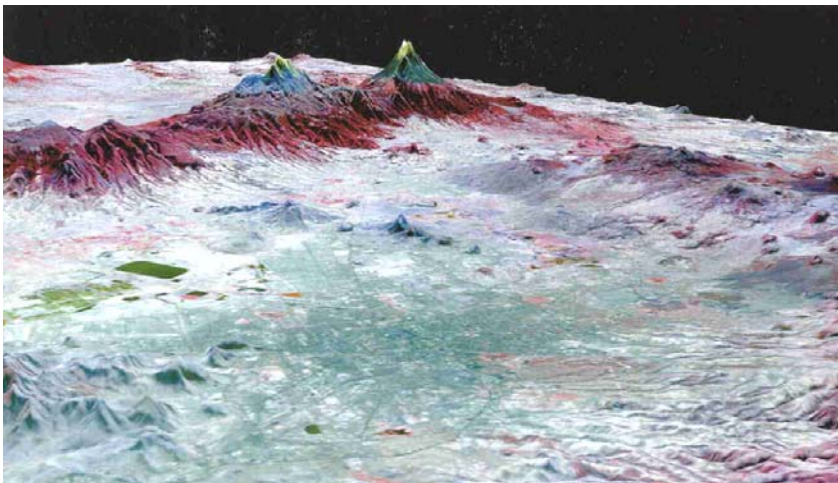
- ◆ Ca. 550 históricamente activos en el planeta.
- ◆ En los últimos 500 años 200.000 personas como resultado de erupciones volcánicas.
- ◆ En la actualidad mas de 500 millones de personas viven en zonas de influencia de amenazas volcánicas.
- ◆ Ejemplos como (Pinatubo, Montserrat, Galunggung) muestran que un adecuado conocimiento de la amenaza volcánica, información apropiada y preparación adecuada de las comunidades y autoridades permite dar solución apropiada en situaciones de crisis originadas por una erupción volcánica.

UNESCO RAPCA



Muchas ciudades de gran tamaño están localizadas cerca de volcanes que representan un alto nivel de amenaza

Ciudad de México & Volcán Popocatepetl



UNESCO RAPCA



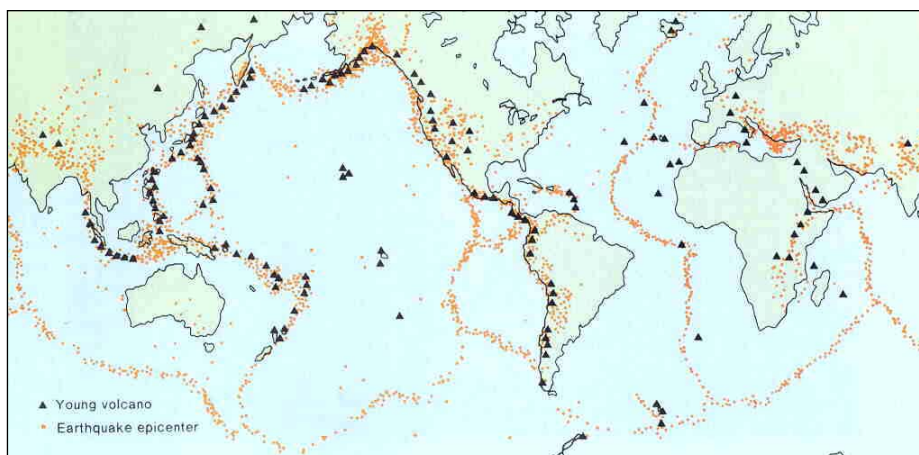
Pompei, Italia: destruido en el año 79 por el Vesubio



UNESCO RAPCA



Patrones globales de Vulcanismo



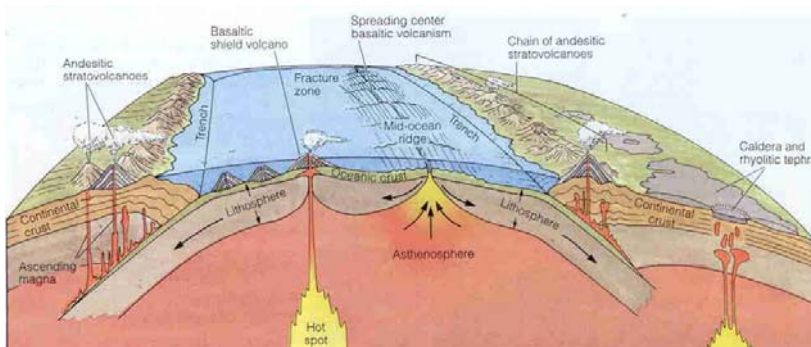
UNESCO RAPCA



Placas tectónicas y vulcanismo

- Patrones globales de vulcanismo están relacionadas con los límites de las placas tectónicas (regiones sísmicamente activas)
- El tipo de actividad volcánica depende principalmente del tipo de límite de placa
- Cada tipo de erupción se caracteriza por una combinación específica de amenazas volcánicas.

Tipos de límites de placa

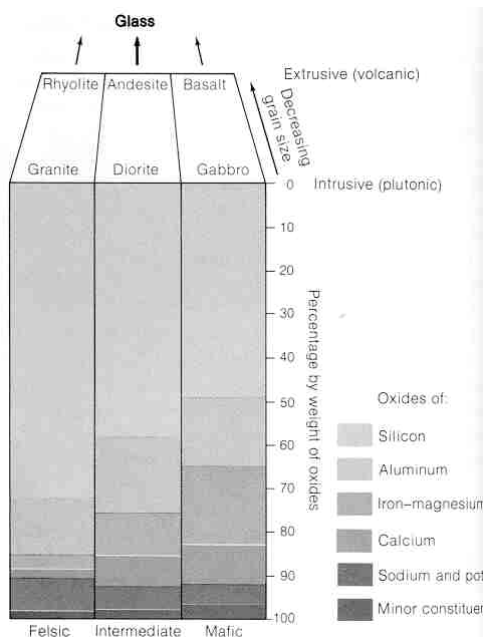


- **Divergentes:** erupciones “calmadas” de magma basáltico
- **Convergentes** (subducción): erupciones explosivas de magmas andesíticos
- **Intraplacas** (‘puntos calientes, hot spots’): erupciones de magma basáltico

Extrusion de magma & gases

- Erupción volcánica:
Magma en ascenso y gases asociados alcanzan la superficie de la corteza terrestre y son lanzados sobre la superficie del terreno o a la atmósfera.
- Flujo “calmado” de lava < - - > erupción explosiva
 - ♦ Depende de la viscosidad y contenido de gases del magma
 - ♦ Viscosidad depende del contenido químico y temperatura del magma

UNESCO RAPCA



Composición promedio de los principales tipos de lava y sus contrapartes intrusivas

UNESCO RAPCA



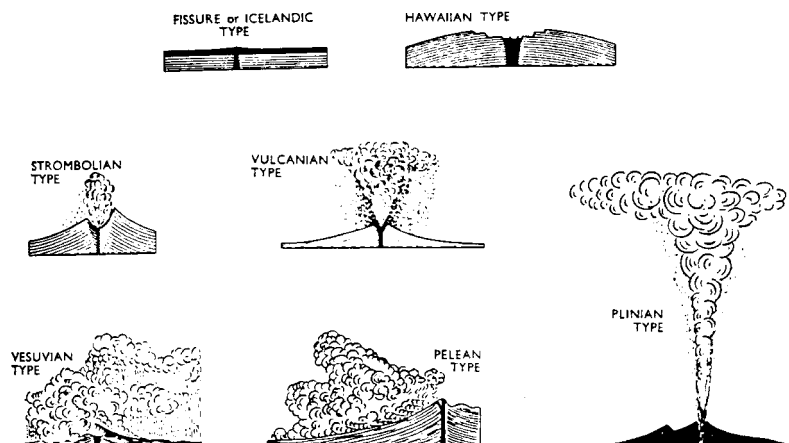
Domo en Riolita, altamente viscoso, Galunggung, Indonesia



UNESCO RAPCA



Tipos de erupciones



UNESCO RAPCA



Índice de explosividad Volcánica (VEI)

VEI	General description	Volume of tephra (m ³)	Cloud column height (km)	Qualitative description	Classification	Historic eruptions up to 1985
0	Non-explosive	10 ⁴	<0.1	Gentle, effusive	Hawaiian	487
1	Small	10 ⁶	0.1–1			623
2	Moderate	10 ⁷	1–5		Strombolian	3 176
3	Moderate Large	10 ⁸	3–15	Explosive	Vulcanian	733
4	Large	10 ⁹	10–25	Severe, violent, terrific		119
5	Very large	10 ¹⁰	25		Plinian	19
6		10 ¹¹		Cataclysmic, paroxysmal, colossal	Ultra-plinian	5
7		10 ¹²				2
8						0

UNESCO RAPCA



Diferentes tipos de amenazas volcánicas

- Flujos de lava
- Caída de cenizas
- Nubes ardientes
- Impactos directos
- Lahares (volcanic debris- and mudflows)
- Gases volcánicos
- Sismos volcánicos
- Tsunami (large sea- or lake waves)
- Nubes de ceniza que afectan navegación aérea

Evaluación de amenaza y zonificación: complicado!

UNESCO RAPCA



Amenazas volcánicas

Directas ☒ Indirectas

- Amenazas primarias o directas: debido al impacto directo de los productos de la erupción volcánica.
- Amenazas secundarias o indirectas: debido a efectos colaterales de la erupción.

Amenazas directas

- Flujos de lava
- Caída de piroclastos: caída de cenizas y rocas
- Flujos piroclásticos (flujos de pómez, nubes ardientes, base surge)
- Lahares (primarios, calientes)
- Gases (calientes, tóxicos)
- Impacto directo

Amenazas indirectas

- Lahares “frios” secundarios (pueden ocurrir por años después de la erupción)
- Deslizamientos
- Tsunamis, generados por erupciones volcánicas (Krakatau, 1883!)
- Lluvia ácida
- Cenizas en la atmósfera (tráfico aéreo!)
- Influencia sobre el clima?

Lava < > Piroclastos

Principales productos volcánicos sólidos:

- ♦ Magma/lava
- ♦ Piroclastos:
Ceniza (tuff), lapilli, bloques/bombas

Flujos de Lava, Batur, Indonesia



UNESCO RAPCA



Flujos de Lava (Etna)

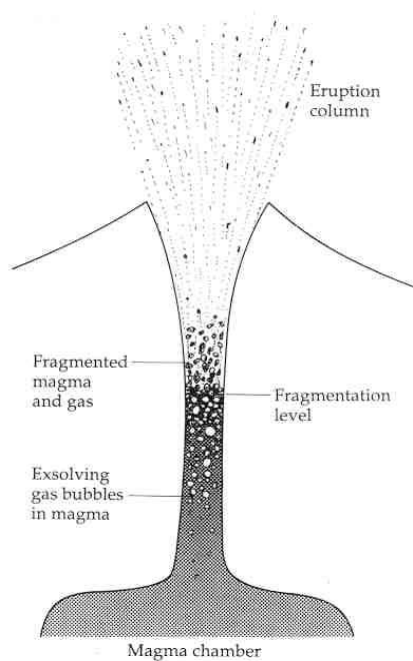


Amenazas:

- Aplastar
- Sepultar
- Incendiar

UNESCO RAPCA





UNESCO RAPCA



Erupción Pliniana:

Gases en el magma son liberados de manera continua a medida que este asciende a la superficie, desde la cámara magmática, través del conducto volcánico

El proceso de descompresión fragmenta el magma y lo conduce de manera continua a través del conducto

Materiales piroclásticos

- Liberación explosiva de gases desde el magma/lava genera 'piroclastos'
('piro' = fuego & 'clastos' = fragmentos)
- Generalmente de origen ácido/intermedio
- Tamaños: cenizas < 4 mm
Lapilli 4 - 32 mm
Bombas & Bloques > 32 mm

UNESCO RAPCA



Caída piroclástica (1)

- Materiales arrojados/disparados a través del cráter
- Materiales pesados (bloques, bombas) siguen una trayectoria balística



UNESCO RAPCA



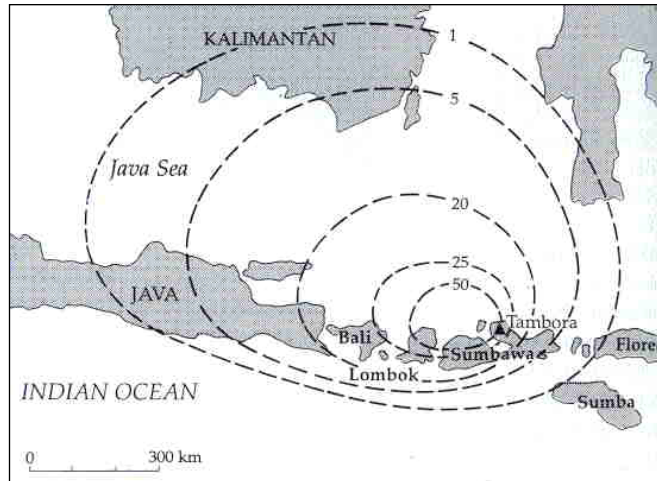
Caída piroclástica (2)

- Materiales gruesos se depositan mas cerca del punto de la erupción que los materiales mas finos
- Materiales mas finos se elevan en el aire ayudado por gases en expansión y luego son arrastrados por los vientos (dirección!)
- Depósitos de caída piroclástica: 'TEPHRA'
- Estudio de tephras: 'Tephra-chronology'
- Mapa de iso-pacas: información acerca de la distribución y espesor de los depósitos piroclásticos de caída

UNESCO RAPCA



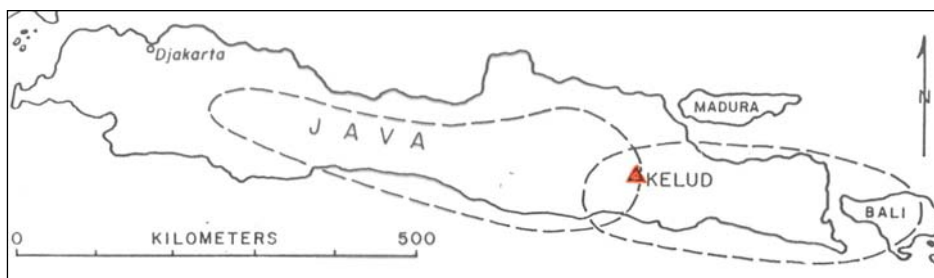
Mapa de iso-pacas, espesor depósitos piroclásticos de
caída en cm, erupción Tambora , 1815



UNESCO RAPCA



Distribución de cenizas, erupción Kelud, 1919
Vientos elevados arrastraron las cenizas en dirección occidental, vientos
bajos en dirección oriental



UNESCO RAPCA



Caída de cenizas (Galunggung, Java, 1982)



UNESCO RAPCA

Amenazas:

**Colapso de estructuras
(esp. techos planos!)**

**Cubre la
vegetación**

Contamina aguas

**Problemas
respiratorios
para las
personas**



Colapso de techos debido a la caída de cenizas, Pinatubo, Philippines, 1991



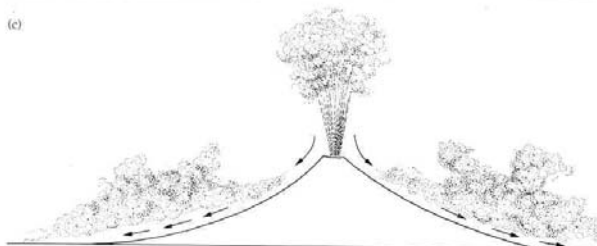
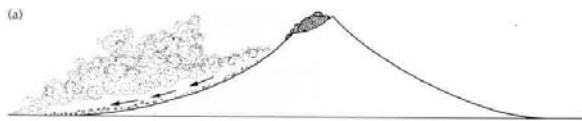
UNESCO RAPCA



Flujos piroclásticos

- Mezcla de materiales piroclásticos y gases
- Nubes ardientes/avalanchas ardientes (d'explosion & d'avalanche)
- Flujos calientes, venenosos que destruyen todo lo que encuentran a su paso.

UNESCO RAPCA



Generación de flujos piroclásticos

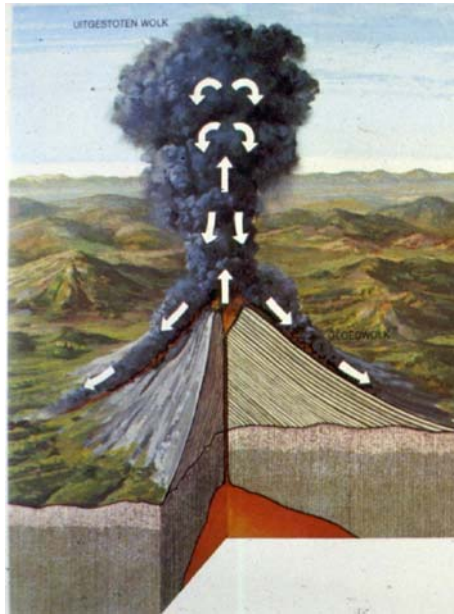
a) Colapso Lava-domo (tipo Merapi)

b) Explosión repentina del domo de lava (tipo Peleean)

c. Colapso desde una columna de erupción (tipo Soufriere)

UNESCO RAPCA





**Flujos piroclásticos
generados por el
colapso de una columna
de erupción**

UNESCO RAPCA



Flujos piroclásticos/Nubes ardientes

Amenazas:

Estructuras débiles colapsan

Incendios

Cubierta de cenizas

Sofocación



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



UNESCO RAPCA



Columna de erupción vertical & flujos piroclásticos, Bulusan, Philippines



UNESCO RAPCA

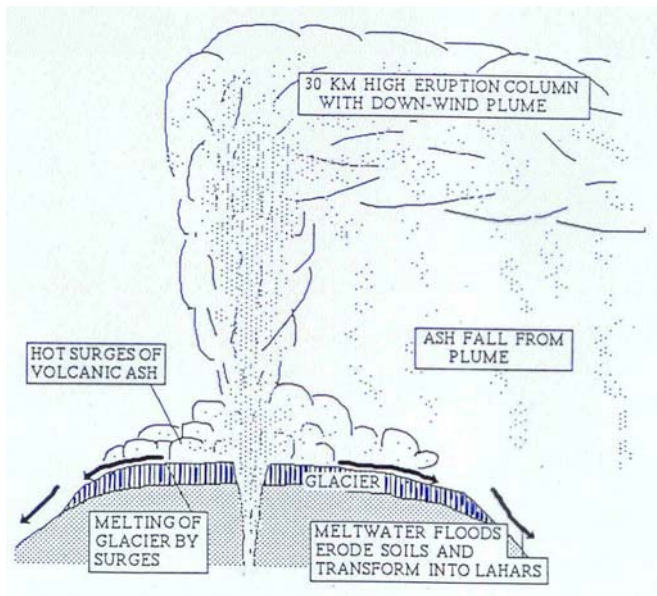


Flujos de lodo Volcánico/Lahares

- Mezcla de detritos volcánicos (todos los tamaños!) y agua.
- Contenido de agua (bajo<>alto) influencia movilidad.
- Fuente de agua: ★ (crater)lago,
 - ★ lluvia
 - ★ glaciar-hielo o nieve.
- Fuente de detritos: ★ depósitos de caída piroclástico,
 - ★ depósitos de flujo piroclástico
 - ★ materiales fondo de valles
- Lahares de erupción (calientes!) & Lahares por lluvia
- Amenaza de 'desbordamiento'

UNESCO RAPCA





Generación de un lahar debido al derretimiento de hielo y nieve, durante la erupción volcánica del Ruiz Colombia, 1985

UNESCO RAPCA



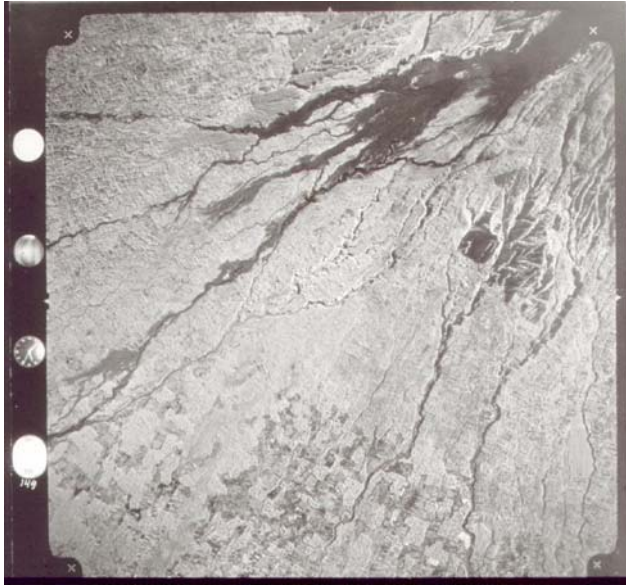
Lahares



Amenazas:
Sepultamiento
Inundación
Destrucción de edificaciones e infraestructura

UNESCO RAPCA





**Depósitos de
flujo
piroclástico
(zona oscura)
son la fuente
para los
lahares
generados en
epoca de lluvia
(tonos grises),
vertiente SW
Merapi, Java,
Indonesia**

UNESCO RAPCA

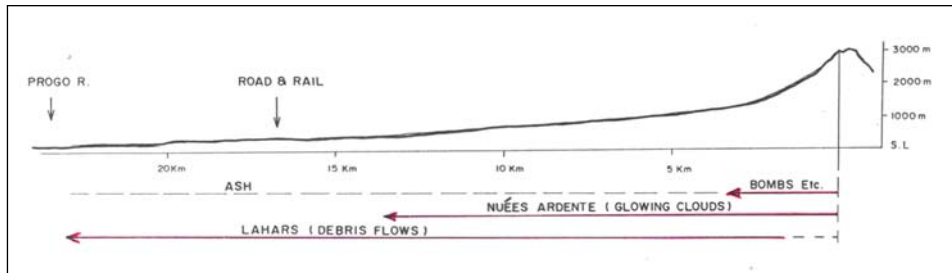


**Lahares, se
desbordan y
cubren áreas
adyacentes, cuando
los valles son poco
profundos para
contener el
volumen del flujo
de escombros**

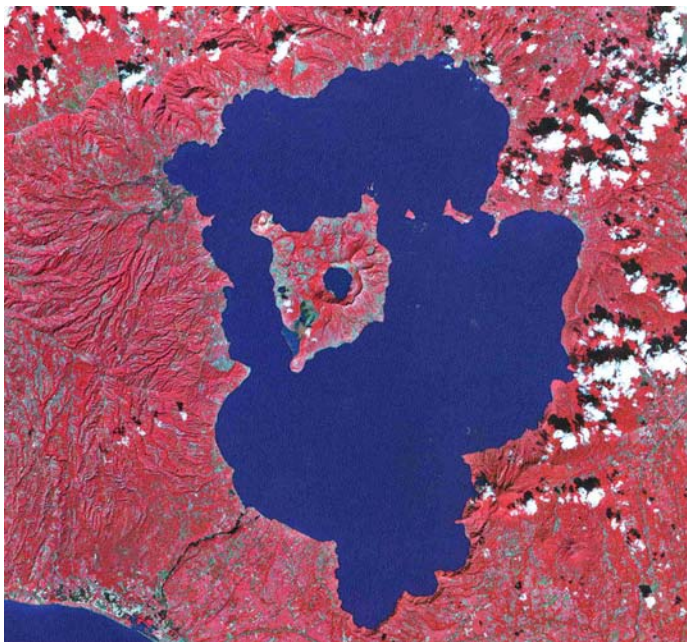
UNESCO RAPCA



Distancia alcanzada por los materiales piroclásticos, Merapi, Java, Indonesia



UNESCO RAPCA



**Volcán Taal,
Filipinas,
Lake wave
hazard**

UNESCO RAPCA



Evaluación de la amenaza volcánica

- Evaluación de la amenaza volcánica es llevada a cabo mediante la combinación de dos enfoques complementarios, los cuales podrían conducir a la predicción:
 - ☆ **Análisis de Mediano a largo plazo**,
Estudia la historia eruptiva del volcán, mapeo y modelamiento de la amenaza volcánica, zonificación de la amenaza volcánica.
 - 🕒 **Corto plazo**; vigilancia y monitoreo del volcán.

Evaluación de la amenaza y su mitigación (1)

- **Análisis de mediano a largo plazo**
 - ♦ Estudio de la historia eruptiva del volcán: mapeo de depósitos y evaluación del índice de explosividad (VEI), intensidad, magnitud y duración de previos eventos volcánicos >>>>
caracterización del conjunto de la actividad volcánica y las amenazas potenciales.

Zonificación de la amenaza volcánica

- Reconstrucción de previas erupciones y cuantificación del volumen y dispersión de los materiales volcánicos = base para la zonificación de la amenaza volcánica

Zonificación de la amenaza volcánica

- Zonificación de cada amenaza de acuerdo con:
 - ♦ La intensidad (e.g. espesor o extensión de la amenaza)
 - ♦ Frecuencia de ocurrencia
 - ♦ La combinación de ambos

Zonificación de la amenaza: reglas generales

- ♦ La intensidad de los fenómenos volcánicos disminuye con la distancia al centro de la erupción (cráter o fisura)
- ♦ Factores topográficos o meteorológicos pueden modificar el avance del fenómeno, tales como re-direccionamiento de flujos por efectos topográficos.

UNESCO RAPCA



Depósitos de ceniza , Volcán Tangkuban Perahu, Java, Indonesia



UNESCO RAPCA



Datación de productos de la erupción volcánica por medio de evidencias arqueológicas



Nivel del terreno en la actualidad

Nivel del terreno 900 años atrás

UNESCO RAPCA



Depósitos de lahar:
sin buena gradación

Volcán Agung,
Indonesia

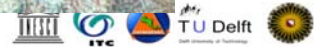
UNESCO RAPCA



Flujos de Lahar, Imagen Landsat (volcán Kelut, Indonesia)



UNESCO RAPCA



Evaluación de la amenaza y mitigación (2)

Vigilancia y monitoreo instrumental
monitoreo de volcanes (usando sistemas en el
terreno y sistemas de teledetección) > predicciones
de corto plazo

Tecnicas:

- ♦ Observación visual
- ♦ Actividad sísmica (tremores/sismos volcánicos)
- ♦ Deformación del terreno (inclinómetros, GPS)
- ♦ Emisión de gases (composición química + temperatura)
- ♦ Sensores remotos

UNESCO RAPCA



Evaluación de la amenaza y mitigación (3)

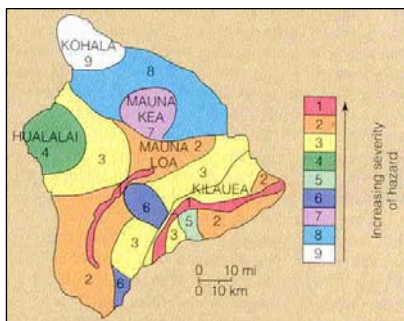
- Sistemas de alarma temprana
- Planes de emergencia y evacuación
- Programas educativos orientados a crear conciencia de las amenazas para poblaciones que viven en áreas de influencia volcánica
- Planificación del uso del suelo, basado en la zonificación de la amenaza
- Códigos de construcción (e.g. construcción de techos)
- Construcción de estructuras tales como diques para desviación de lahares

UNESCO RAPCA



Zonificación de la amenaza

Hawaii: 5 volcanes y sus zonas derrame Amenaza relativa por flujos de lava



Zone	Percent of area covered by lava since 1800	Percent of area covered by lava in last 750 yrs	Explanation
Zone 1	greater than 25%	greater than 65%	Includes the summits and rift zones of Kilauea and Mauna Loa where vents have been repeatedly active in historic time.
Zone 2	15-25%	25-75%	Areas adjacent to and downslope of active rift zones.
Zone 3	1-5%	15-75%	Areas traditionally less hazardous than Zone 2 because of greater distance from recently active vents and/or because the topography makes it less likely that flows will cover these areas.
Zone 4	about 5%	less than 15%	Includes all of Hualalai, where the frequency of eruptions is lower than on Kilauea and Mauna Loa. Flows typically cover large areas.
Zone 5	none	about 50%	Areas currently protected from lava flows by the topography of the volcano.
Zone 6	none	very little	Same as Zone 5.
Zone 7	none	none	20% of this area covered by lava 3500-5000 years ago.
Zone 8	none	none	Only a few % of this area covered in the past 10,000 yrs.
Zone 9	none	none	No eruption in this area for the past 60,000 yrs.

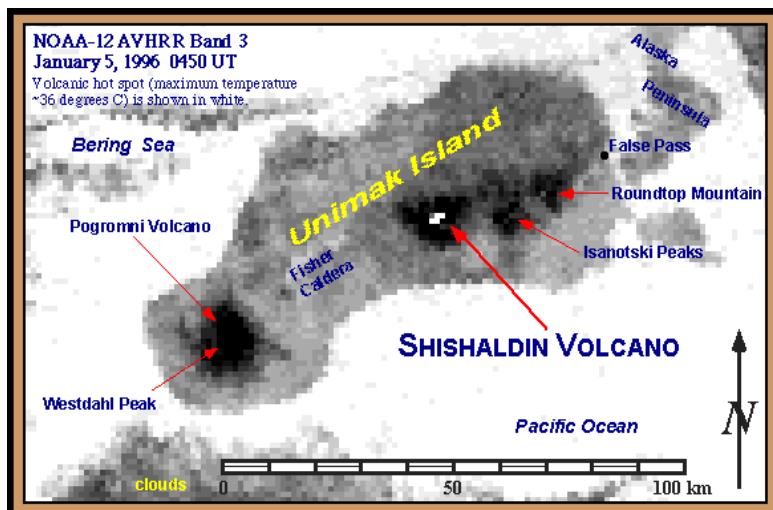
UNESCO RAPCA



Uso de sensores remotos & SIG

- Mapeo de áreas volcánicas
- Monitoreo de actividad volcánica y erupciones
- Sistemas de alarma temprana
- Zonificación de la amenaza
- Quantificación de depósitos volcánicos
- Evaluación de daños

UNESCO RAPCA

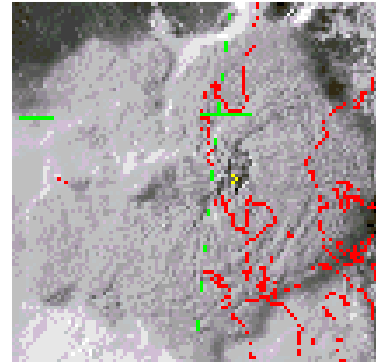
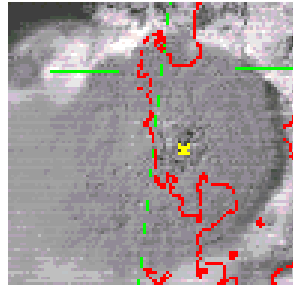
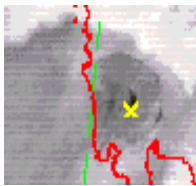


“hot spot” volcánico en la cima del volcán Shishaldin

UNESCO RAPCA



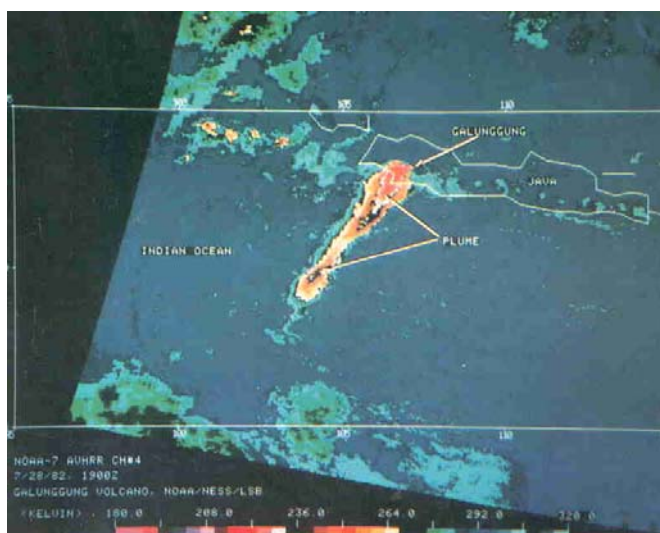
Monitoreo de la erupción , Mt. Pinatubo, 15 de Junio 1991



UNESCO RAPCA



Monitoreo de “plumas” de erupción



**Galunggung,
Java, 28/7/82**

**Noaa-7,
AVHRR**

**Color indica
temperatura de
la “pluma”**

UNESCO RAPCA

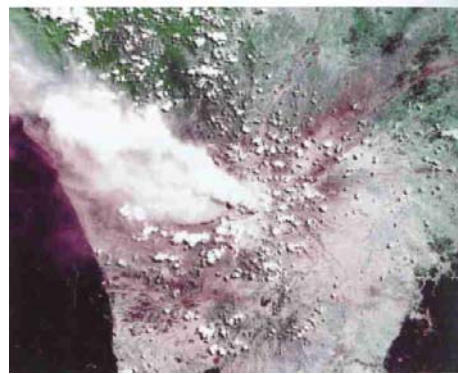


Monitoreo de la erupción

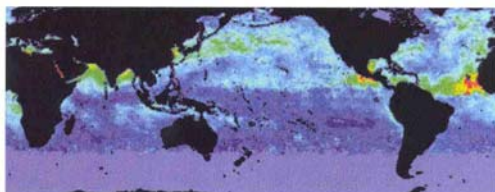
(Pinatubo, 1991) (MOS-1)

25 - 11- 1989

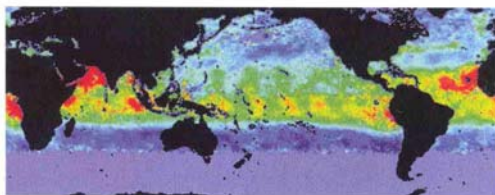
5 - 7 - 1991



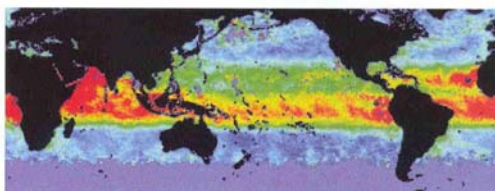
UNESCO RAPCA



MAY 1991



JULY 1991



AUGUST 1991

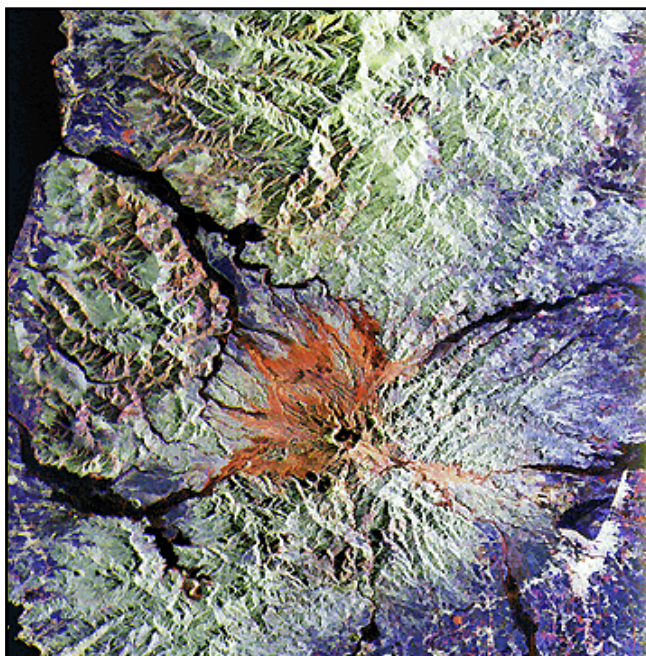
**Cenizas del Pinatubo :
distribución global**

Erupción Junio 1991

**NOAA AVHRR
imágenes, Mayo 1991,
Julio 1991, Agosto
1991**

UNESCO RAPCA





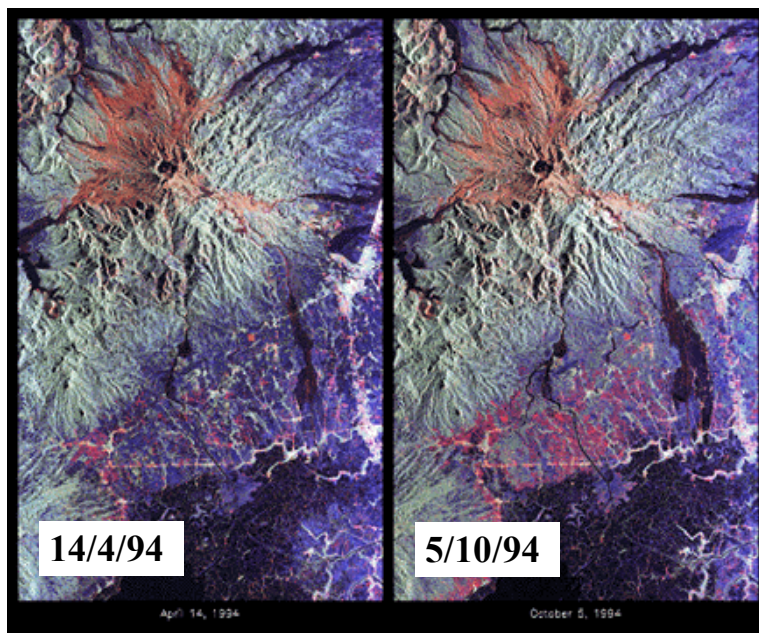
**Mt. Pinatubo,
Philippines, 13/4/94**

**SIR-C/X-SAR,
falso color**

**naranja: depósitos
de flujo
piroclástico (1991)**

**Negro:
lahares suavizados**

UNESCO RAPCA



**Mt. Pinatubo,
Philippines**

SIR-C/X-SAR

**Monitoreo de
lahares**

UNESCO RAPCA



Evaluación de daños mediante el uso de fotografías aéreas secuenciales
Armero (Colombia):
pre & post erupción del 13 de noviembre de 1985 (Nevado del Ruiz)



UNESCO RAPCA



Armero: evaluación rápida de daños,
con fotografías aéreas de formato pequeño



UNESCO RAPCA

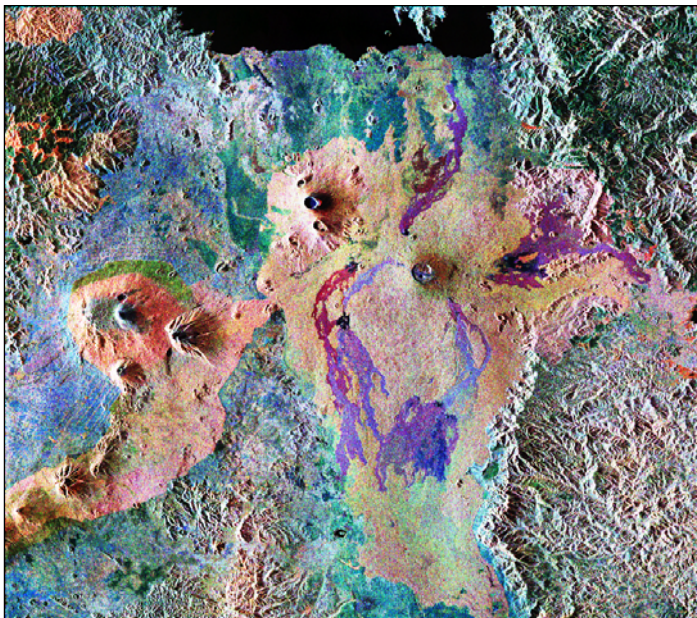


Mapeo de depósitos volcánicos y estructuras: Galunggung,
Indonesia



Landsat TM

UNESCO RAPCA



**Cadena
volcánica
Virunga ,Rwanda,
Zaire, Uganda**

**Composición en
falso color**

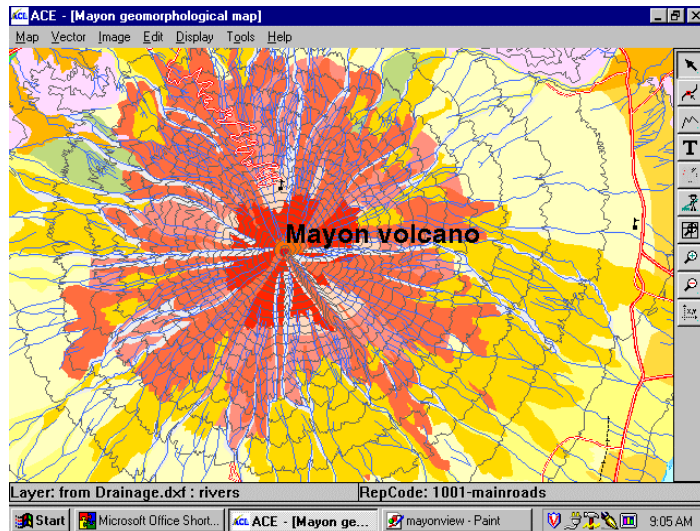
Sir-C/X-SAR

3/10/94,

UNESCO RAPCA



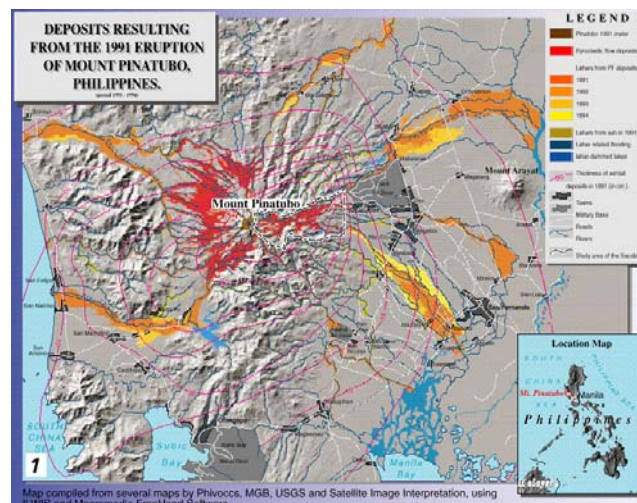
Volcán Mayon, geomorfología



UNESCO RAPCA



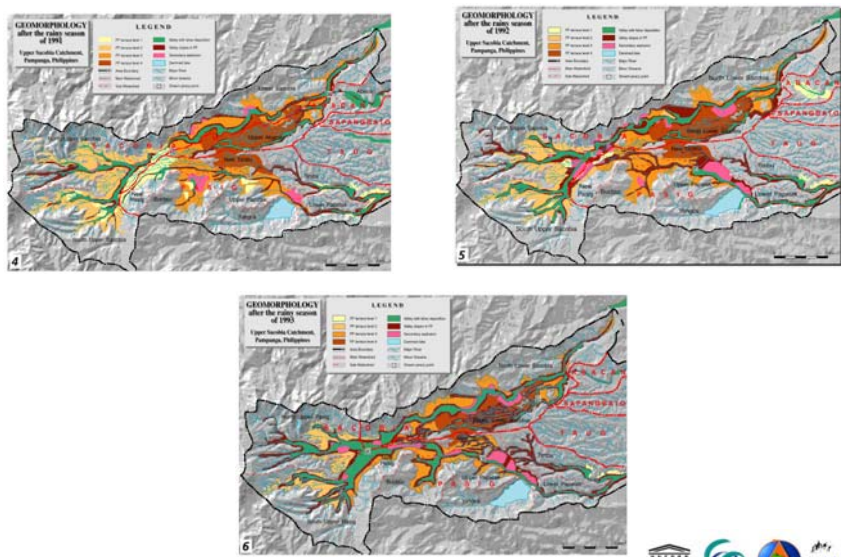
Evaluación de amenaza por Lahar Mt. Pinatubo



UNESCO RAPCA



Modelamiento de la erosión en el Mt. Pinatubo



Modelamiento de la erosión en el Mt. Pinatubo

