

Material Volcánico, Amenaza y Mitigación

1 Dónde se encuentran los volcanes y Qué encontramos?

90% de la actividad cerca de los límites entre placas; el otro 10% cerca de hot-spots y/o zonas de rifts continentales

- dorsales meso-oceánicas: posee la mayoría de actividad ígnea (80% del total de producción de magma); a medida que el suelo marino se expande, nuevo magma de la astenósfera llega a la superficie y se separa; fundición o derretimiento parcial del magma máfico por *decompresión*; erupción en el suelo marino genera lava en *almohadillas*, *pillow lavas* por el contacto con aguas frías que llevan a la formación de una cáscara alrededor de la lava en forma de almohadillas. Agua caliente rica en minerales es liberada en los *black smokers*; las erupciones son submarinas, alejadas y relativamente pacíficas.

- zonas de subducción: la litósfera oceánica que subduce libera volátiles que ayudan a la fundición del material aledaño en la astenósfera; ya que los minerales silíceos tienen la temperatura de fusión más baja, el magma al ascender es más silíceo que la fuente original del magma de donde proviene.

llega a la superficie en arcos continentales en zonas de colisiones *continente-oceano*, y en arcos de islas en zonas de colisiones *oceano-oceano*

En zonas *oceano-oceano* el magma basáltico puede ascender directamente a la superficie, generando así erupciones más efusivas y vulcanismo menos explosivo.

En zonas *continente-oceano*, el magma al ascender funde una gran cantidad de corteza continental (baja T de fusión!), el magma se vuelve más silíceo y como resultado presenta un vulcanismo más explosivo.

- Rifts Continentales: adelgazamiento y Rifting puede llevar a la división de un continente, permitiendo que magma caliente suba y se desplace a la superficie generando vulcanismo. Típicamente muy silíceo (p.e., Este de África); hace 1 Billón de años, un Rift Continental desde los grandes lagos hasta Kansas en USA casi parte en dos norteamérica.
- Hot Spots: los Hot Spots están estáticos con relación al movimiento de las placas tectónicas. Se cree que hay plumas que suben desde el límite entre el Manto y el Núcleo (las plumas son roca sólida, no es magma!). Por ejemplo Hawaii: magma sube desde una pluma estacionaria generando vulcanismo en la superficie; una cadena de volcanes es creada a medida que la placa tectónica se mueve sobre el Hot Spot; muchos Hot Spots se encuentran en los océanos, creando vulcanismo basáltico similar al que

se observa en las dorsales meso-oceánicas (aunque con algunas diferencias en cuanto a contenido mineral). Existe vulcanismo continental en Hot Spots, el cual es más silíceo (p.e., Yellowstone hace 600,000 años).

- grandes provincias ígneas: Algunos Hot Spots pueden ser muy calientes, produciendo más fundición parcial (10% en vez de 4-6%) y grandes cantidades de lava llevando a *flood basalts* (p.e., Columbia River, hace 17 Ma; Deccan Traps, hace 65 Ma; Planicie de Paraná cerca de las Cataratas de Iguazú).
- en general NO hay actividad volcánica cerca de límites de placa de transformación.

Volcanic Material

los tres grupos más importantes de productos volcánicos son: flujos de lava, escombros o material piroclástico y gases volcánicos

- flujos de lava
 - basáltico: pahoehoe (baja viscosidad; fluye fácilmente; low-viscosity; flows easily; estructura filamentosa); tipo a'a', más fría (viscosidad baja a media; algo estancado su flujo, estructura en bloques)
 - andesítica: alta viscosidad, usualmente de corta duración; a veces puede llegar a quedar atrapada en el conducto y forma un domo de lava obstruyendo el conducto; la presión de los gases puede aumentar bajo tierra y llevar a una explosión.
 - lava en almohadillas (pillow lava): cuando la lava entra en contacto con agua, la superficie exterior se solidifica instantáneamente; when lava gets in contact with water; the outer surface solidifies instantaneously; pequeñas fracturas fuerzan a la lava a trasladarse a otra burbuja.
- material piroclástico
 - ceniza: tamaño de polvo; < 2mm; partículas afiladas, vidriosas
 - lapilli o cinder: tamaño de canicas al de una ciruela
 - bombas: del tamaño de un balón de Basket al de una casa
- gases volcánicos la mayor parte del magma posee gases disueltos, incluyendo agua, CO₂, SO₂, H₂S (hasta 9%). En general, la lava riolítica contiene más gases que la lava máfica. Los gases volcánicos pueden escapar mucho después de una erupción volcánica y pueden ser la única muestra de actividad volcánica. (p.e., volcanes dormidos). Los gases volcánicos escapan en las llamadas fumarolas.

Amenaza por Material Volcánico

- flujos de lava: causan daños considerable a las estructuras, pero usualmente no hay uertes por su baja velocidad.
- caída de ceniza: cubre el suelo, a veces algunos centímetros hasta metros, asfixiando a organismos vivos
- cenizas en el aire, amenaza para tráfico aereo: p.e., los motores de los aviones que vuelan a través de una nube de ceniza se traban. Un ejemplo en la erupción de Mt. Redoubt que causó la falla del mototr de un Jumbo Jet y \$80 M en daños.
- erupciones gigantes pueden llevar a cambios climáticos globales de manera temporal. p.e., Mt Pinatubo, 1991; Tambora, 1815, "el año sin vareno").
- lahars: mezcla de ceniza y agua que puede generar flujos de lodo peligrosos con velocidades de cerca de 50 km/h (a la velocidad a la cual se supone que vayamos por las calles!).
 - Formación de Lahares: lluvias causadas por la erupción)p.e., Vesuvio, AC 79)
 - ríos (p.e., Mt. St. Helena, 1980)
 - drenaje de aguas del lago del crater (p.e., Mt. Kelut)
 - derretimiento de las capas de hielo (capa de hielo o glaciar) (p.e., Nevado del Ruiz, 1985)
 - tormentas post-erupción (e.g. tifón después de Pinatubo, 1991)
- flujos piroclásticos: mezcla de ceniza con aire y gases calientes forman un flujo poriclástico extremadamente destructivo, con grandes velocidades (300 km/h). También llamada [*nuee ardente*] en frances. (p.e., Mt Pelee en Martinica, Abril 1902 mueren 29,000 habitantes con solo 2 sobrevivientes; Pompella 79 AC).
 - *Formación de Flujos piroclásticos: colapso de domo (e.g. Mt. Unzen, 1991)*
 - *overspilling del borde del crater (e.g. Mt. Pelee, 1902-1903)*
 - *explosiones dirigidas (Mt. St. Helens, 1980; Mt. Pinatubo, 1991)*
 - *colapso de la columna eruptiva (Mt. Unzen, 1991; Vesuvius 79; Mt. Mayon, 1968)*
 - *Factores que matan gente: Impacto físico*
 - *inhalación de gases muy calientes y tóxicos*
 - *quema*

- *exhalación de gases: emanación de grandes cantidades de gases volcánicos tóxicos puede llevar a la muerte; p.e., CO₂ en Lago Myos, Camerún mató a la mayoría de los habitantes y cabezas de ganado en el valle, sólo las plantas sobrevivieron (ver casos de estudio). Otro ejemplo de amenaza por gases volcánicos es el Popocatepetl en México, un volcán que está aprox a 100 km de la ciudad más grande del mundo, Ciudad de México. Popocatepetl puede emitir grandes cantidades de CO₂ (gas de invernadero) y SO₂ (polución también emitida por quema de carbón) que perjudica la calidad del aire de la Ciudad de México (además del tráfico claro esta).*
- *erosión y flujos de lodo causados por tormentas (e.g. área del Lago Atitlan, Guatemala, después del Huracán Stan, Octubre 8, 2005)*
 - *Factores que aumentan el riesgo: pendientes fuertes (cerca del ángulo de reposo)*
 - *material no consolidado*
 - *poca vegetación después de una erupción reciente.*
- *deslizamientos de tierra submarinos: amenaza recientemente descubierta; si los deslizamientos no son lentos sino repentinos, se puede generar un Tsunami de consecuencias globales (p.e., Islas Canarias, Hawaii).*

Mitigación de la Amenaza Volcánica

Las erupciones volcánicas no pueden ser prevenidas, pero si se puede tomar medida para reducir los daños y el número de muertes.

- monitoreo (ver Cátedra 12)
- desviación de flujos de lava (con éxito moderado); p.e., los residentes de Heimaey/Islandia salvaron su puerto en una erupción en 1973 cuando al echar agua sobre el flujo de lava lo pudieron desacelerar.
- drenaje de lagos en el cráter antes de una erupción. : p.e., Mt. Kelut (medianamente exitoso)
- educación
- evacuación (muchas veces un problema político y no científico)

Caso de Estudio Mt Mayon: una erupción en 1993 mata a 75 campesionso Mt. Mayon: an eruption in 1993 killed 75 farmers en una quebrada que estaba fuera de límites. 50,000 residentes fueron evacuados a 10 km a la redonda del volcán, anticipando una erupción mayor. Muchos residentes tuvieron que ser evacuados a la fuerza, pero volvieron durante el día para atender sus cultivos (sin la cosecha, la gente moriría de hambre).

Hay algún beneficio de la actividad volcánica?

- material liberado es muy rico en minerales, proporcionando un suelo muy fértil.
- rocas volcánicas pueden ser utilizadas como material de construcción.
- material piroclástico es usado de muchas maneras (p.e., ceniza y lapilli para calles congeladas.
- alguna actividad volcánica (p.e., Black smokers) puede generar recursos minerales significativos
- vulcanismo forma nuevas islas (p.e., islandia, Japón)
- actividad geotermal utilizada para spas, proporciona energía (p.e., Nueva Zelanda, Islandia)
- termales (p.e., Paipa)

Algunas características en Volcanes

- fisuras: escape de lava de muy baja viscosidad a lo largo de fracturas sin formar un volcán (forma planicies); 10s de km de largo (p.e., Islandia).
- conos de escoria (cinder): erupción de lava rica en gases, *espuomsa* produciendo conos con fuertes pendientes formados por tefra de tamaño de canicas que se juntan. Las pendientes están cerca del *ángulo de reposo*, la pendiente más fuerte que un apilado puede sostener sin colapsar (cerca de 40 °) (p.e., Haleakala, Hawaii; Sunset Crater, AZ)
- domos de lava: lava con alta viscosidad empuja el conducto volcánico, muchas veces obstruyendo el crater; pueden ser peligroso cuando los gases volcánicos no pueden escapar, generando erupciones violentas con flujos piroclásticos.
- Calderas: cuando la cámara magmática es vaciado cuando grandes cantidades de magma escapan; el techo colapsa por la perdida del soporte. Las calderas pueden ser de más de 1km a lo largo (p.e., Santorini, Crater Lake, Krakatau). Usualmente de menor diámetro que la base original del volcán; según el libro las calderas estan asociadas con erupciones con lava de alta viscosidad, alto contenido de volátiles y grnades volúmenes. Este no es siempre el caso!!
- Calderas resurgentes: Más grandes que el volcán original; creadas durante erupciones gigantes; eventualmente el suelo de la caldera comienza a subir por la remoción de material en su tope y por el ascenso de material caliente por debajo (p.e., Long Valley Caldera, CA; Yellowstone, WY; Valles, NM)

- Black Smokers: agua caliente rica en minerales escapa a través de largas chimeneas en las dorsales meso-oceánicas, creando un ambiente extremo único donde hay seres vivos en aguas de cerca de 100°C.
- fumaroles: exhalación de gases a través de huecos en el suelo
- mofettes: Exhalación de CO₂ a través de huecos en el suelo
- Geysers: agua subterránea circulante que es calentada por rocas a altas T bajo tierra y que posteriormente hace erupción hacia la superficie. (p.e., Yellowstone, Islandia); algunos geysers pueden ser muy regulares (p.e., Old Faithful cada 75 min) pero normalmente no lo son.
- termales: spas con aguas termales, aún en climas fríos; muchas veces poseen minerales
- atolones: arrecifes de coral en mar abierto, muchas veces en forma de anillo. Se necesita aguas de 18-30°C para crecer; en latitudes de menos de 30°. Originalmente se forman en los bordes de islas volcánicas; los volcanes se van hundiendo y erodando mientras que los corales pueden seguir creciendo. Los volcanes eventualmente son erodados por debajo del nivel del mar.

Dos ejemplos que muestran que actividad volcánica y Sísmica aunque sea remota puede representar una amenaza

- Aviones volando a través de nubes de ceniza
 Mt Redoubt en Alaska está ubicado en una zona relativamente remota, a unos 200km de la ciudad de Anchorage. Ha sufrido solo unas cuantas erupciones en la historia reciente. En Diciembre 15, 1989 un Boeing 747 de KLM (Holandesa) en su vuelo de Amsterdam a Tokyo, con 250 pasajeros y a una altura de crucero (10 km) se encontró con una nube de ceniza de la erupción volcánica. La ceniza taponó los 4 motores los cuales perdieron la potencia y el avión comenzó un descenso de 12 min hasta una altura de 4 km, solo 1.5 km por encima de las montañas. Los motores volvieron a reaccionar solo hasta el intento #18 y el piloto pudo aterrizar el avión en Anchorage. Los daños a los motores costaron 18 M. Desafortunadamente este tipo de incidentes es común y los pilotos en muchas ocasiones no tienen ningún tipo de alerta. Otros ejemplos incluyen el encuentro entre un avión 747 con una nube de ceniza durante la erupción de 1982 en Mt Galunggung/Indonesia (descenso de 7.5km) y 17 vuelos durante la erupción de Mt Pinatubo en 1991. Oficiales trabajan hoy en día con científicos para el desarrollo de sistemas de alerta temprana en Alaska para los vuelos polares hacia Asia del Este. Estudios recientes muestran que satélites climáticos del espacio pueden ser utilizados para diferenciar

nubes de ceniza de las normales (nota: nubes provenientes de incendios forestales también pueden representar una amenaza).

- Terremotos y Oleoductos En Noviembre 3 de 2002, un terremoto de magnitud 7.9 a lo largo de la falla de Denali, a aproximadamente 160 km de Fairbanks, Alaska. Ha habido terremotos más pequeños en el pasado (p.e., M 7.2 en 1912, M6.2 en 1958). El terremoto con una falla de tipo de rumbo (lateral derecha) causó que la superficie se rupturó por un total de 320 km. El terremoto causó numerosos deslizamientos de tierra, avalanchas, avalanchas de nieve y caída de rocas a lo largo de la falla, además de deslizamiento horizontal considerable.

Por ejemplo, científicos han medido deslizamientos de 2.5 m, rompiendo la carretera, mientras que el Oleoducto Trans-alaska no se rompió. El oleoducto está construido sobre el suelo y sobre un marco. Durante el transporte del petróleo, este se debe mantener caliente, lo cual derretiría el Permafrost y generar inestabilidad si estuviese enterrado bajo tierra. El oleoducto fue diseñado para soportar un terremoto de M8.0 y aunque el oleoducto se agitó considerablemente, no se rompió.