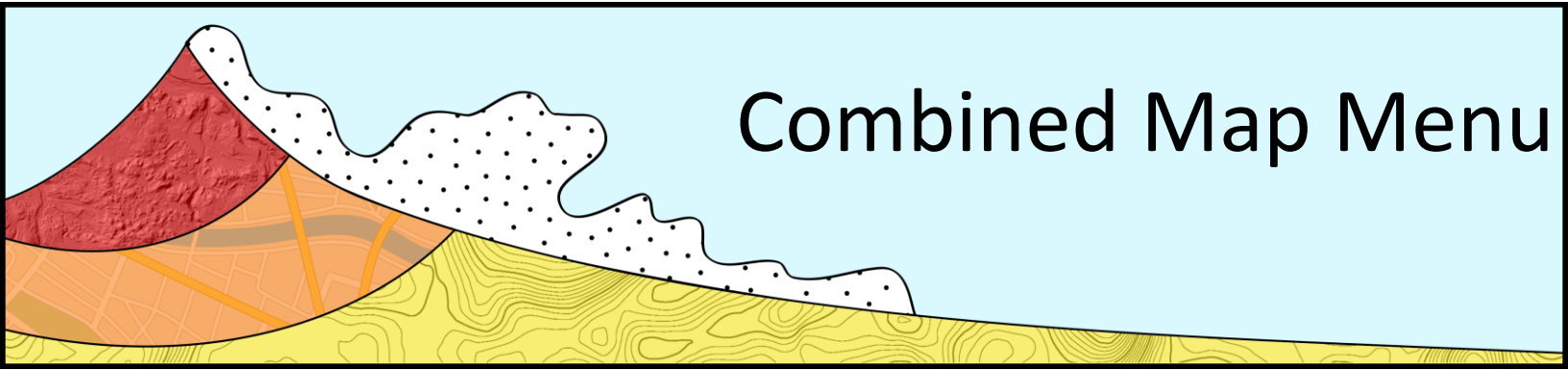
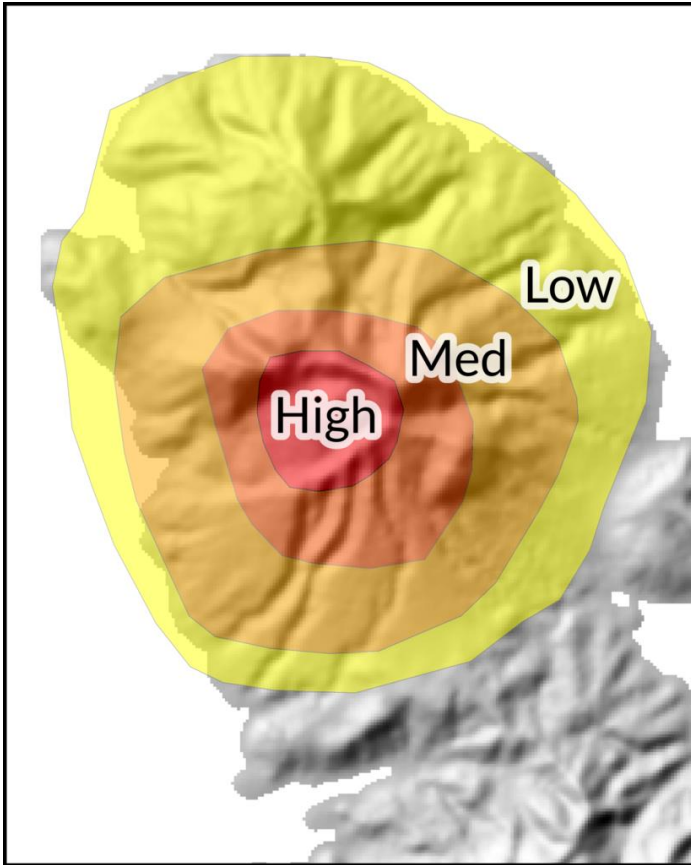


# Combined Map Menu

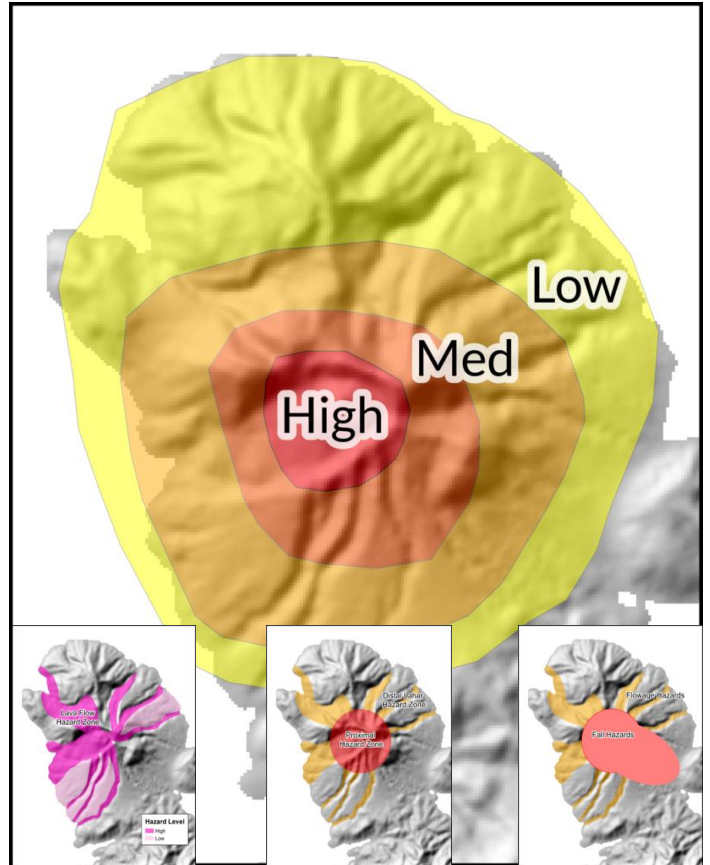


# Hazard Zone Presentation

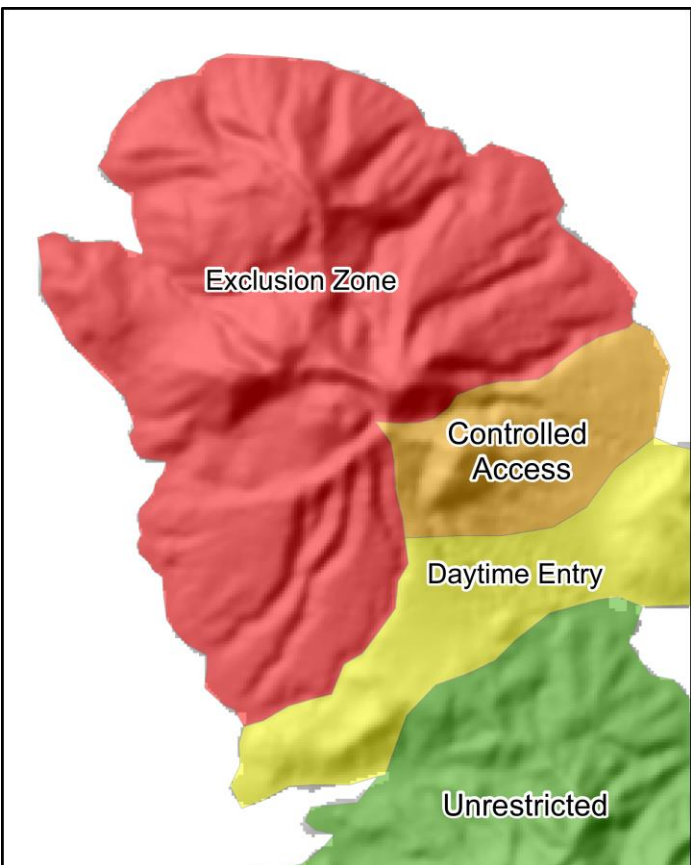
Hazard level-focused (integrated)



Hazard level-focused with single process insets

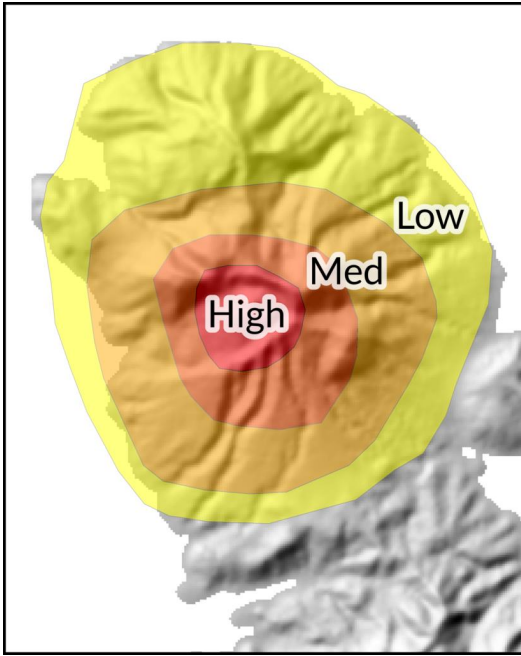


Hazard level-focused (administrative)

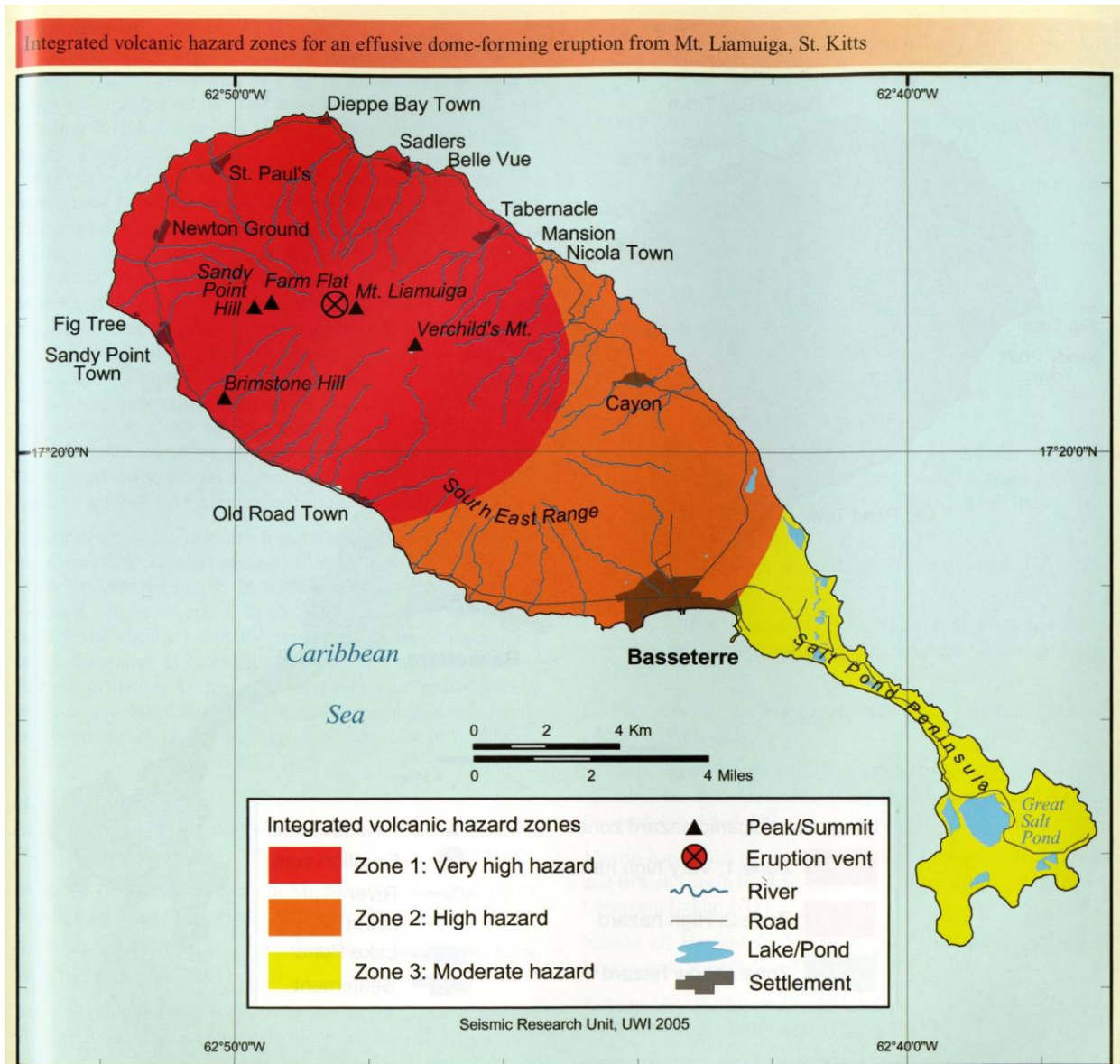


# Hazard Zone Presentation

Hazard level-focused (integrated)

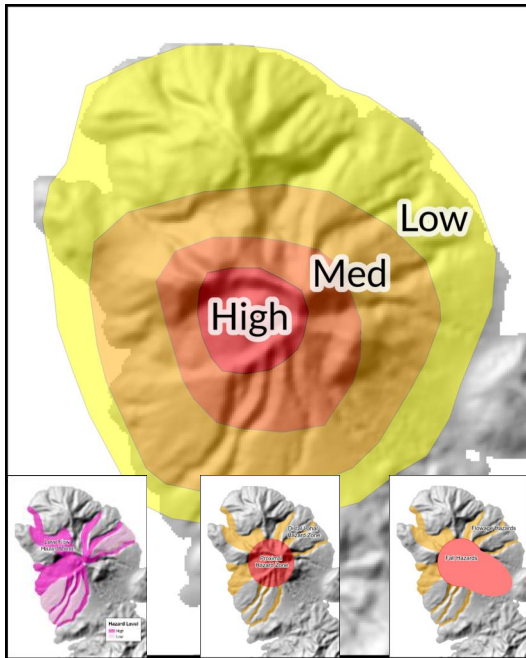


Liamuiga, Saint Kitts and Nevis  
(Robertson, 2005)

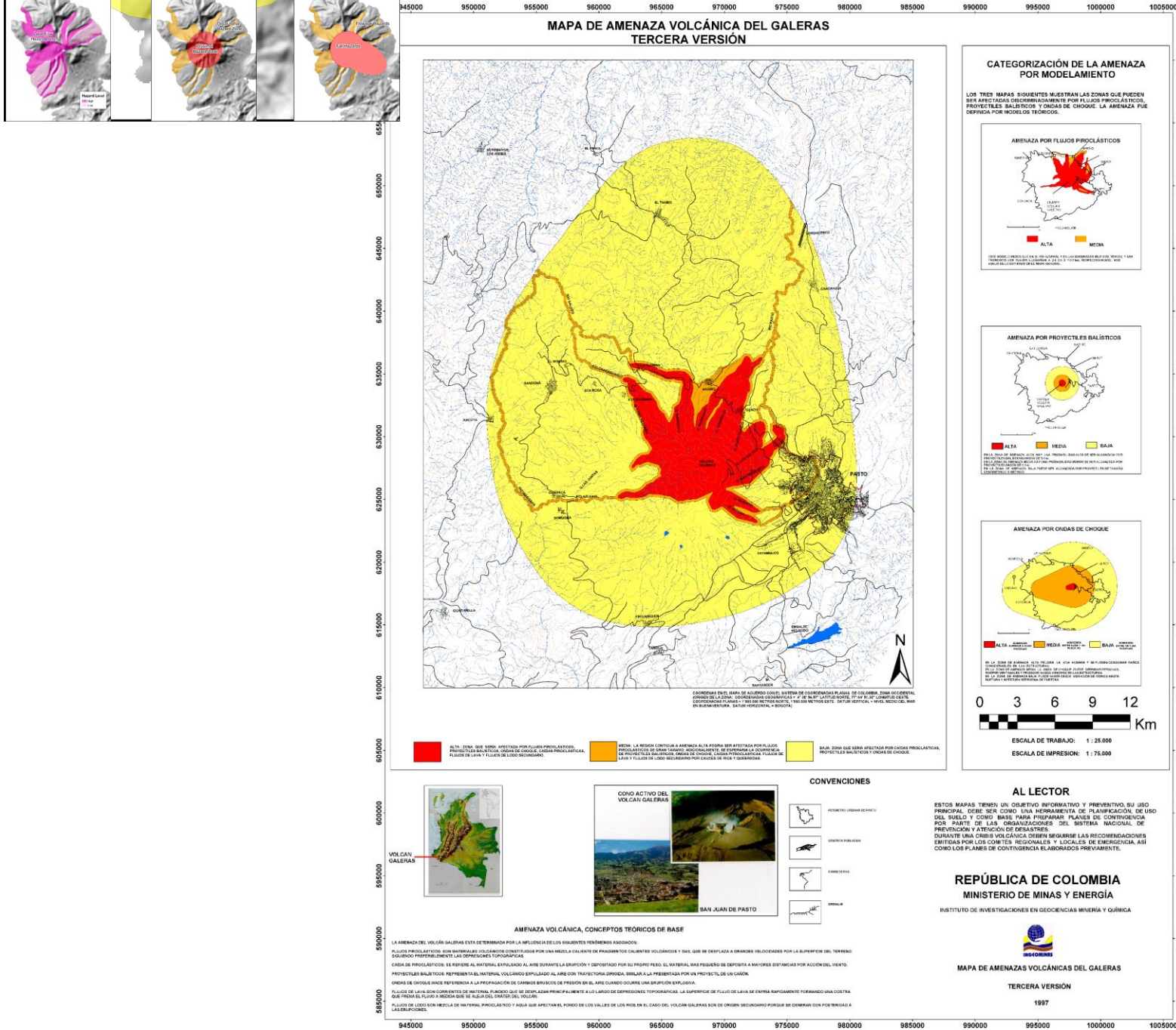


# Hazard Zone Presentation

Hazard level-focused with single process insets

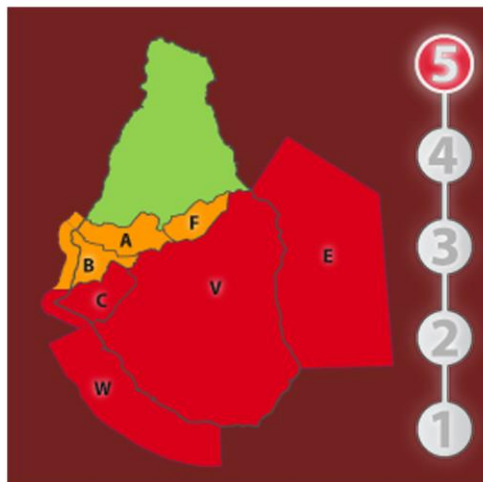
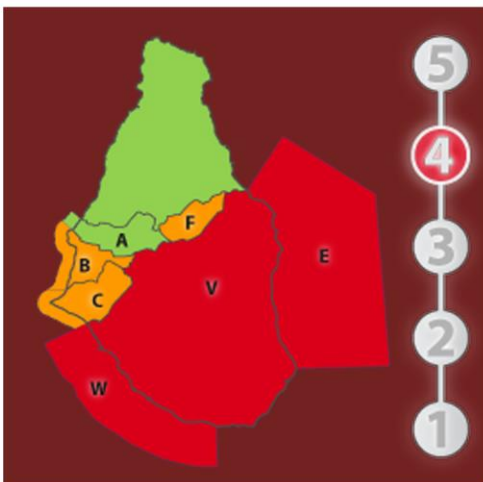
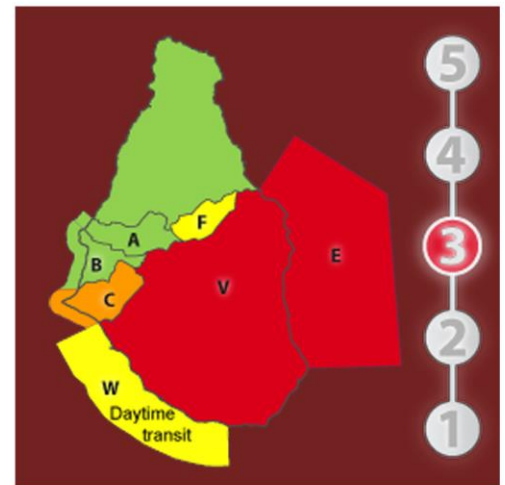
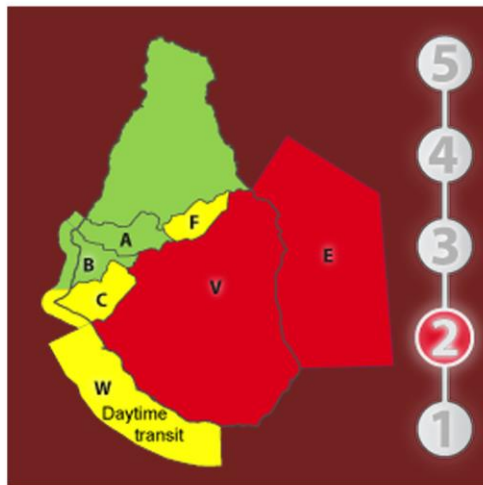
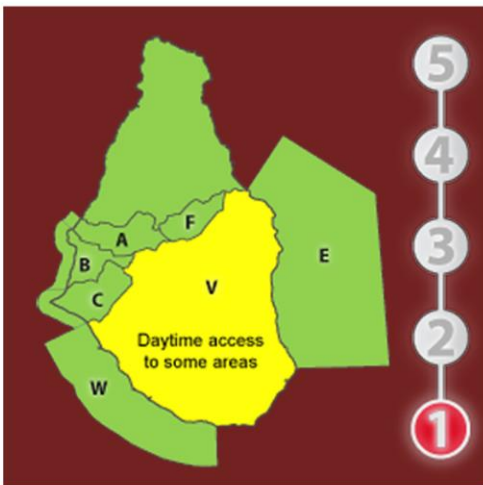
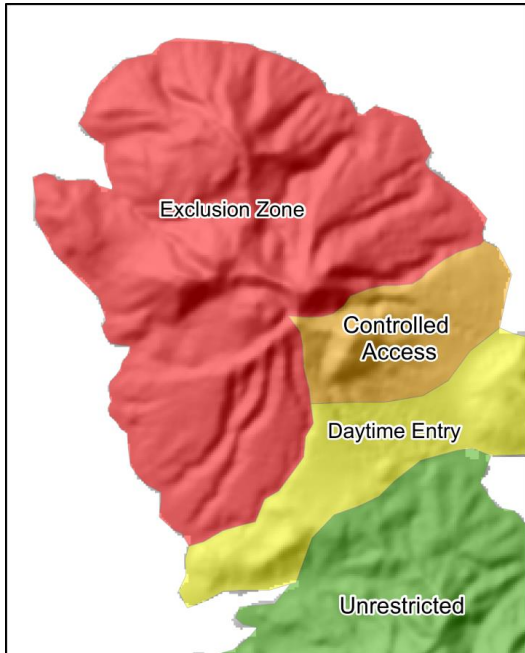


Galeras, Colombia  
(Instituto Colombiano de Geología y Minería  
(INGEOMINAS), 1997)



# Hazard Zone Presentation

## Hazard level-focused (administrative)



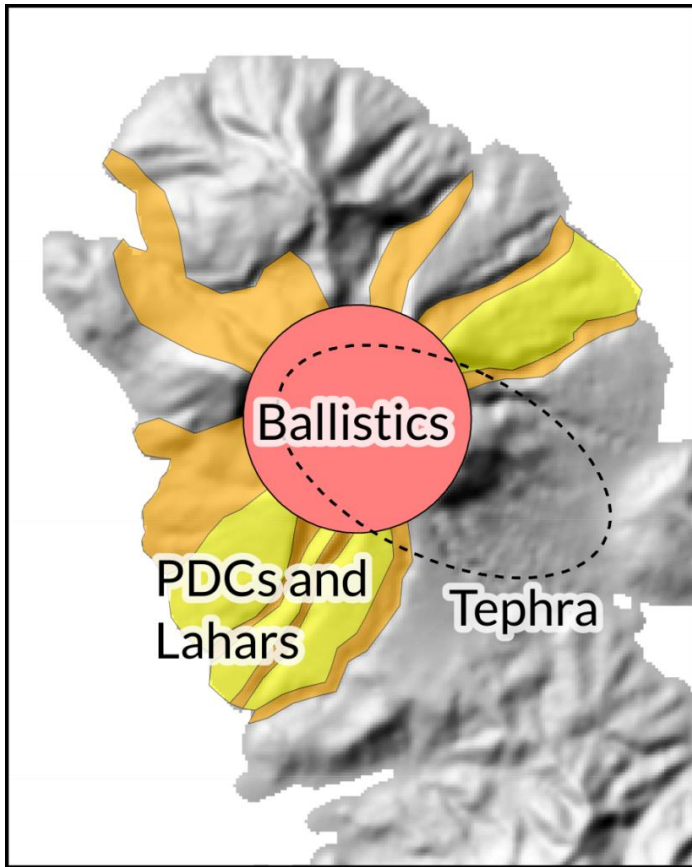
ACCESS RESTRICTIONS
<b>UNRESTRICTED</b> - Ashfall and lahars can be significant hazards in all areas, and require appropriate cautions.
<b>DAYTIME ACCESS</b> - Access is permitted from 8:00 am until 4:00 pm. Access gates will be locked at all other times.
<b>DAYTIME ACCESS TO SOME AREAS</b> - Areas will be defined depending on the state and location of the volcanic activity.
<b>DAYTIME TRANSIT</b> - Boats permitted to travel through the MEZ without stopping from 6:30 am to 5:30 pm.
<b>CONTROLLED ACCESS</b> - No access without approval from NDPRAC. Approval considered on a case-by-case basis. Gates will be locked at all times.
<b>ESSENTIAL WORKERS</b> - No access apart from MVO and associated staff. Access for essential maintenance only with approval from NDPRAC. Gates will be locked at all times.



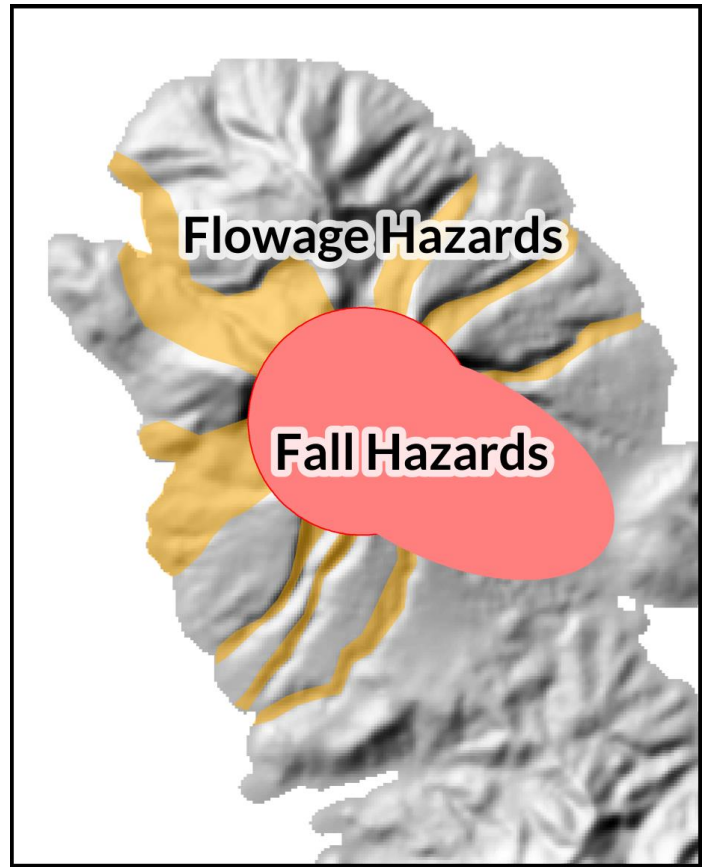
Further information: [www.mvo.ms](http://www.mvo.ms)

# Hazard Zone Presentation

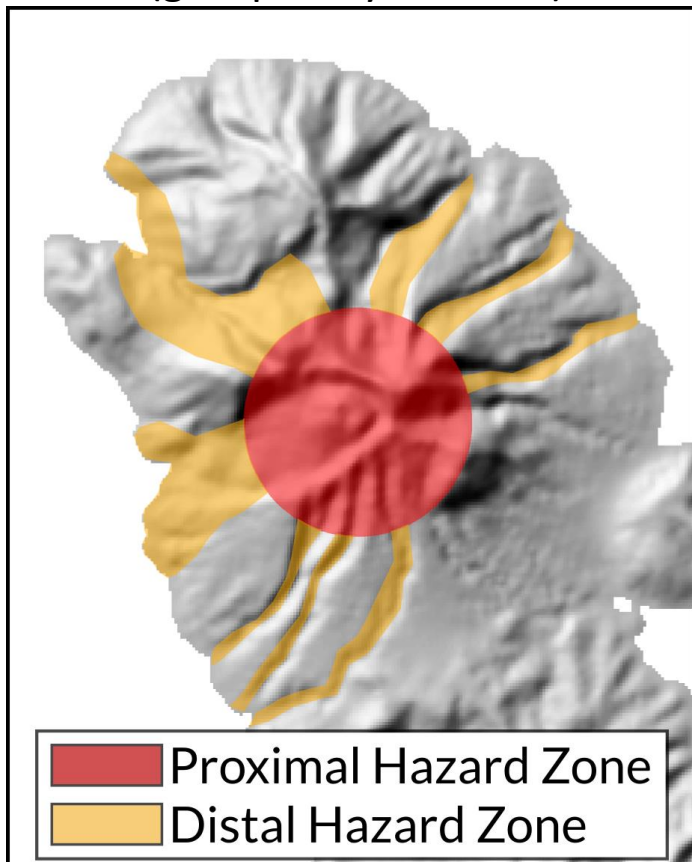
Hazard process-focused (separated)



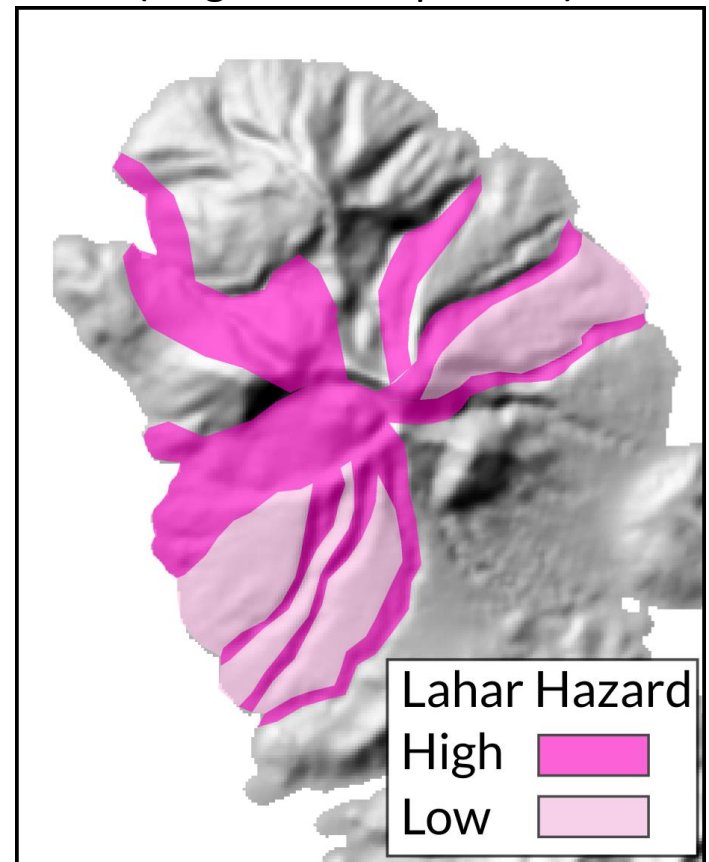
Hazard process-focused (grouped by process type)



Hazard process-focused (grouped by location)

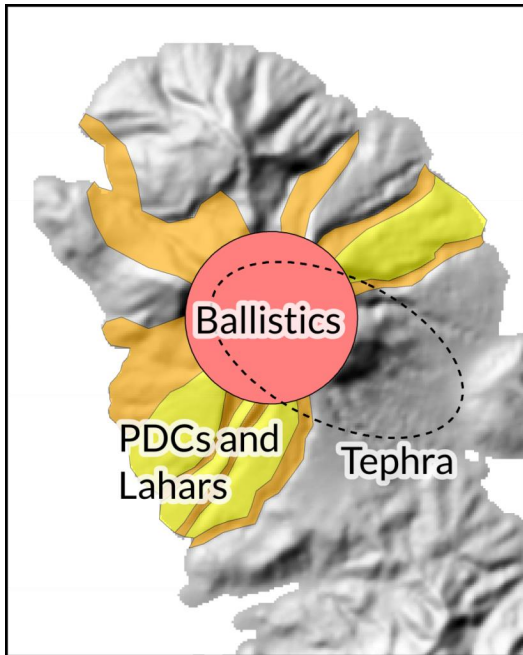


Hazard process-focused (single hazard process)



# Hazard Zone Presentation

Hazard process-focused (separated)

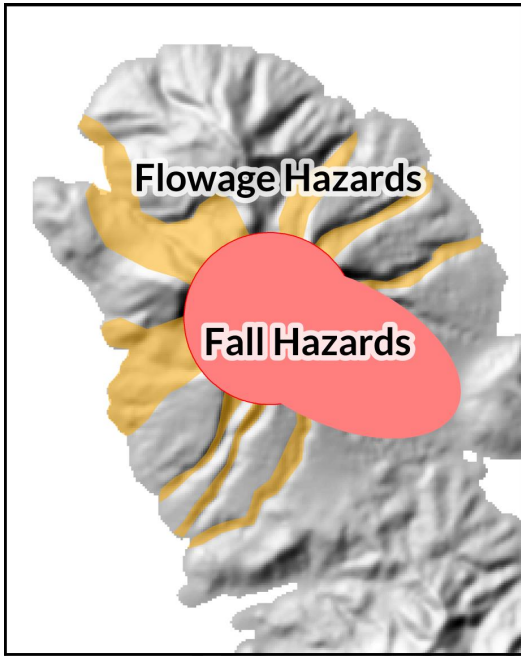


Liamuiga, Saint Kitts and Nevis  
(Robertson, 2005)

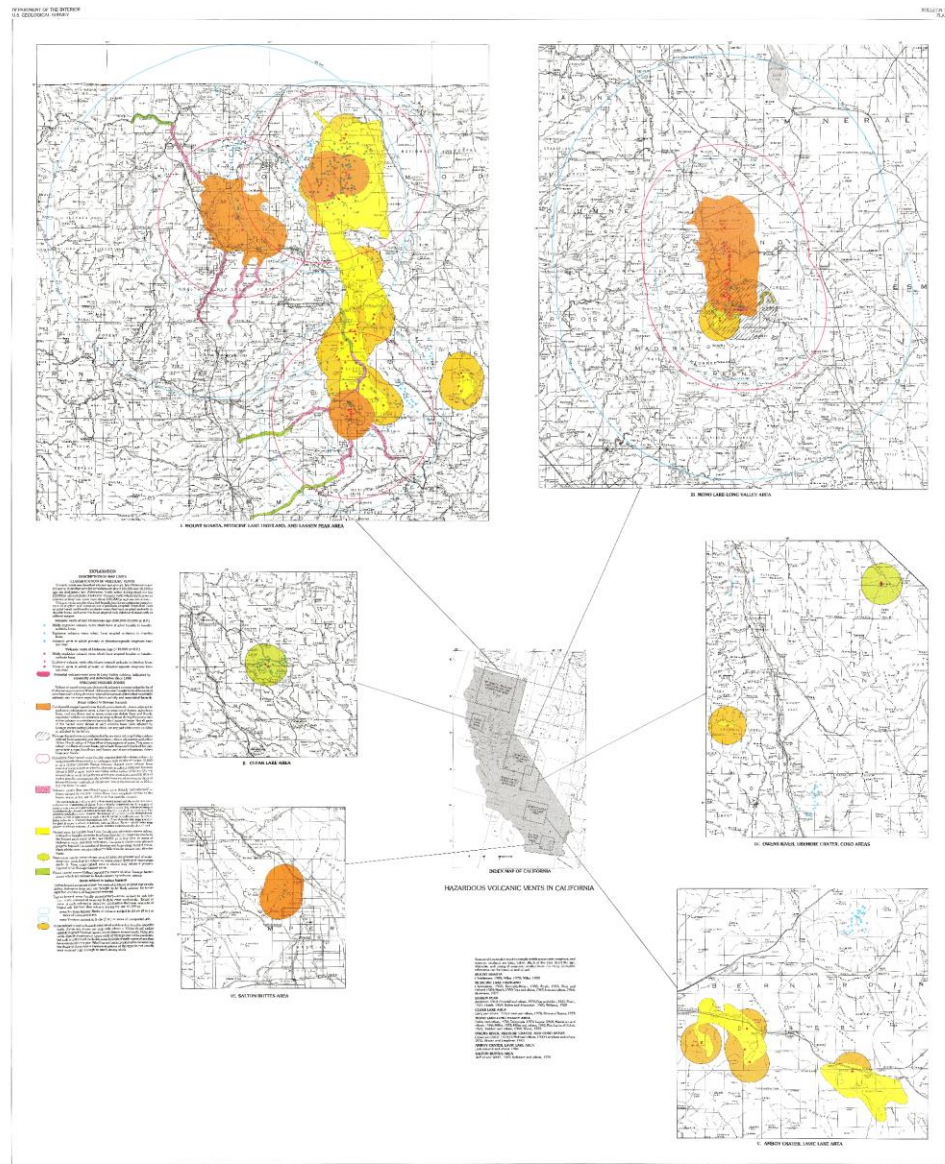


# Hazard Zone Presentation

Hazard process-focused  
(grouped by process type)



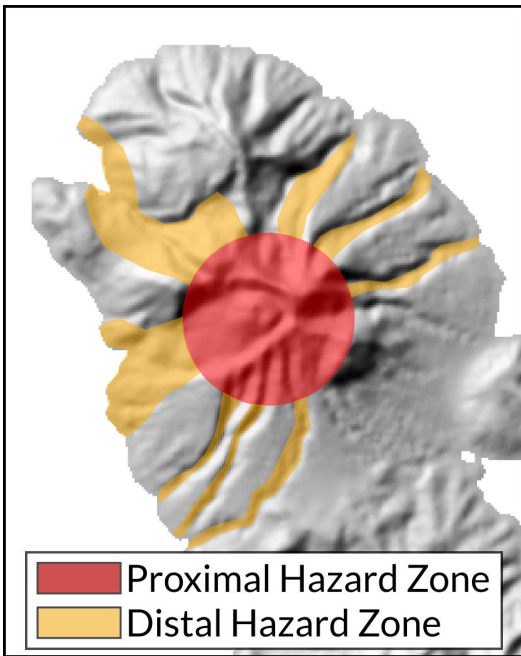
California (regional), United States  
(Miller, 1989)





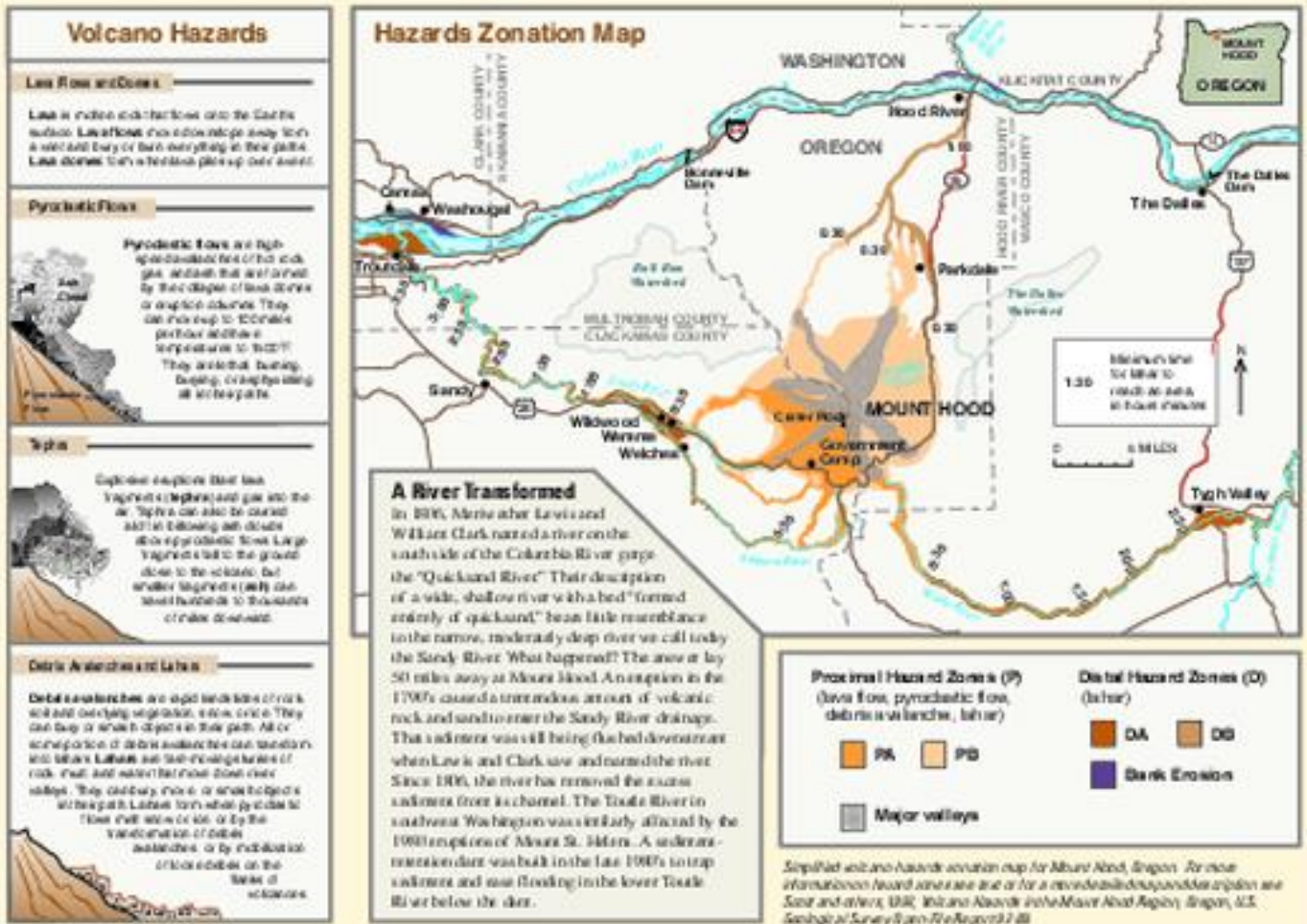
# Hazard Zone Presentation

Hazard process-focused  
(grouped by location)



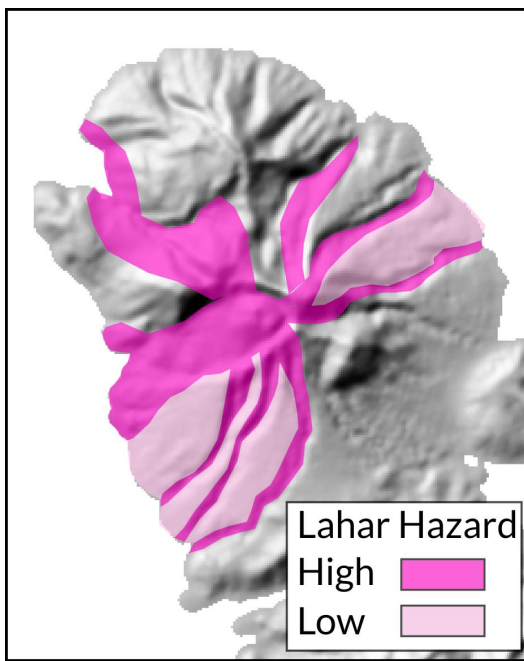
Hood, United States (cropped)  
(Gardner et al. 2000)

## Are You at Risk from the Next Eruption of Mount Hood?



# Hazard Zone Presentation

Hazard process-focused  
(single hazard process)



Popocatepetl, Mexico (cropped)  
(Instituto de Geofísica Universidad Nacional Autónoma de México (IG-UNAM), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Gobernación (SEGOB), 2016)

## POPOCATÉPETL • Flujos y oleadas piroclásticas 3/6

Los nuevos mapas de peligros del volcán Popocatepetl se elaboraron a partir de la reconstrucción de la historia geológica del volcán. A través de trabajo de campo y revisión de archivos históricos se reconocieron los estilos eruptivos, recurrencia y extensión de las erupciones en tiempos geológicos e históricos en el volcán. Con esta información se proyectaron escenarios de peligro a través de múltiples simulaciones por computadora. Estos escenarios se basan en la magnitud de las erupciones y su probabilidad de ocurrencia

Las erupciones pequeñas con columnas eruptivas menores a 10 km ocurren con mayor frecuencia, mientras que las erupciones medianas con columnas eruptivas entre 10 y 20 km de altura (naranja) son menos frecuentes aunque más grandes, y las erupciones grandes con columnas eruptivas mayores a 20 km (amarillo) tienen una menor probabilidad de ocurrencia pero son altamente destructivas

### ¿Qué son?

#### Los flujos piroclásticos

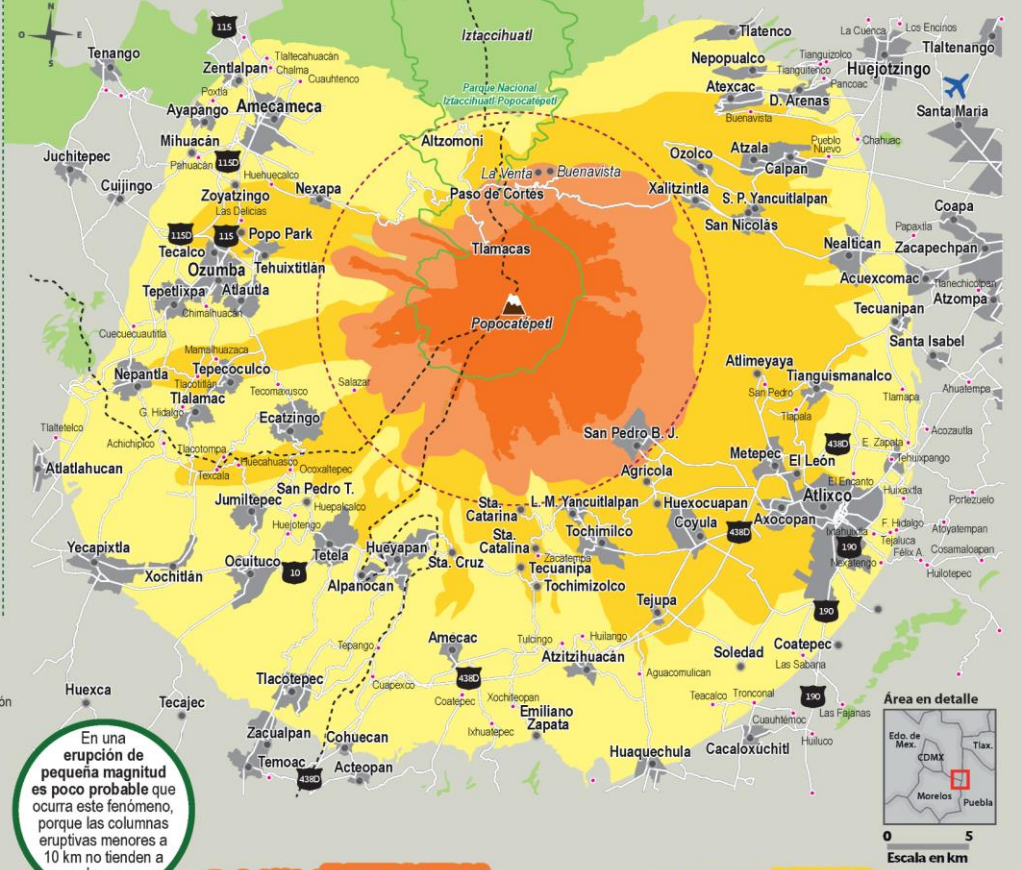
son mezclas turbulentas de material volcánico y gas que se mueven por las laderas de un volcán a velocidades de 100-400 km/hora y temperaturas de hasta 700°C

#### Las oleadas piroclásticas

se mueven con mayor velocidad, y como contienen más gases que partículas son capaces de rebasar barreras topográficas

#### Simbología

- Volcán
  - Carreteras
  - Zonas urbanas
  - Límite estatal
  - Localidades
  - Área de exclusión
  - Aeropuerto
- |                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Probabilidad Intermedia</b> | <b>Menor</b>          |
| Flujos piroclásticos           | Flujos piroclásticos  |
| Oleadas piroclásticas          | Oleadas piroclásticas |



En una erupción de pequeña magnitud es poco probable que ocurra este fenómeno, porque las columnas eruptivas menores a 10 km no tienen a colapsarse

### Probabilidad INTERMEDIA

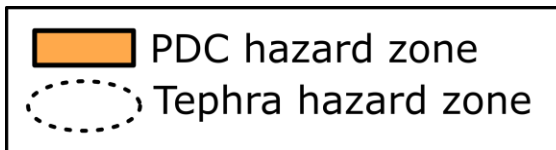
Durante una erupción de mediana magnitud, se podrían generar flujos y oleadas piroclásticas con alcance de hasta 12 km de longitud (área de exclusión)

### Probabilidad MENOR

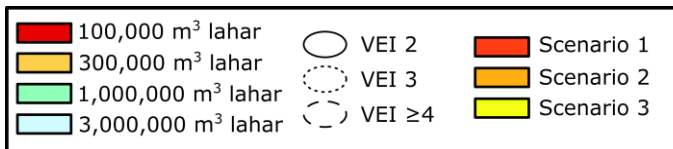
En una erupción de gran magnitud podrían tener un alcance de aproximadamente 30 km del cráter

# Probability and Zone Definition

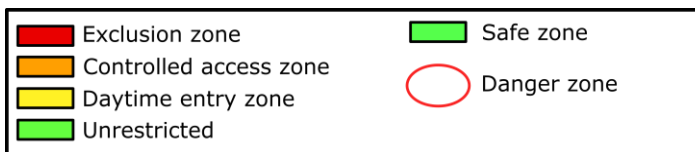
Hazard Process Name



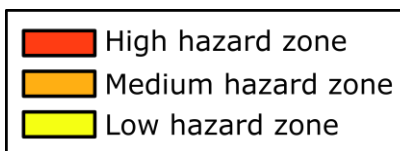
Scenario Name



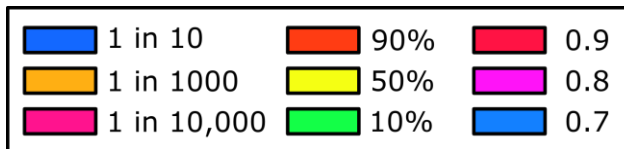
Access



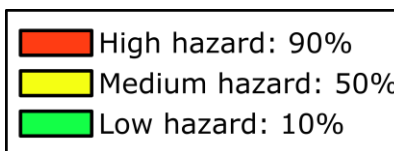
Qualitative Relative Probability



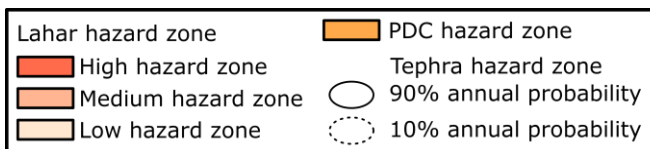
Numeric Probability



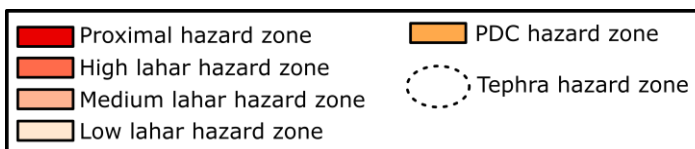
Qualitative & Numeric Probability



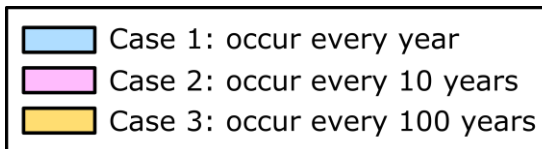
Process, Qualitative & Numeric Probability



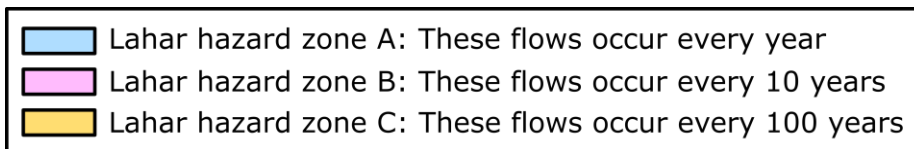
Process & Qualitative Probability



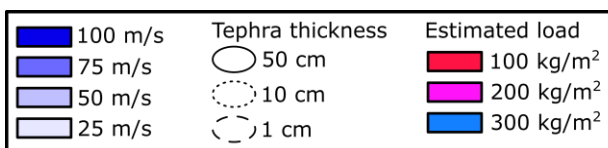
Recurrence Interval



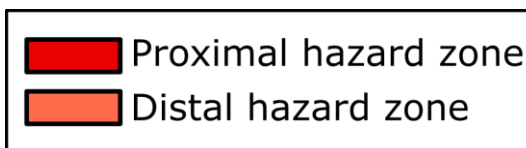
Process & Recurrence Interval



Estimated Value or Hazard Intensity Metric (HIM)

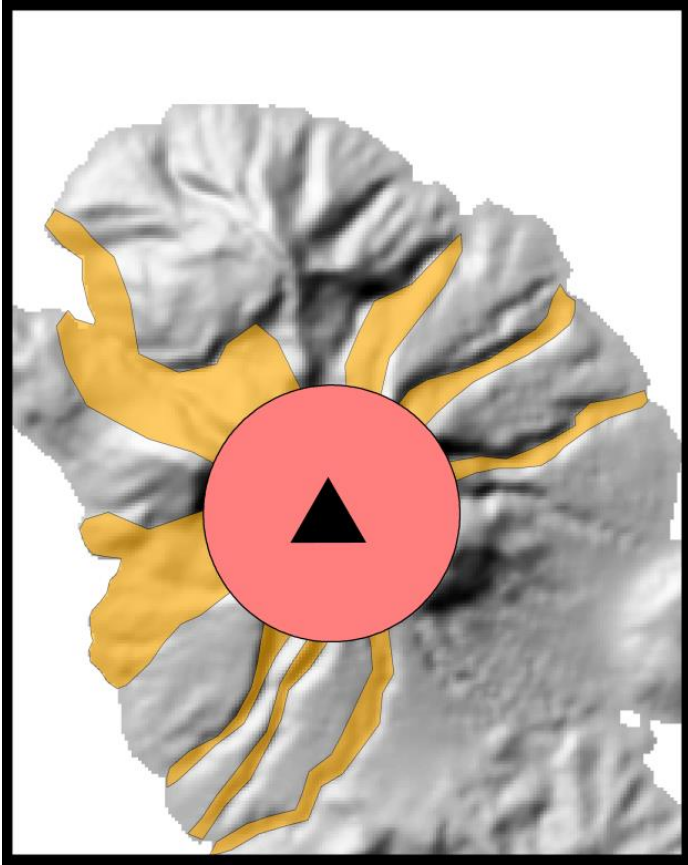


Location or source name

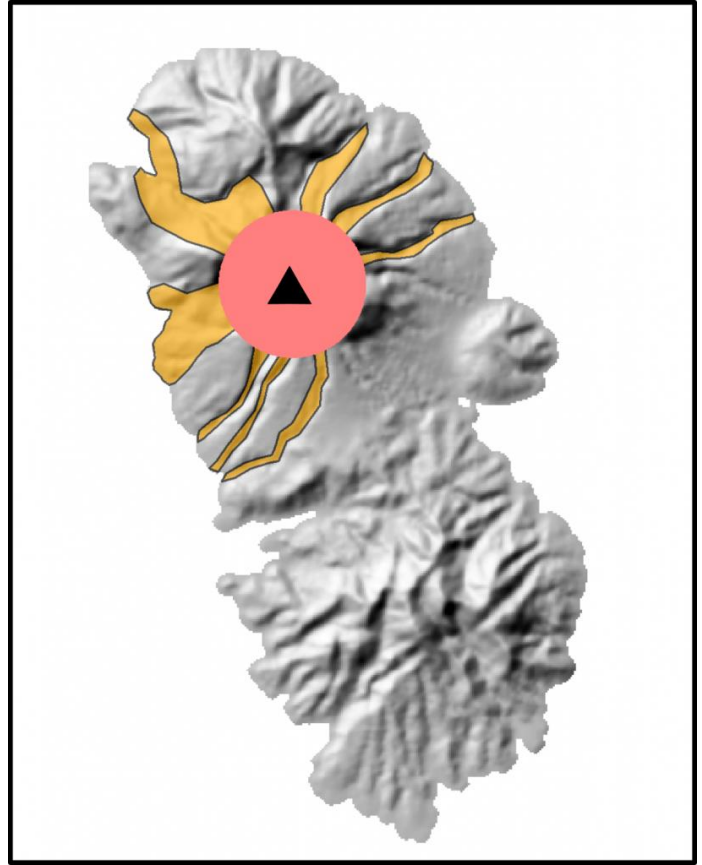


# Spatial Scale

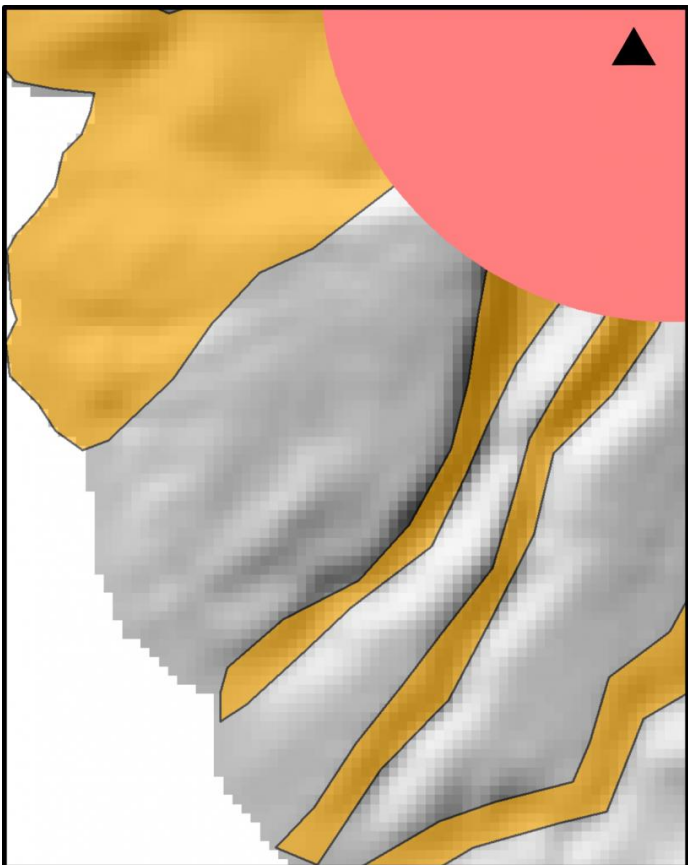
Volcano-scale



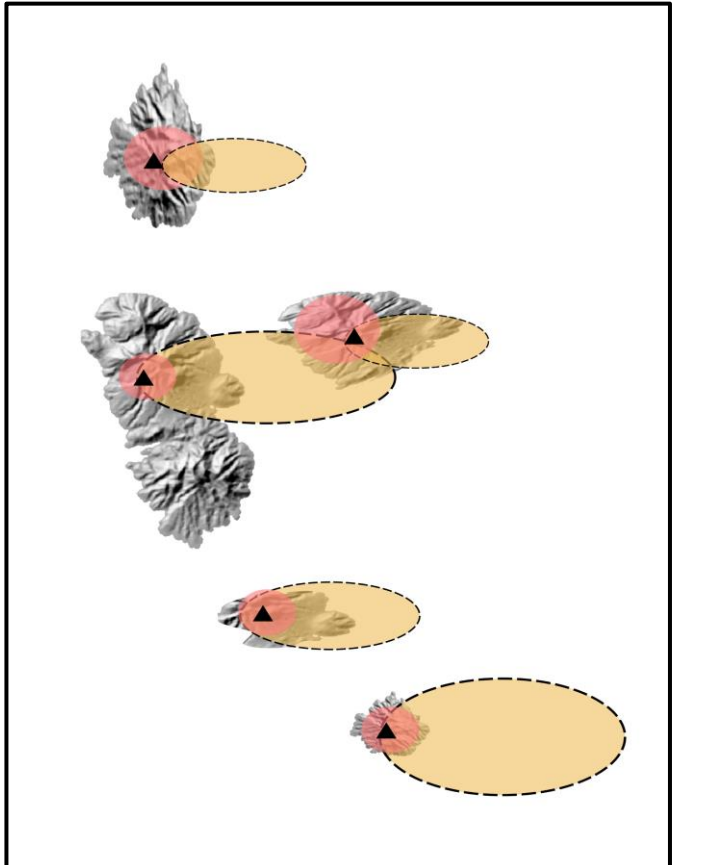
Entire island/Island-scale



Flank or drainage-scale

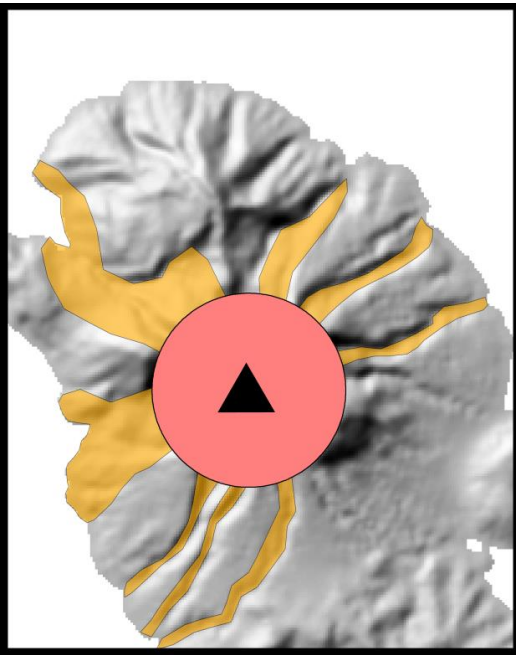


Regional-scale

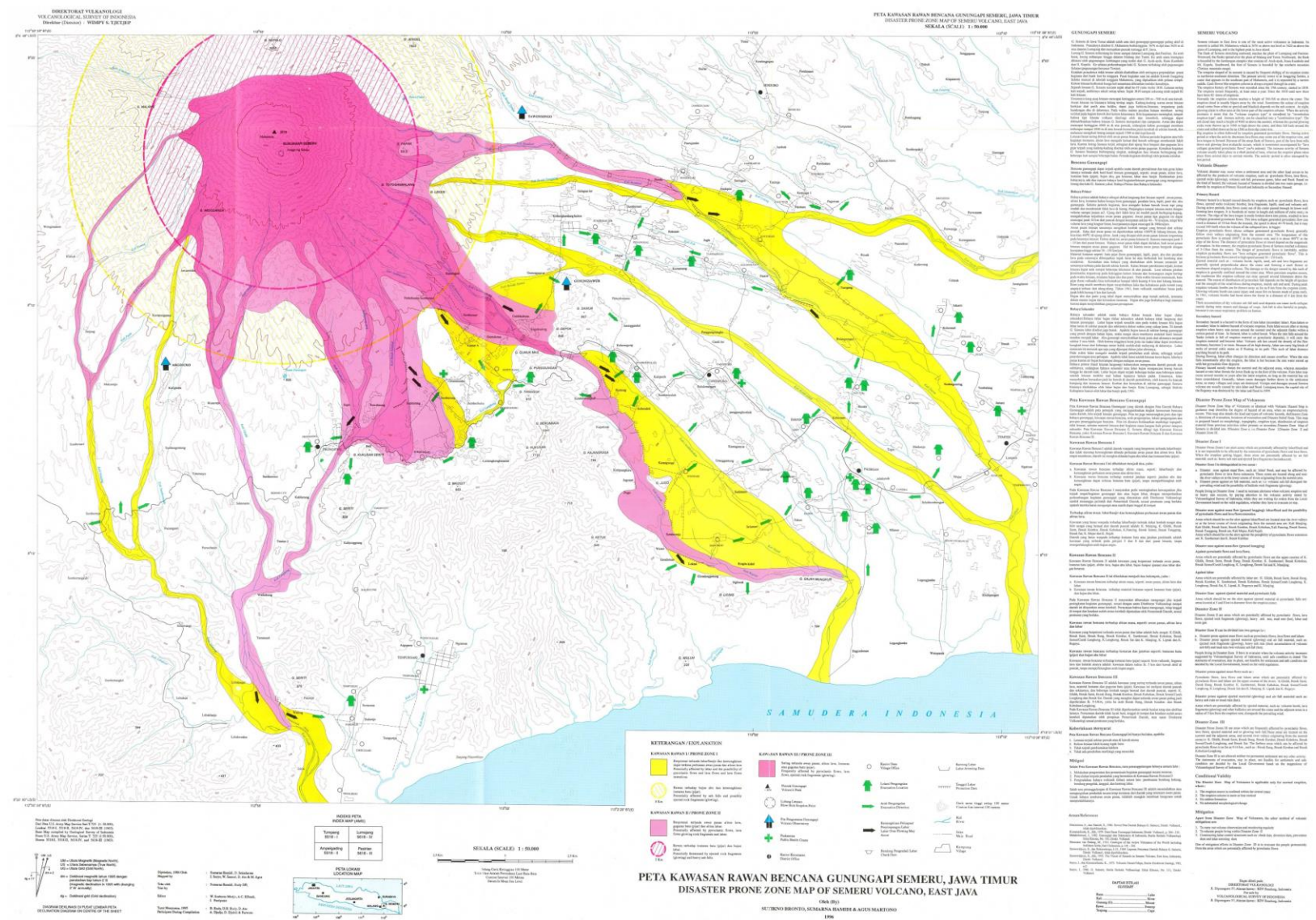


# Spatial Scale

## Volcano-scale

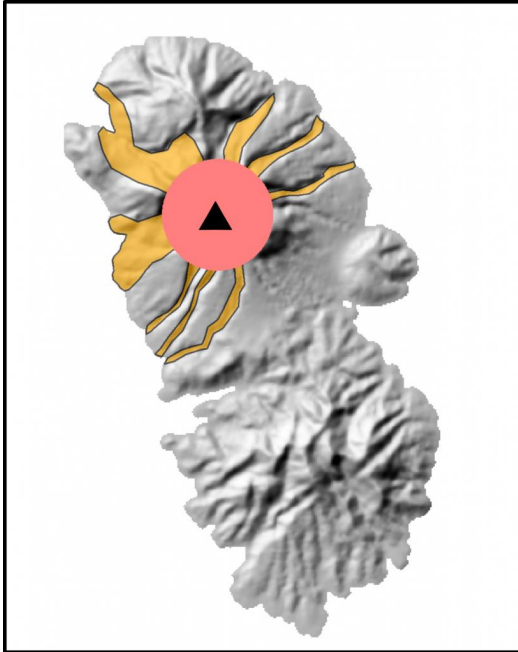


Semeru, Indonesia  
(Bronto et al. 1996)

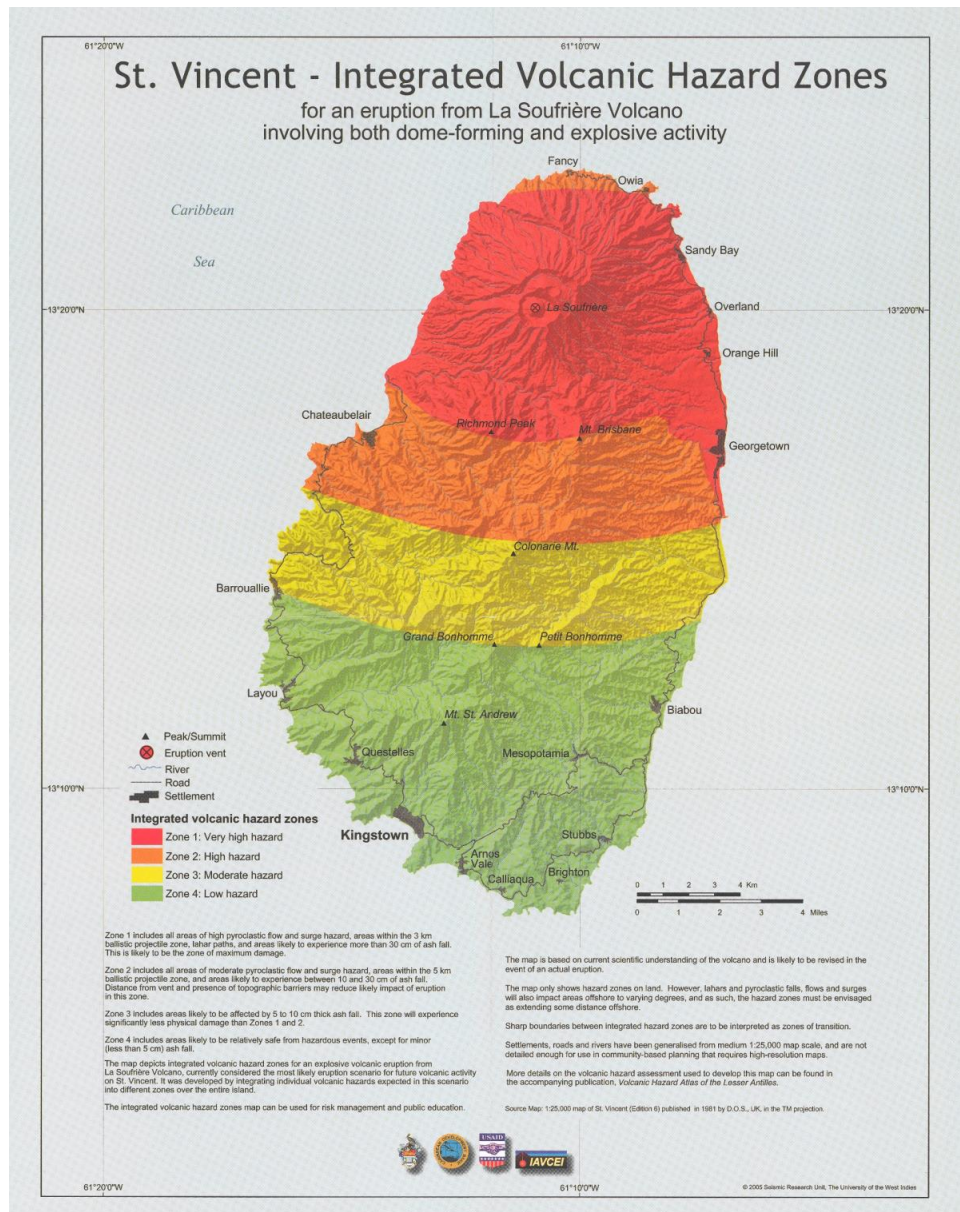


# Spatial Scale

Entire island/Island-scale



Soufrière St. Vincent, Saint Vincent and the Grenadines  
(Robertson, 2005)

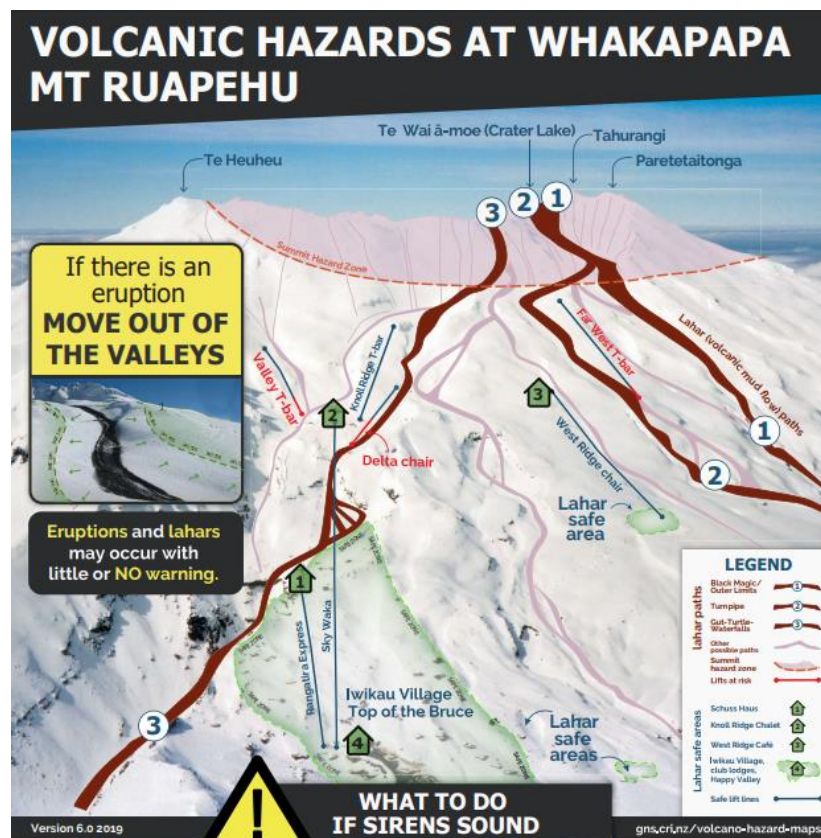


# Spatial Scale

Flank or drainage-scale



Ruapehu, New Zealand  
(GNS Science (compiler), 2019)



### HAZARDS

Ruapehu is an active volcano.

Eruptions generate lahars (volcanic mudflows).

Lahars flow down valleys in a flash flood.

During an eruption, gas and flying rocks may occur within the summit hazard zone.

A lahar in 1995 narrowly missed the bottom of the Far West T Bar.

### IF YOU ARE:

**IN A BUILDING/CAR PARK**

> Stay put and await further instructions.

**IN A VALLEY**

> Move out of the valley to a ridge top.

**IN THE SUMMIT ZONE**

> Move down the mountain following ridges.

### WARNING SYSTEM

An Eruption Detection System (EDS) is operating in the ski area. The system will set off sirens and loudspeaker messages.

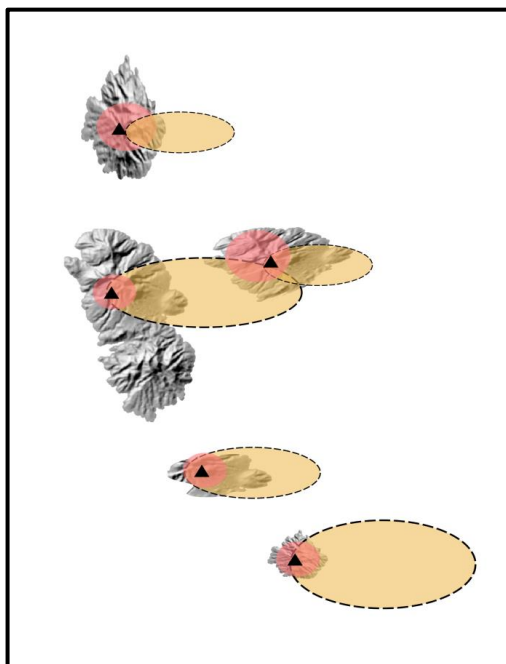
**Disclaimer**

This map covers expected events. Volcanic activity and other unforeseen factors may alter features on this map, so safe and hazardous areas may change without notice.

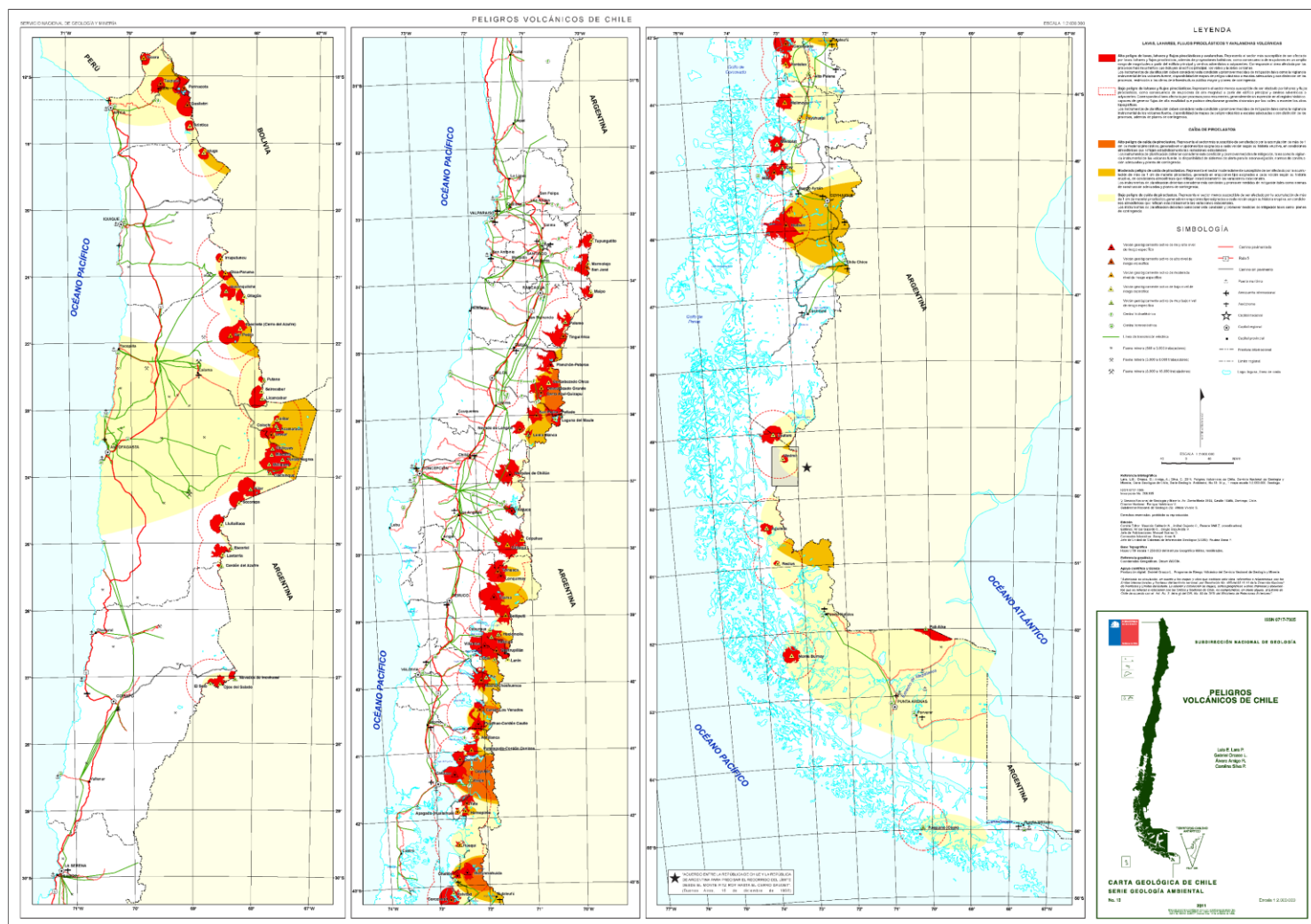
Department of Conservation  
*Te Papa Atawhai*

# Spatial Scale

Regional-scale



Chile (regional)  
(Lara et al., 2011)





# Temporal Scale

## Background (Long-term) Hazard Maps

- usually created in advance of volcanic unrest
- intended to show the possible distribution of volcanic hazards over long (years to decades) time frames
- often based on a combination of [methods](#) that incorporate eruptive history, geologic records, and/or modeling
- may be based on either specific [scenarios](#) (e.g. most likely, worst-case) or on all possible activity
- low-likelihood but high-impact [hazards](#) may be included
- often accompany [long-term hazard assessments](#) produced by geological surveys
- most suited to general [hazard awareness](#) and [land-use planning](#) purposes
- often used during volcanic crises, but may not be well-suited to this purpose, unless scenarios relevant to the crisis were included on the map

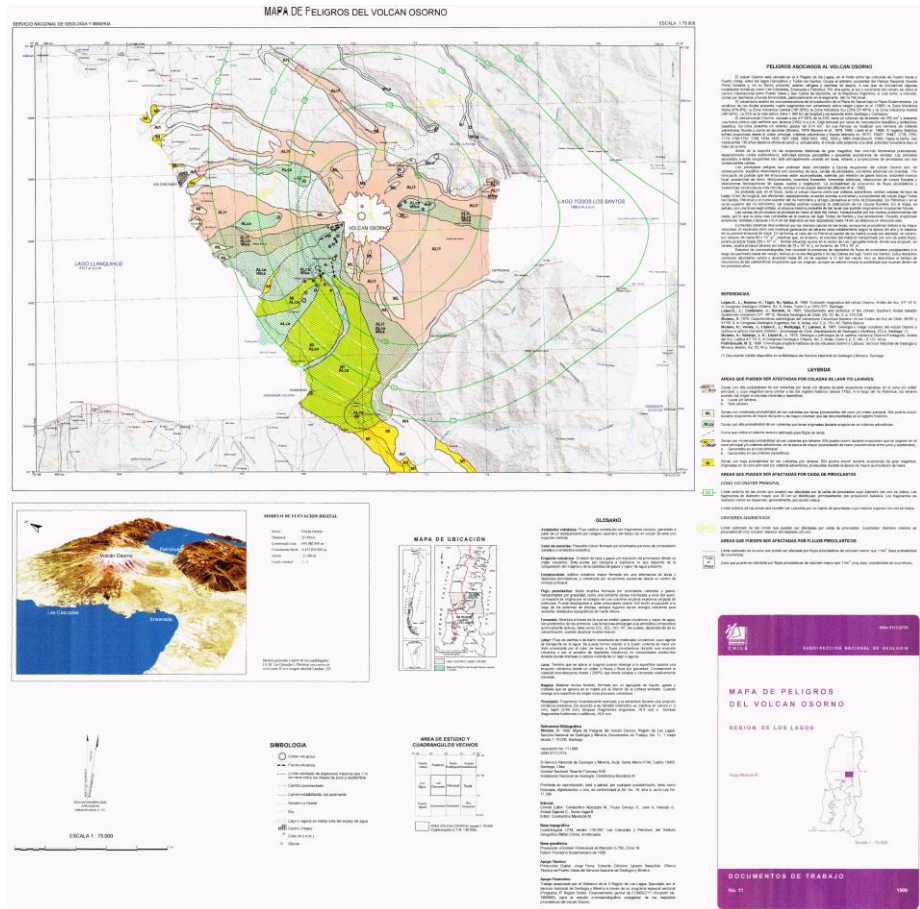
## Crisis (Short-term) Hazard Maps

- usually created at the start of volcanic unrest or during an eruption
- usually intended for [crisis-management purposes](#) and show the likely distribution of hazards based on current conditions over short (days to months) or very short (hours to days) time frames
- often also based on eruptive history and geologic records, but they incorporate more information about the current state or specific conditions of the volcano
- commonly based on [modeling](#), with many modeling-based crisis maps serving as forecasts with very short (hours to days) time
- best-suited to [managing volcanic crises](#)
- may be presented in non-traditional [formats](#) such as interactive web-maps or smart phone applications

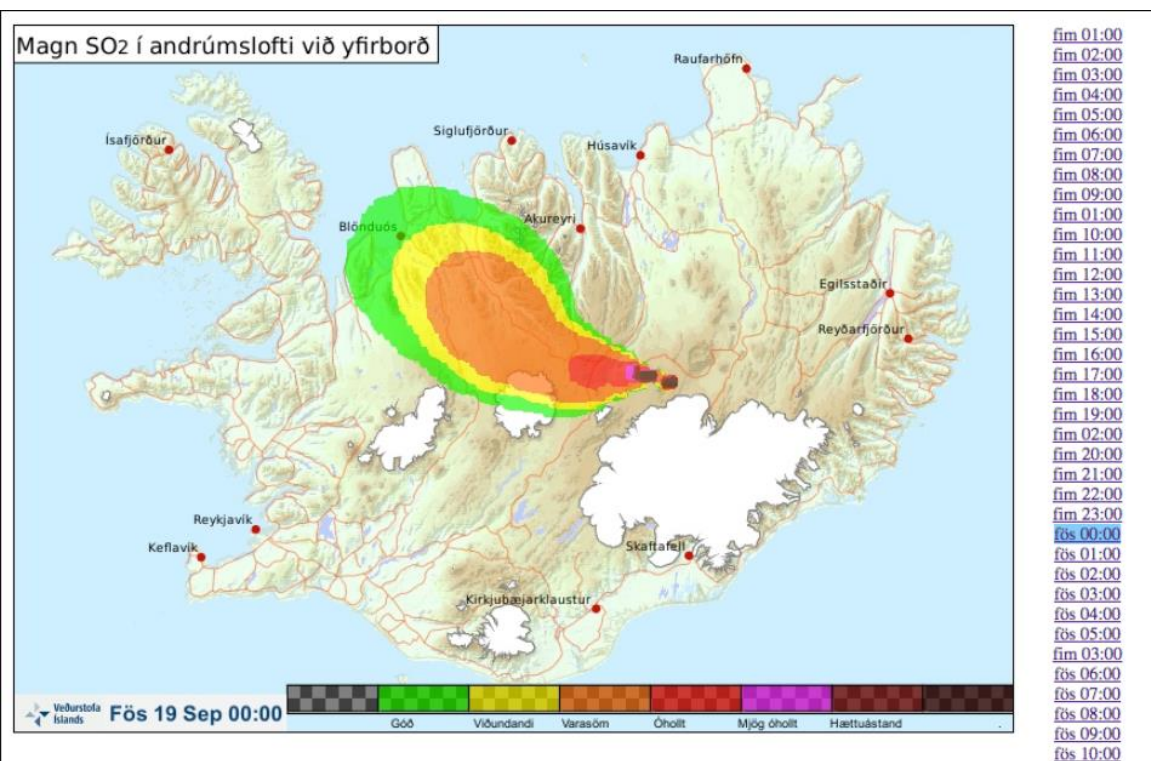
# Temporal Scale

## Background (Long-term) Hazard Map

Osorno, Chile  
(Moreno, 1999)



## Crisis (Short-term) Hazard Map

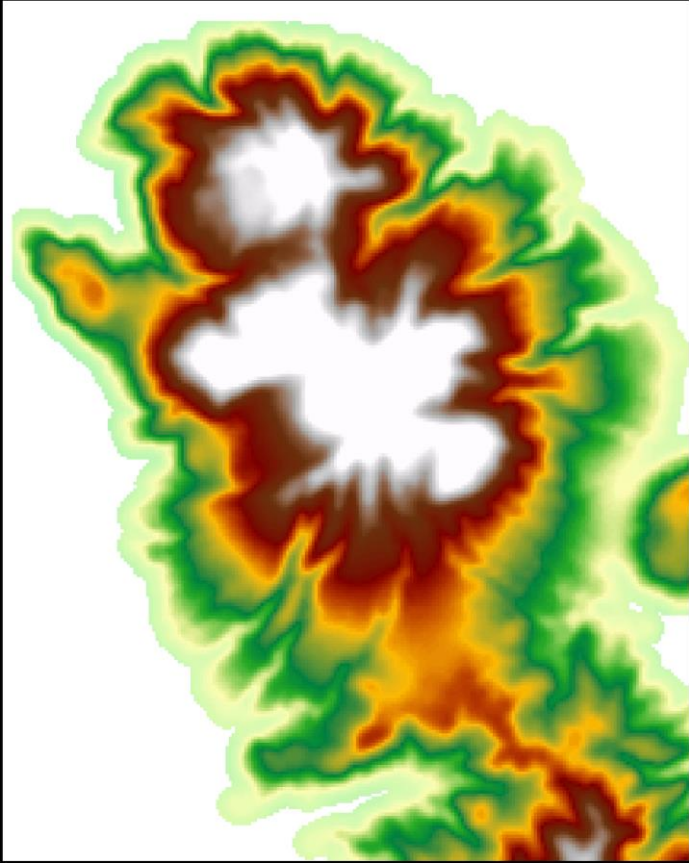


Holuhraun (Askja) & Bárðarbunga, Iceland  
(Iceland Meteorological Office (IMO), 2014)

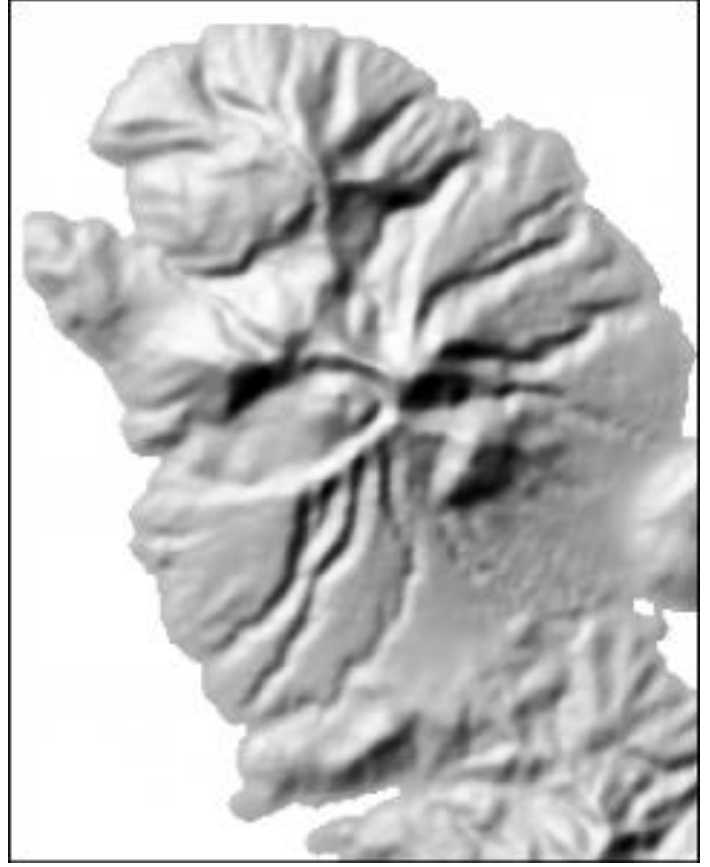
- [fim 01:00](#)
- [fim 02:00](#)
- [fim 03:00](#)
- [fim 04:00](#)
- [fim 05:00](#)
- [fim 06:00](#)
- [fim 07:00](#)
- [fim 08:00](#)
- [fim 09:00](#)
- [fim 10:00](#)
- [fim 11:00](#)
- [fim 12:00](#)
- [fim 13:00](#)
- [fim 14:00](#)
- [fim 15:00](#)
- [fim 16:00](#)
- [fim 17:00](#)
- [fim 18:00](#)
- [fim 19:00](#)
- [fim 20:00](#)
- [fim 21:00](#)
- [fim 22:00](#)
- [fim 23:00](#)
- [fös 00:00](#)
- [fös 01:00](#)
- [fös 02:00](#)
- [fös 03:00](#)
- [fös 04:00](#)
- [fös 05:00](#)
- [fim 03:00](#)
- [fös 06:00](#)
- [fös 07:00](#)
- [fös 08:00](#)
- [fös 09:00](#)
- [fös 10:00](#)

# Basemap Type

DEM



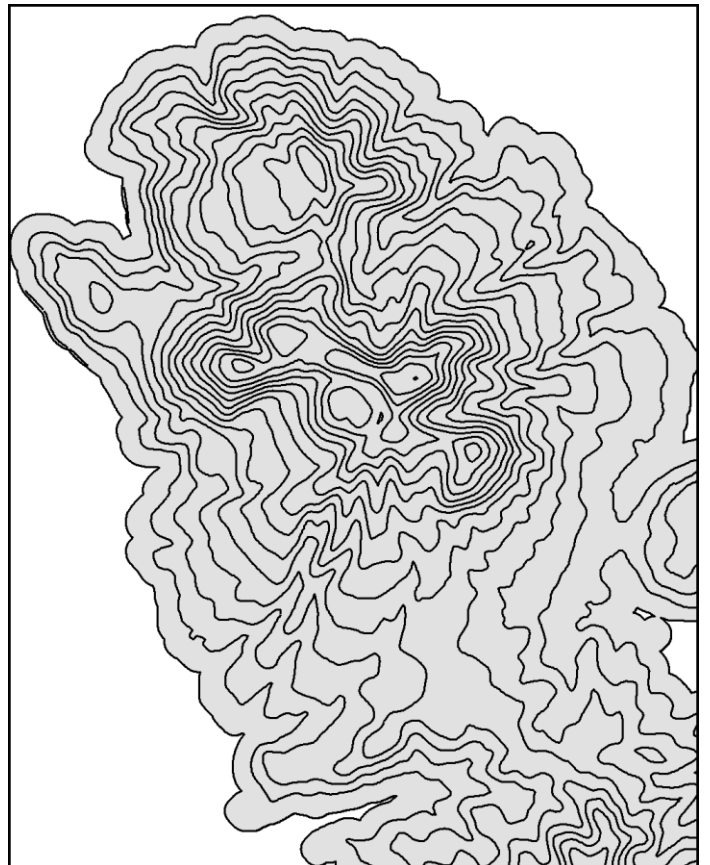
Hillshade DEM



TIN DEM



Contour Lines

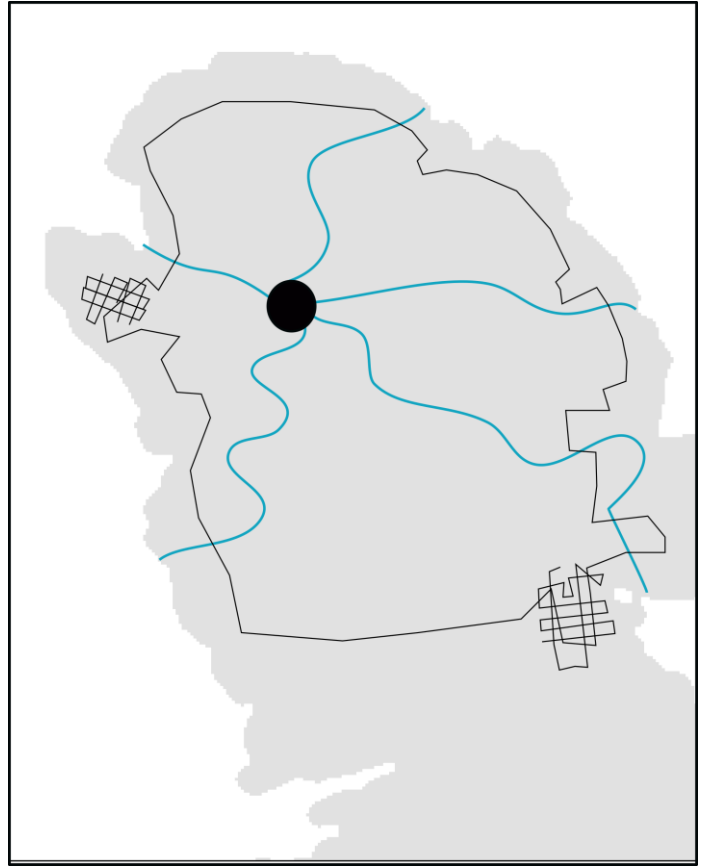


# Basemap Type

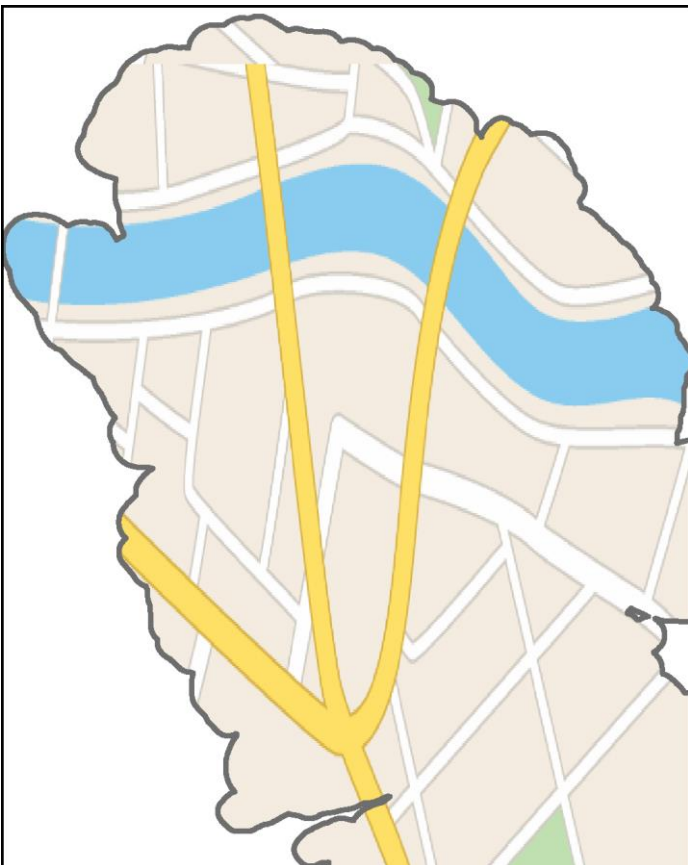
Satellite image/photograph



Simple/sketch base map

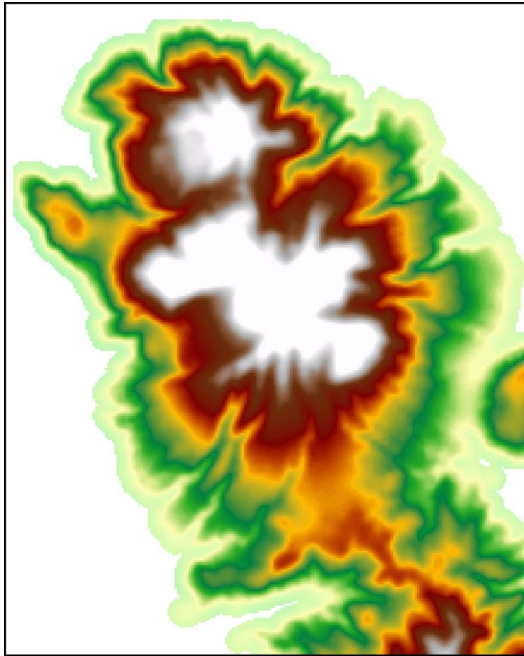


Street map



# Basemap Type

DEM



Cumbal, Colombia  
(Méndez et al., 2014)

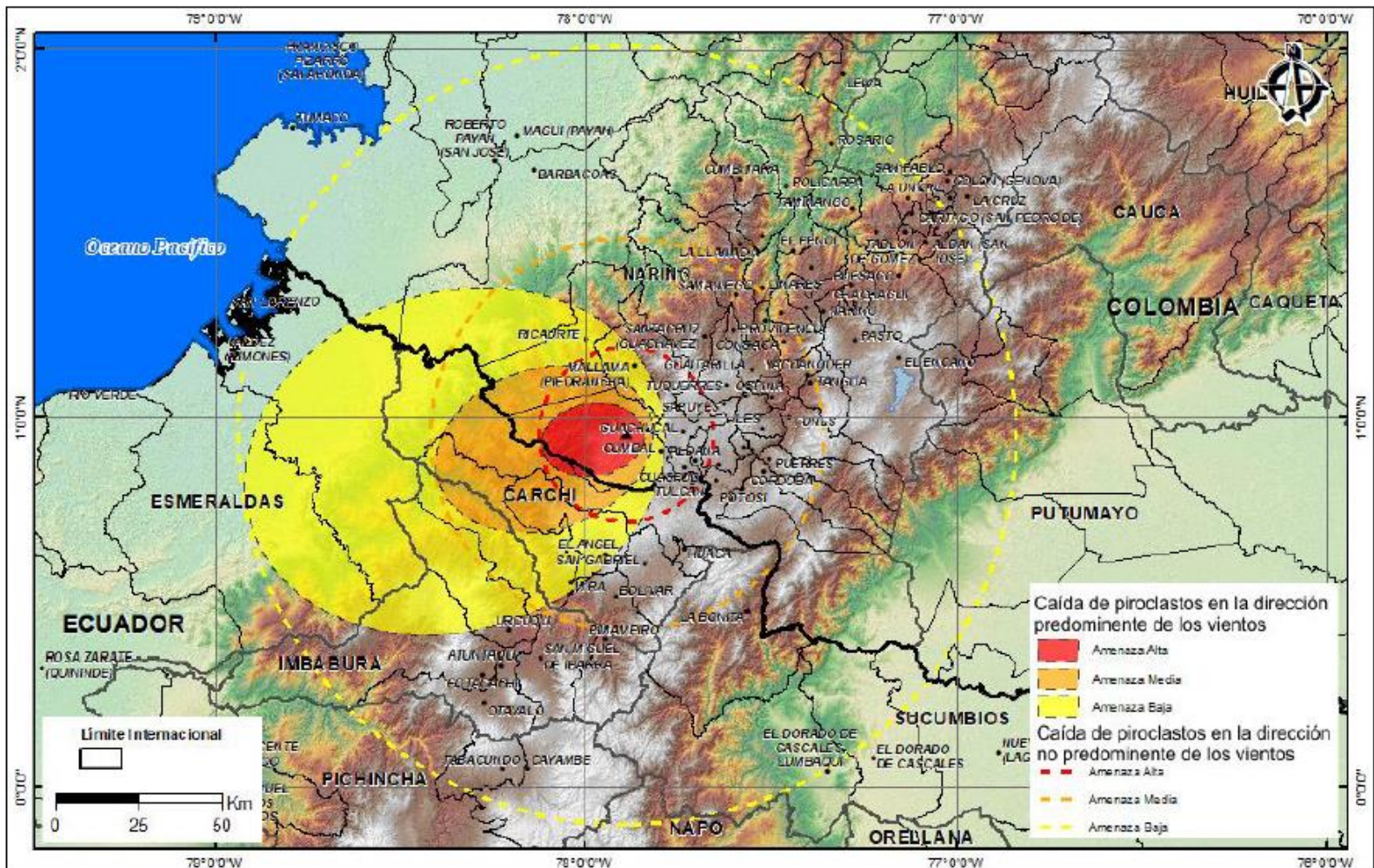
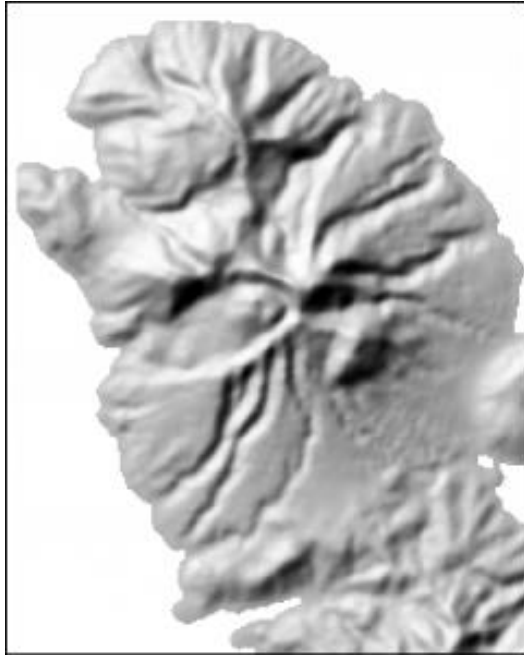


Figura 14. Amenaza por caída de piroclastos transportados eólicamente.

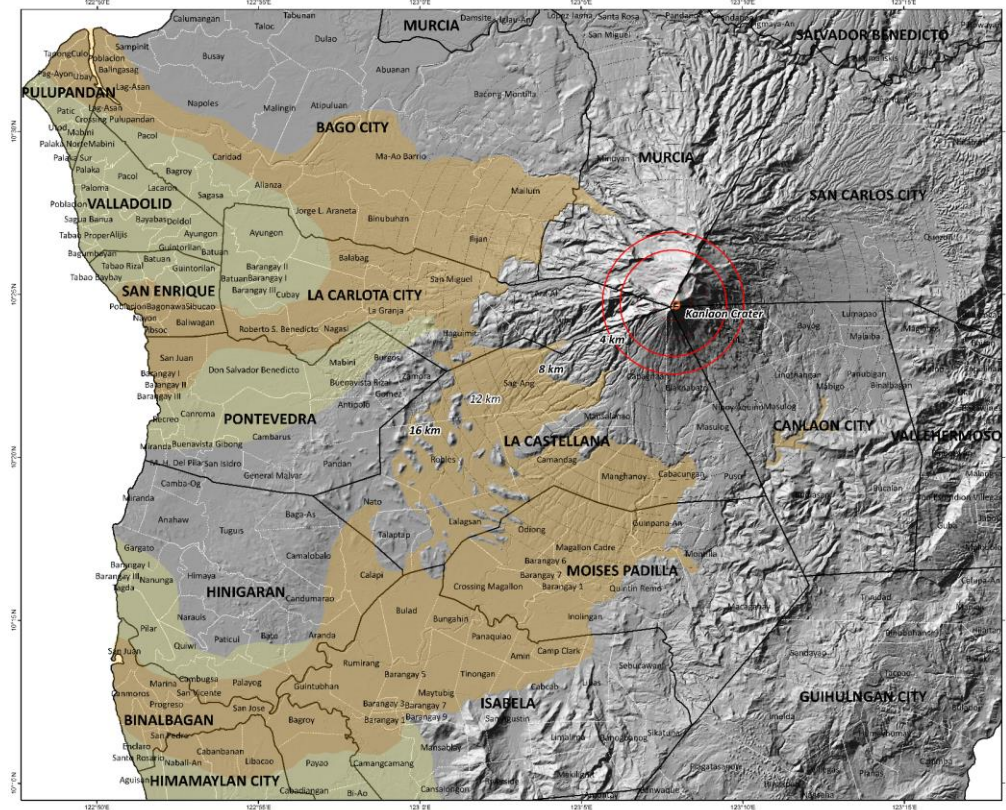
# Basemap Type

## Hillshade DEM



Kanlaon, Philippines  
(Bornas et al., 2016)

## KANLAON VOLCANO LAHAR HAZARD MAP



- LEGEND**
- ..... km radius
  - 4 km radius Permanent Danger Zone (PDZ)
  - Kanlaon Crater
  - Areas Highly Prone to Lahars
  - Areas Least to Moderately Prone to Lahars
  - Municipal Boundary
  - Barangay Boundary

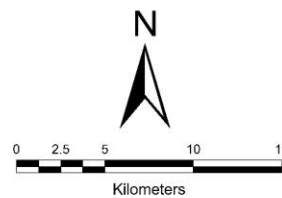
Generation of this hazards map for Kanlaon is based on the assumption that the activity or eruption will occur from the present active cone (Kanlaon Crater).

Hazard zonation is subject to change in the event of migration of eruption vent.

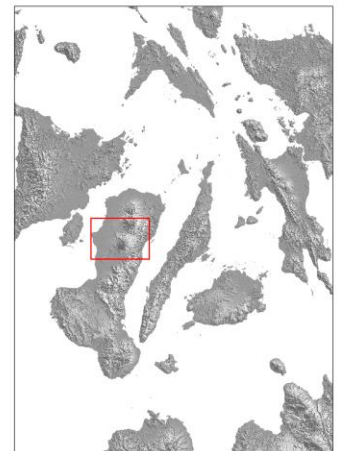
Municipal and barangay boundaries used are approximate and based on PhilGIS 2011 data.

Basemap is NAMRIA-IFSR, 2013.

Bornas, M.A.V., Rivera, D.J.M., Pildasan, A.C., Delos Reyes, P.J., Daog, A.S., Martinez-Villegas, M.M.I., and Solidum, R.U., Jr. 30 March 2016

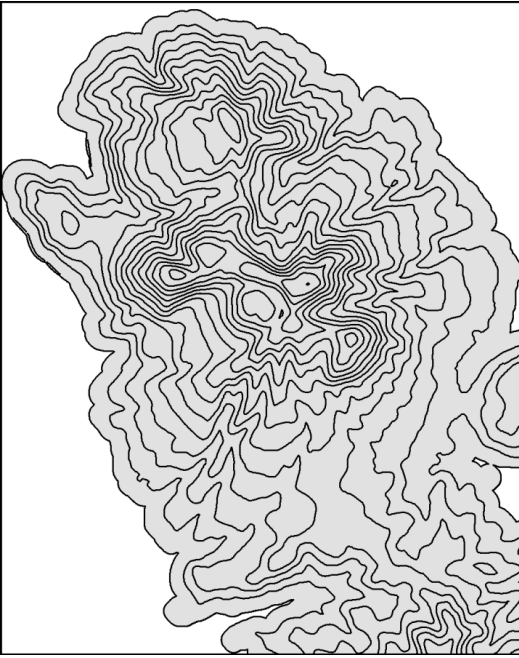


Department of Science and Technology  
PHILIPPINE INSTITUTE OF VOLCANOLOGY AND SEISMOLOGY  
PHIVOLCS Building, C.P. Garcia Avenue  
U.P. Campus, Diliman, Quezon City  
Tel. No. +63 2 426 4668 to 79; Telefax: +63 2 939 5346

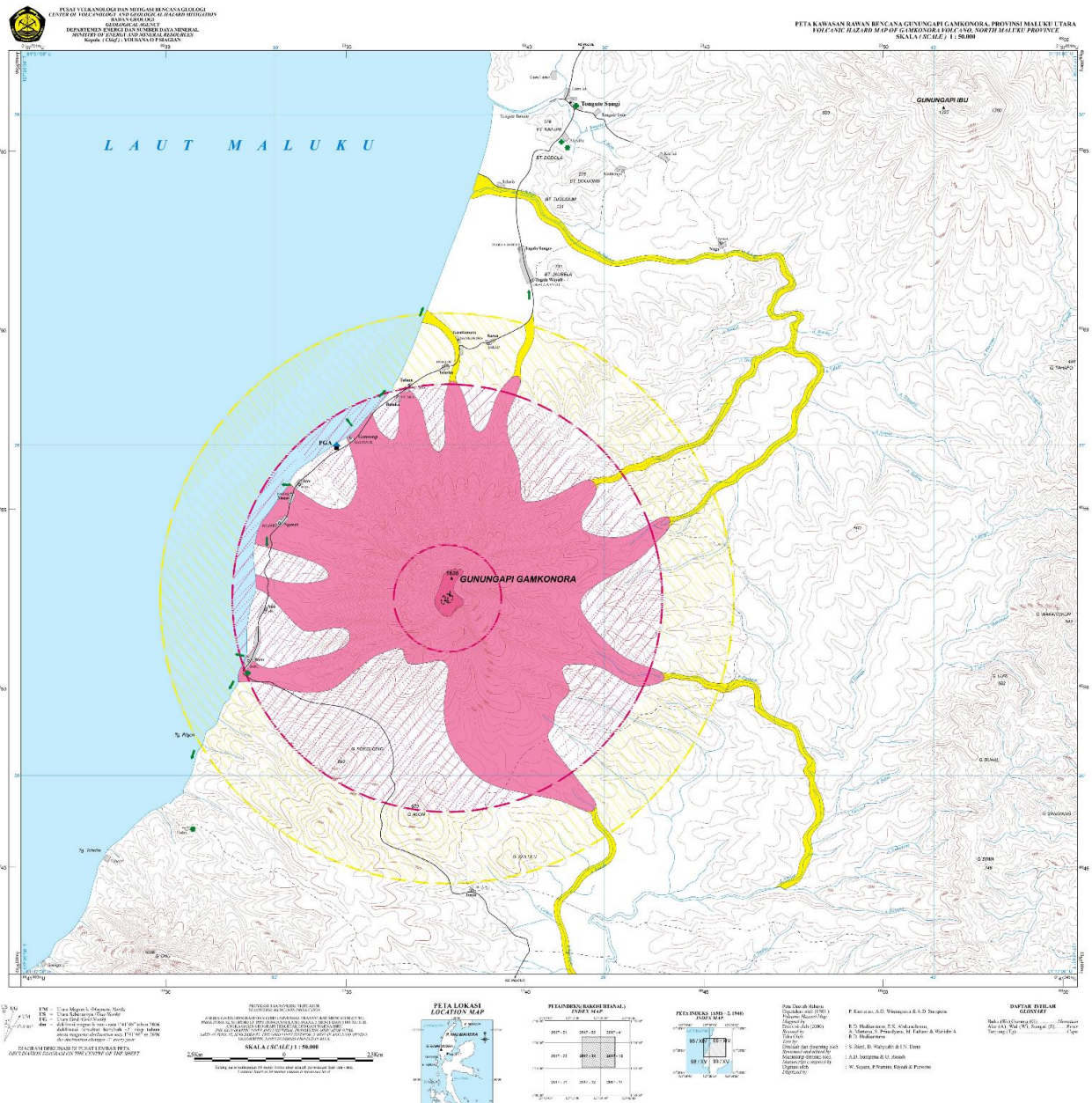


# Basemap Type

## Contour Lines



Gamkonora, Indonesia (cropped)  
(Hadisantono et al., 2006)

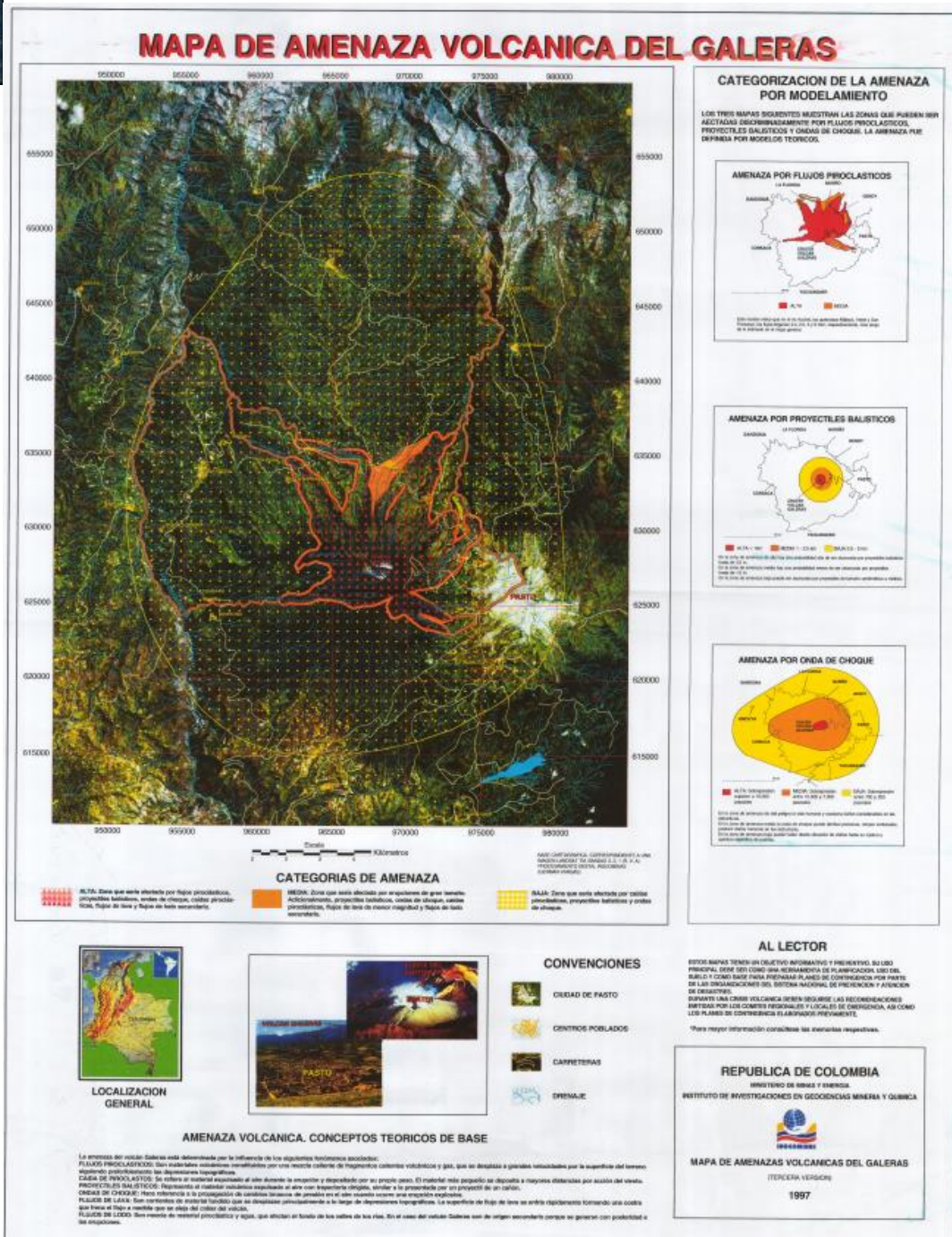


# Basemap Type

Satellite image/photograph



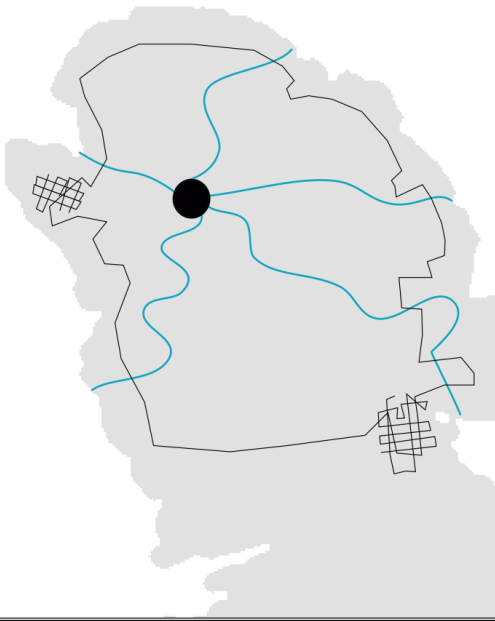
Galeras, Colombia  
(Instituto Colombiano de Geología y Minería  
(INGEOMINAS), 1997)





# Basemap Type

Simple/sketch base map



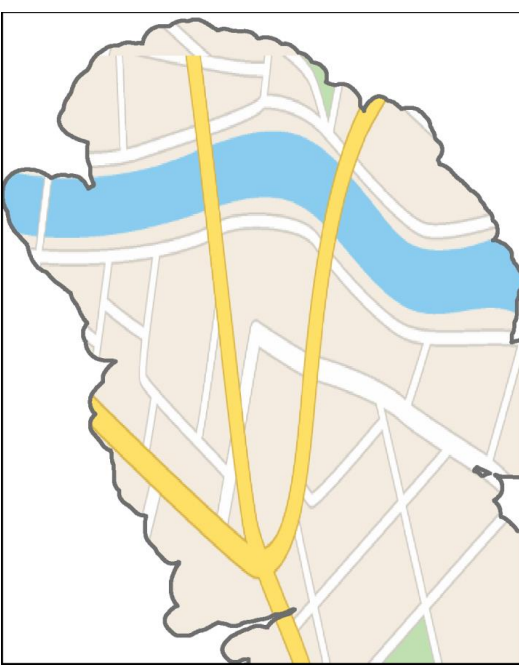
St. Catherine, Grenada  
(Robertson, 2005)

Volcanic hazard map for eruption Scenario 3: Explosive eruption from Mt. St. Catherine

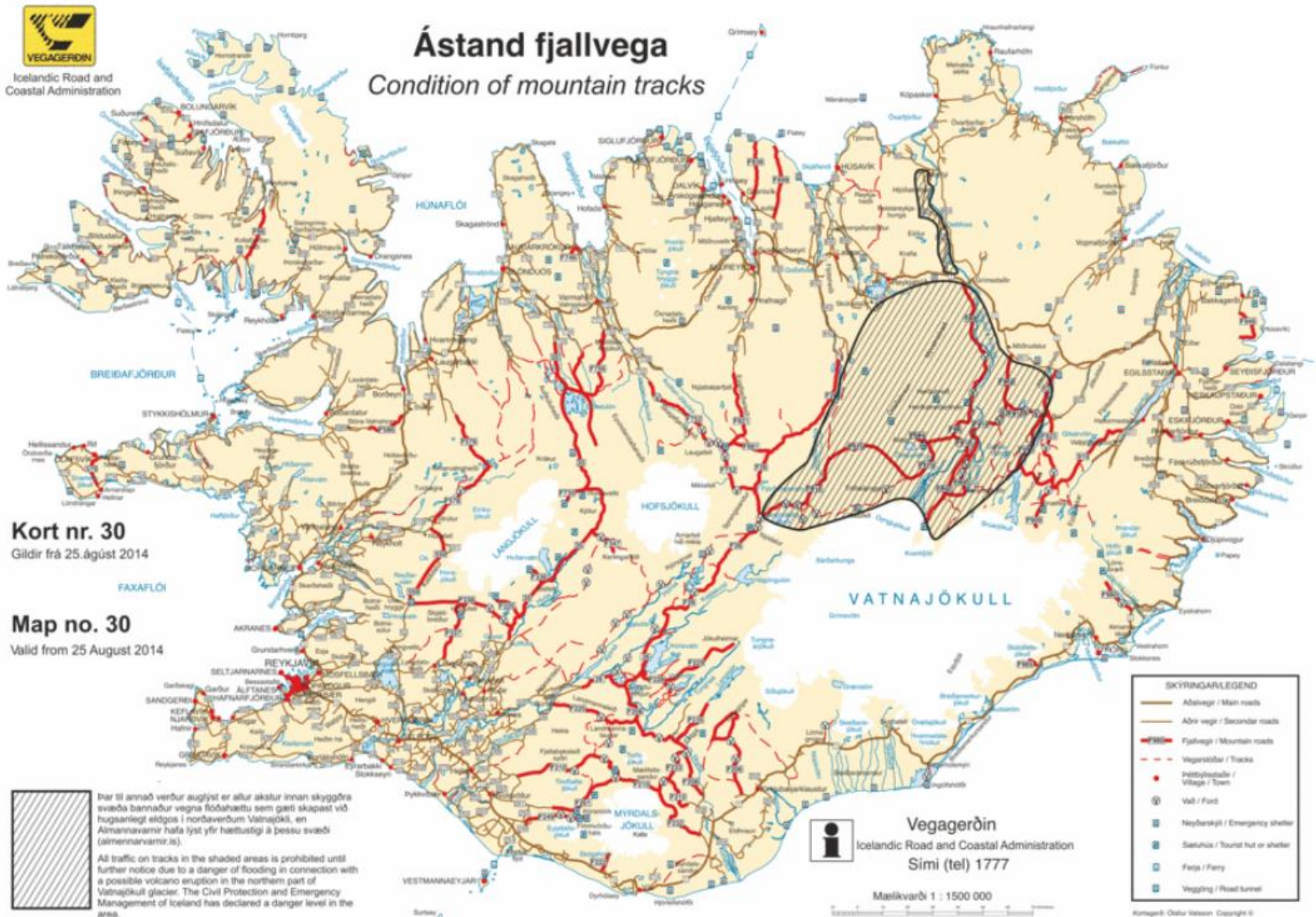


# Basemap Type

Street map

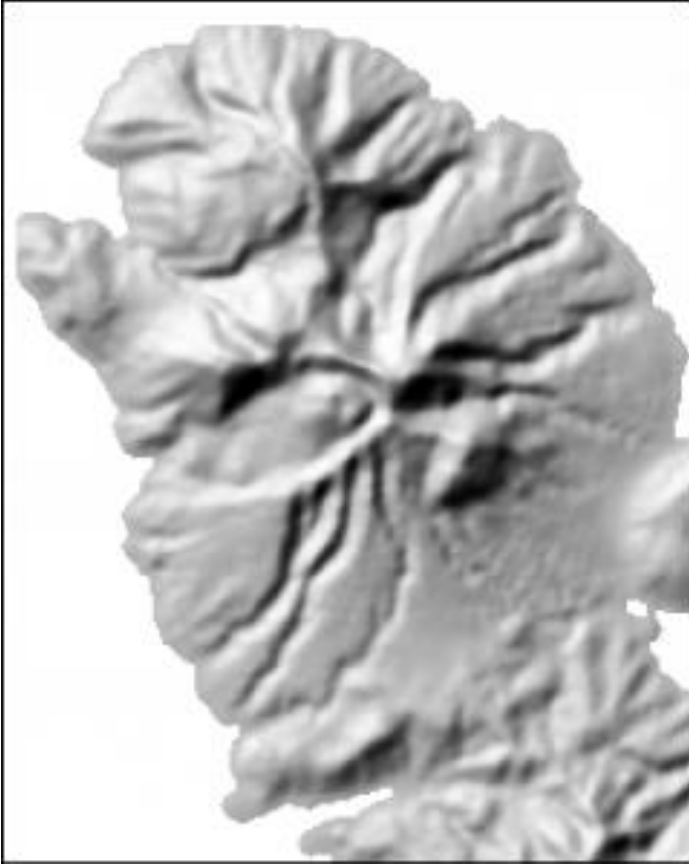


Holuhraun (Askja) & Bárðarbunga, Iceland  
(Icelandic Road and Coastal Administration, 2014)

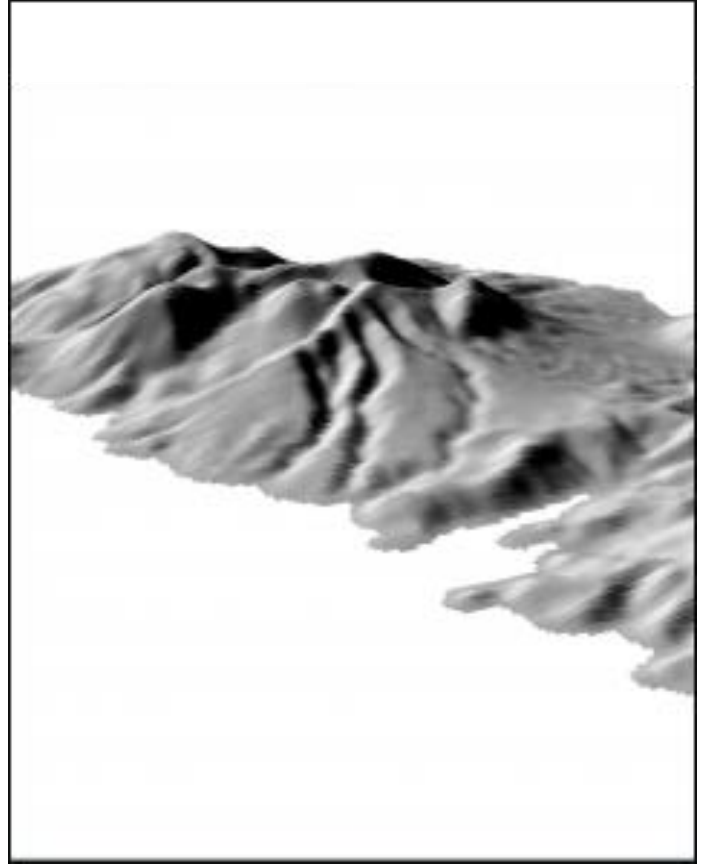


# Dimensionality or Map View Type

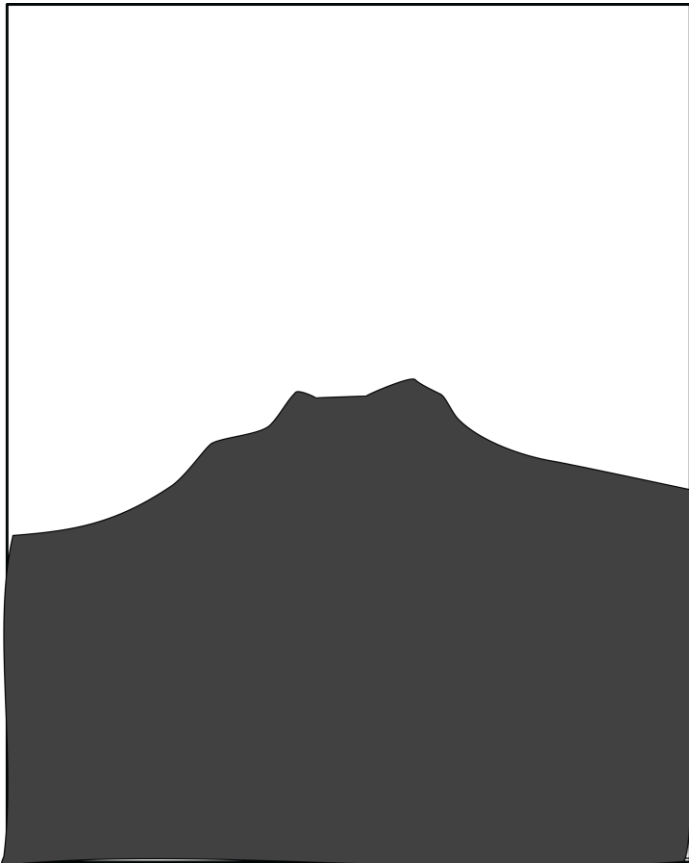
Plan/map/2D view



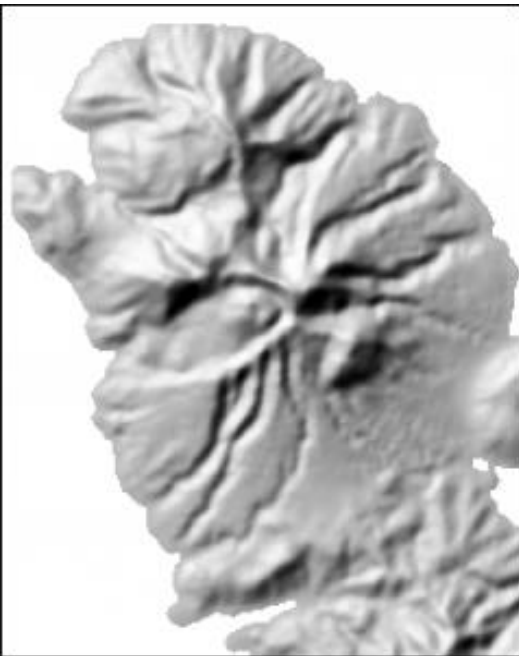
Oblique/3D view



Cross-sectional view



# Dimensionality or Map View Type



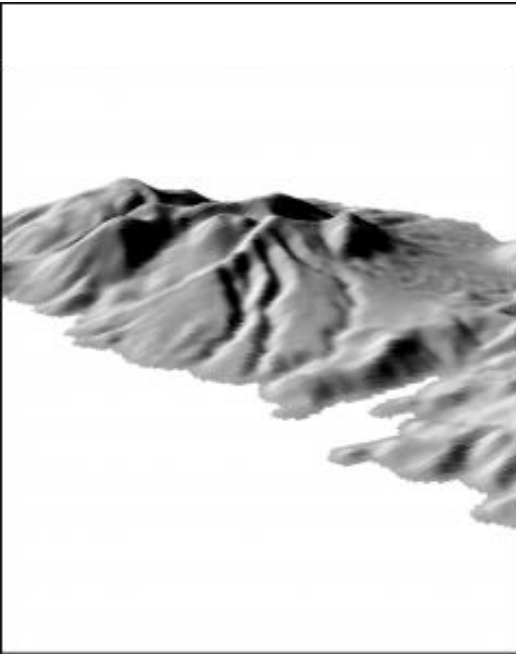
Plan/map/2D view

Liamuiga, Saint Kitts and Nevis  
(Robertson, 2005)



# Dimensionality or Map View Type

Oblique/3D view



Yasur, Vanuatu (cropped)  
(Vanuatu Meteorology & Geo-Hazards Department)

## Volcano Fact Sheet

# Yasur Volcano – Yenkahe Caldera



### Description

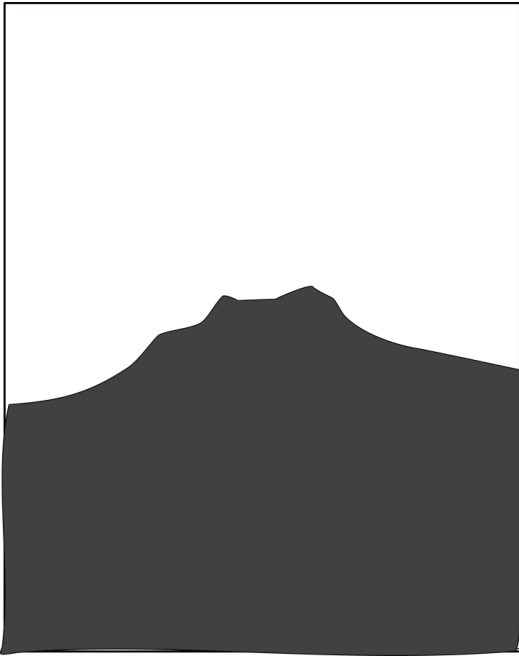
- Yasur, located at the SE tip of Tanna Island, is a mostly unvegetated 361-m-high scoria cone with a nearly circular, 400-m-wide summit crater.
- Yasur is the most frequently visited of the Vanuatu volcanoes.
- It has been in more-or-less continuous activity since Captain Cook observed ash eruptions in 1774.
- This style of activity may have continued for the past 800 years.

([www.volcano.si.edu](http://www.volcano.si.edu))

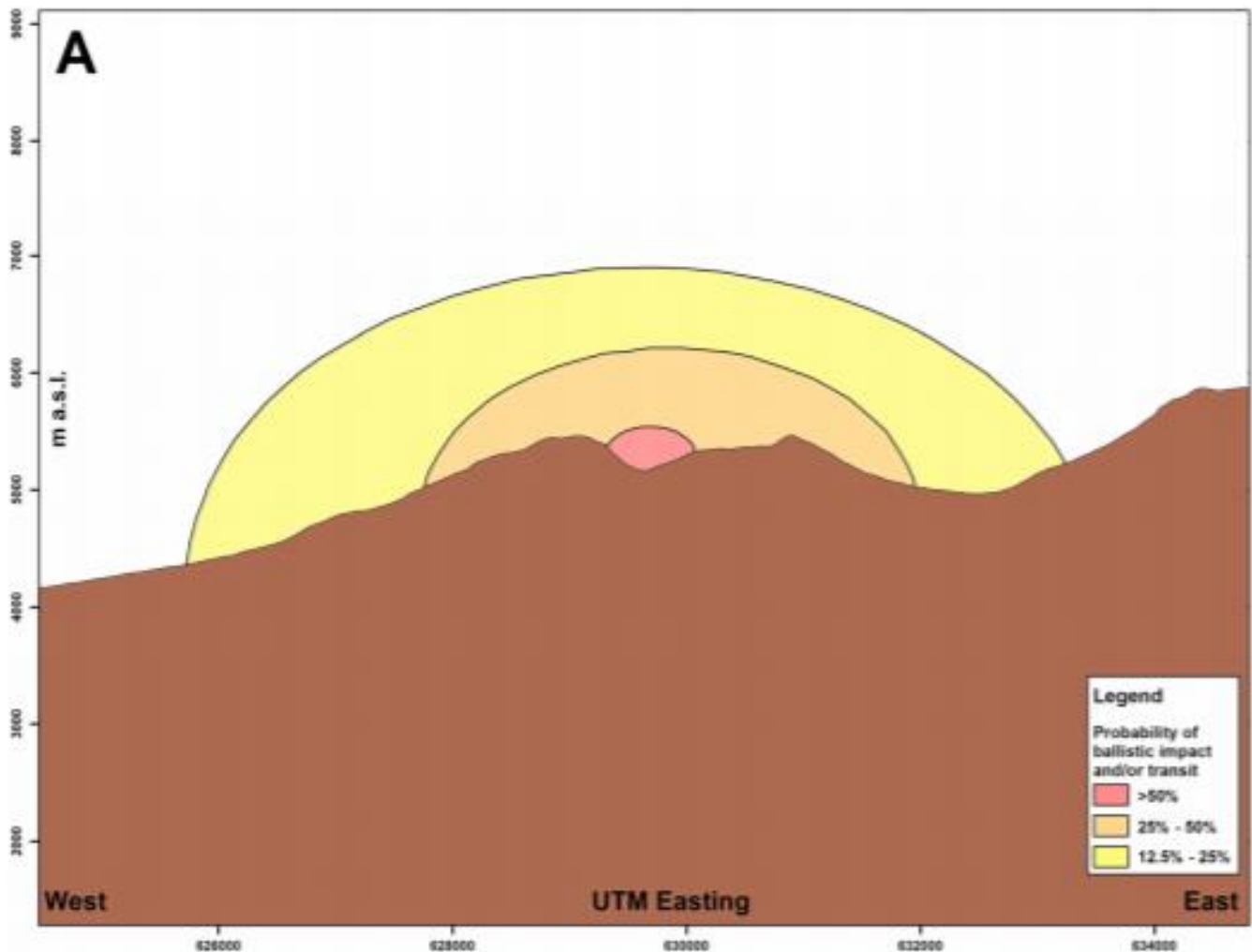


# Dimensionality or Map View Type

Cross-sectional view



Lascar, Chile  
(Bertin, 2017)

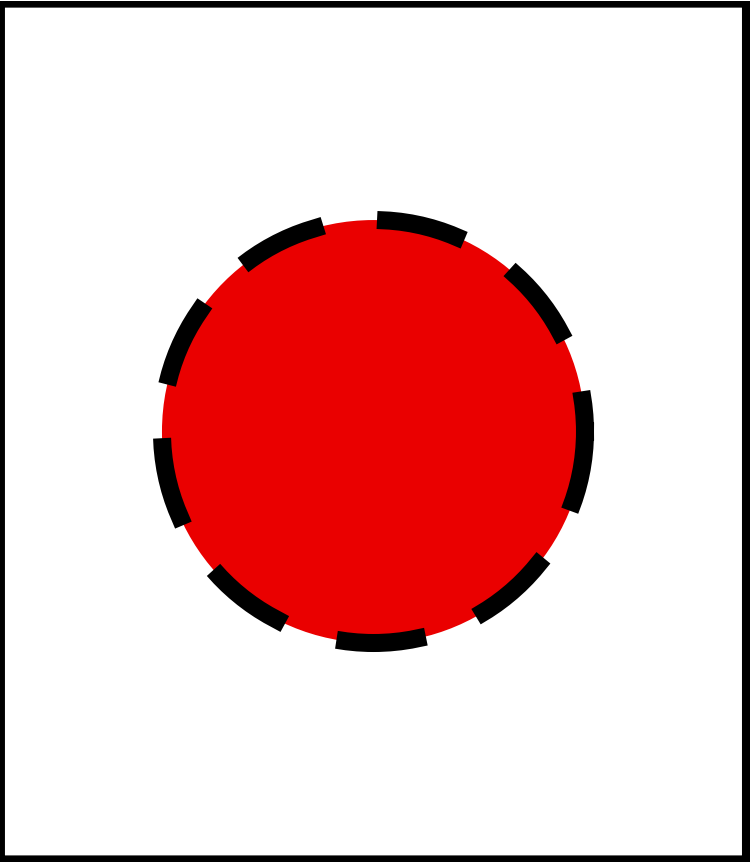


# Uncertainty Visualization

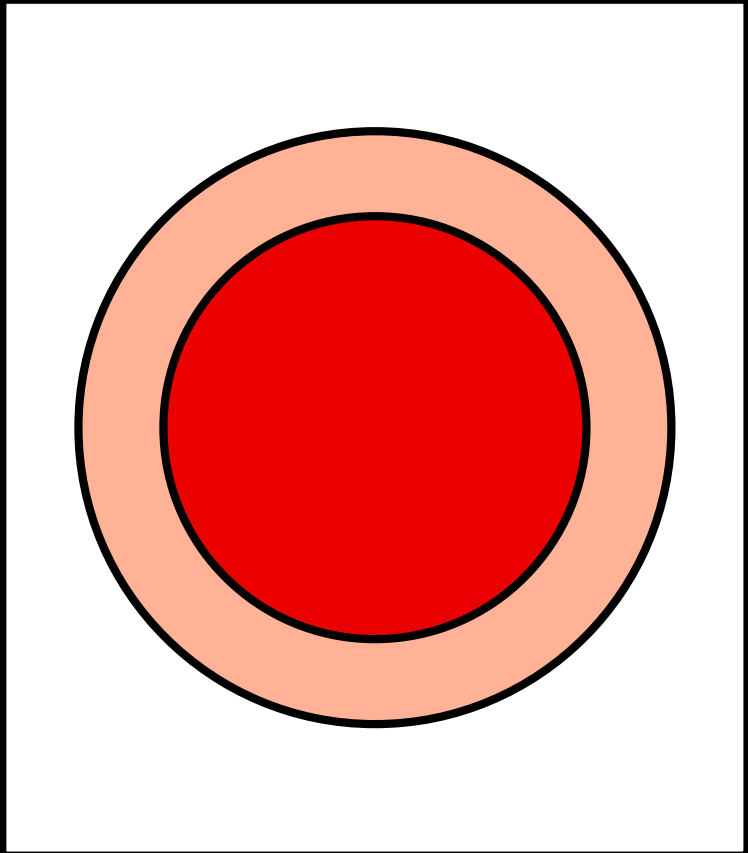
Fuzzy boundaries or gradational colors



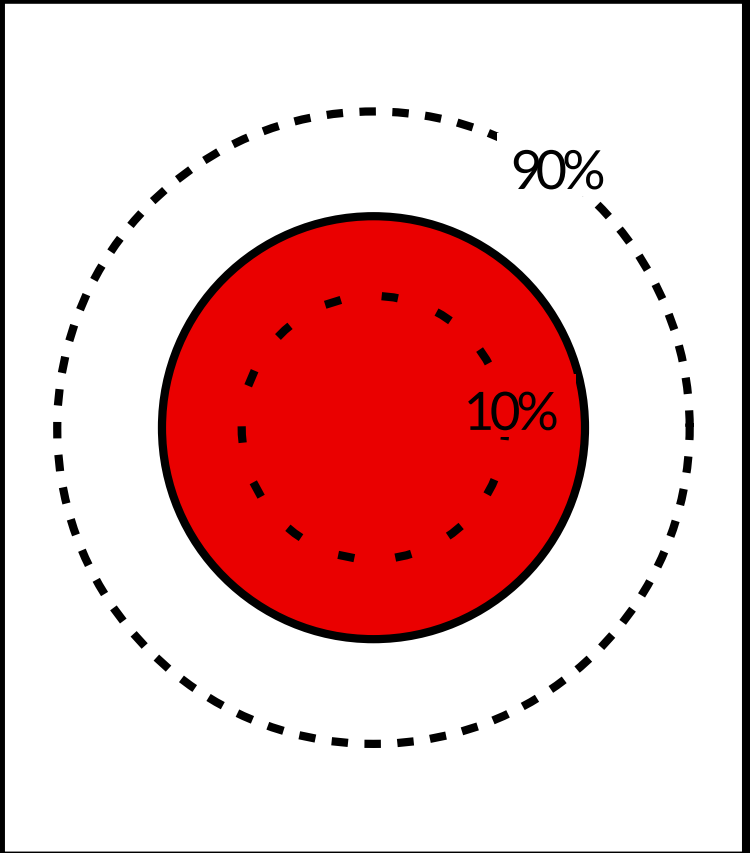
Boundary symbology



Buffer zones

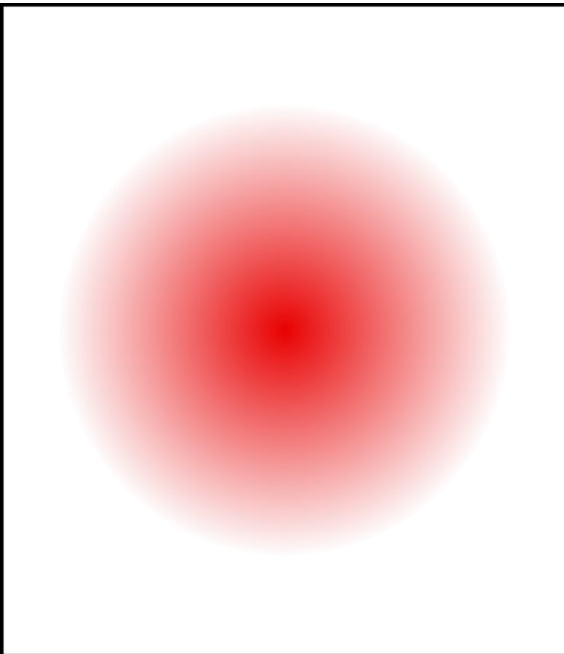


Confidence intervals



# Uncertainty Visualization

Fuzzy boundaries or gradational colors



Tongariro, New Zealand  
(GNS Science (compiler), 2020)

## VOLCANIC HAZARDS ON MT TONGARIRO

### WHAT TO DO IN AN ERUPTION

#### IF YOU ARE:

##### IN A HUT/CAR PARK

- > Stay put and await instructions from DOC staff or your transport operator.



##### ON A TRACK/IN THE HAZARD ZONE

- > Move immediately away from the eruption towards the end of the track that can be accessed safely. This could be returning the way you came.



- > If you see flying rocks, or a steam & ash cloud coming towards you, take shelter behind something (a bank or ridge) & cover your head with your pack.



### VOLCANIC HAZARDS

- > During an eruption, flying hot rocks & fast moving clouds of steam and hot ash may occur.
- > Lahars (volcanic mudflows) flow down valleys as a flash flood.
- > Anywhere on this map is at risk from ashfall - this can obscure vision and make it hard to breathe.



Ti Maari eruption in 2012. © Miller, GNS Science

#### TONGARIRO HAZARD ZONE

**HAZARDS**  
Flying hot rocks.  
Fast moving clouds of steam and hot ash.

**IMPACTS**  
Serious injury and can be lethal.

There are **3 active vents** on **MT TONGARIRO**:

Te Maari      Red Crater      Ngāuruhoe

**ERUPTIONS** can occur at any time with **NO WARNING**



Ngāuruhoe eruption in 1975. © Holmer, GNS Science

Ngāuruhoe

TONGARIRO HAZARD ZONE

Te Maari

#### LAHAR HAZARD ZONE

**HAZARDS**  
Lahars/volcanic mudflows.

**IMPACTS**  
Lahars can sweep you into the water and debris can cause injury.

**WHAT TO DO**  
The Lahar Hazard Zone is signposted on the track. Move quickly through this area and do not stop.

Tongariro Hazard Zone	Tongariro Alpine Crossing
Lahar Hazard Zone	Tongariro Northern Circuit
Car Park	Mangatepōpō to Soda Springs
Shelter	
Hut	

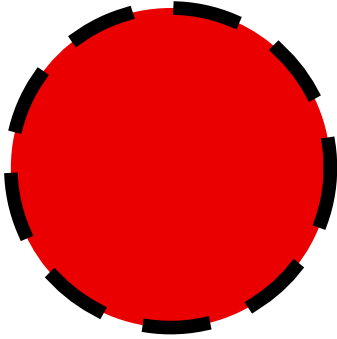
Map scale: variable  
Hazard zone extent: 3km radius from main vents

North



# Uncertainty Visualization

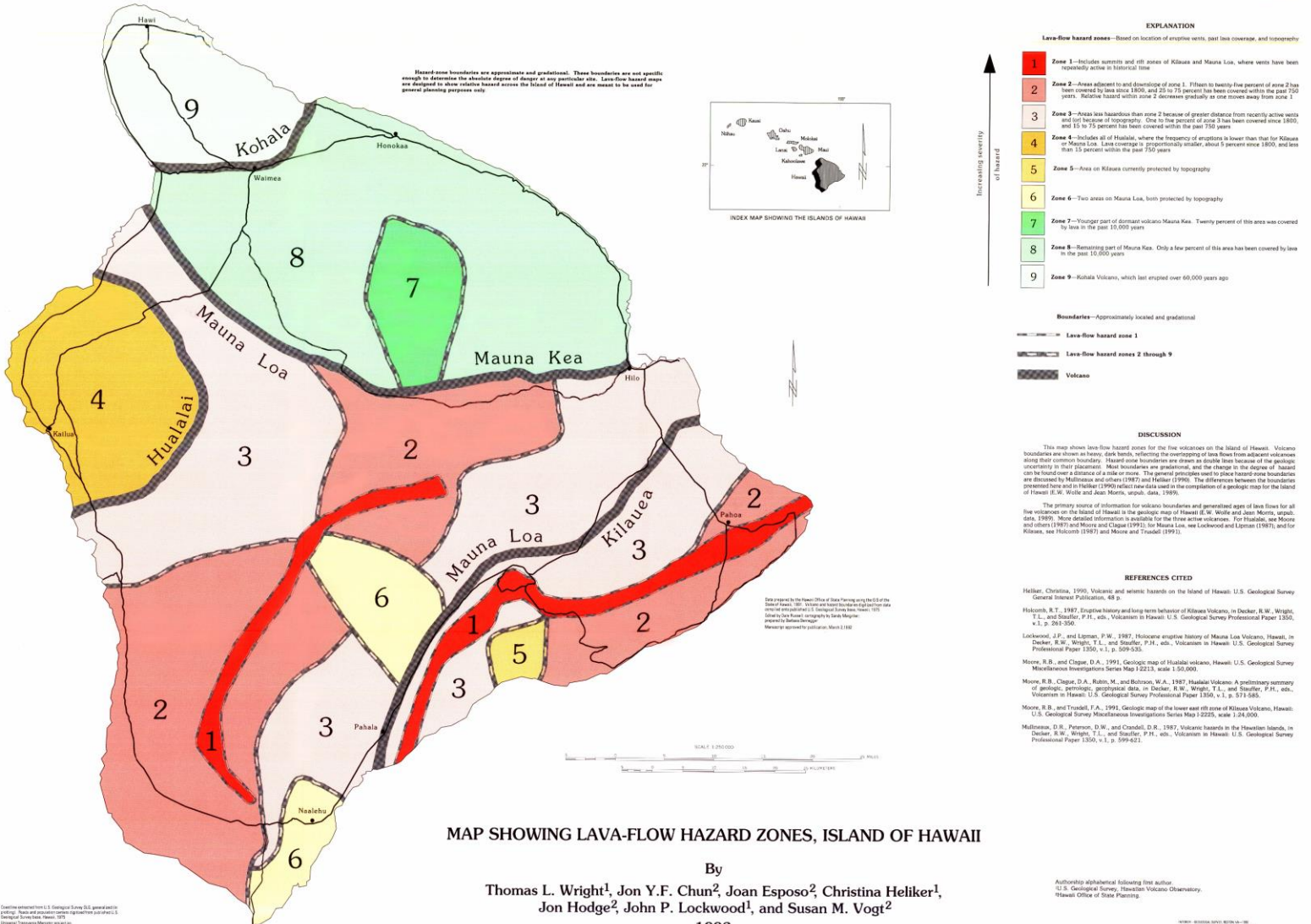
## Boundary symbology



Hawai'i (regional), United States  
(Wright et al., 1992)

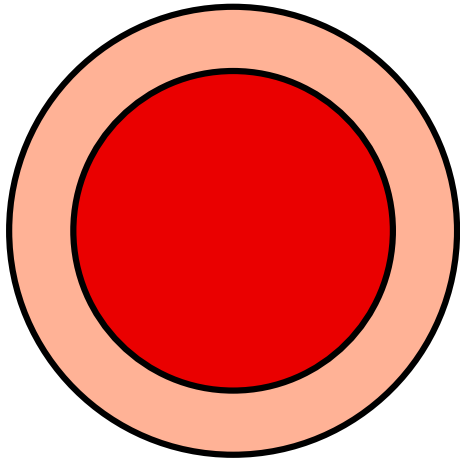
U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR  
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

MISCELLANEOUS FIELD STUDIES  
MAP MF-2193



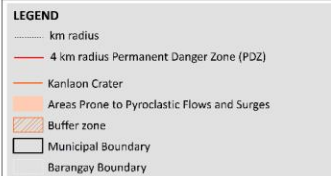
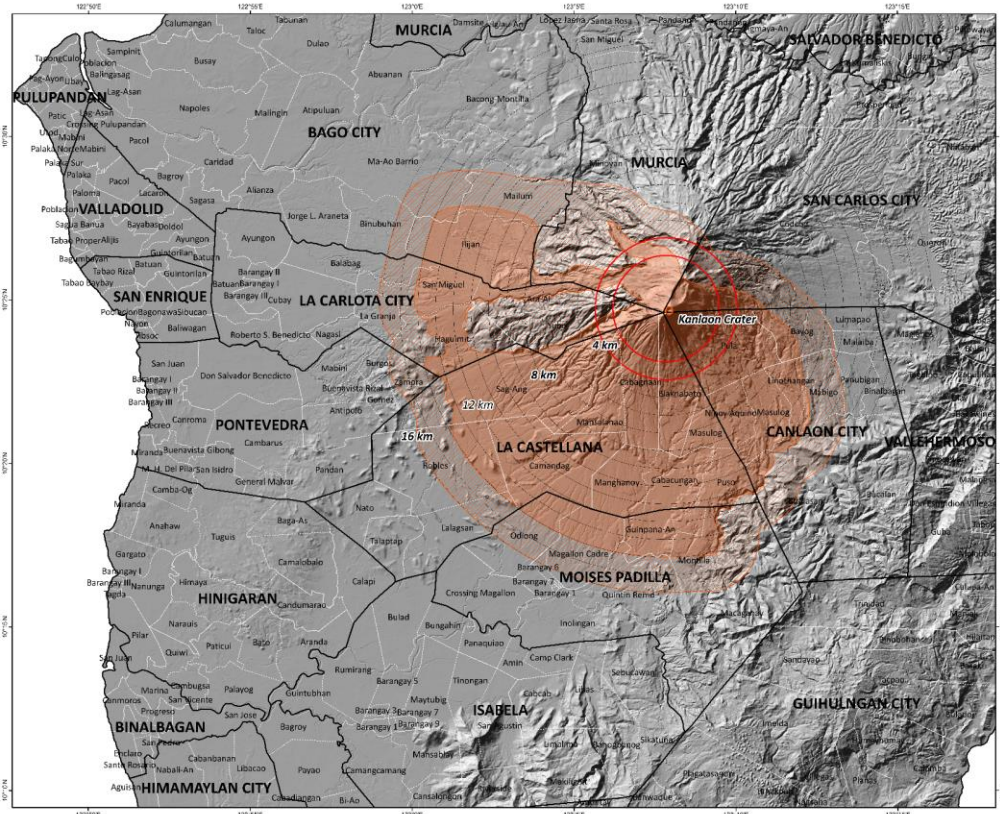
# Uncertainty Visualization

## Buffer zones



Kanlaon, Philippines  
(Bornas et al., 2016)

## KANLAON VOLCANO PYROCLASTIC FLOW HAZARD MAP



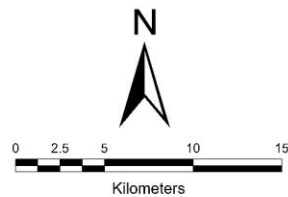
Generation of this hazards map for Kanlaon is based on the assumption that the **activity or eruption will occur from the present active cone (Kanlaon Crater)**.

Hazard zonation is subject to change in the event of migration of eruption vent.

Municipal and barangay boundaries used are approximate and based on PHILGIS 2011 data.

Basemap is NAMRIA-IFSR, 2013.

Bornas, M.A.V., Rivero, D.J.V., Pidlaoan, A.C., Delos Reyes, P.I., Daag, A.S., Martinez-Villegas, M.M.I., and Solidum, R.U., Jr. 30-March-2016

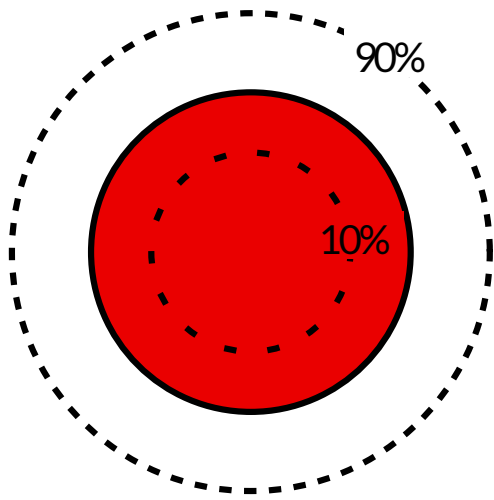


Department of Science and Technology  
PHILIPPINE INSTITUTE OF VOLCANOLOGY AND SEISMOLOGY  
PHIVOLCS Building, C.P. Garcia Avenue  
U.P. Campus, Diliman, Quezon City  
Tel. No. +63 4 638 1484 to 79; Telefax: +63 4 939 8346



# Uncertainty Visualization

Confidence intervals



Rincón de la Vieja, Costa Rica  
(Alvarado et al. 2022)

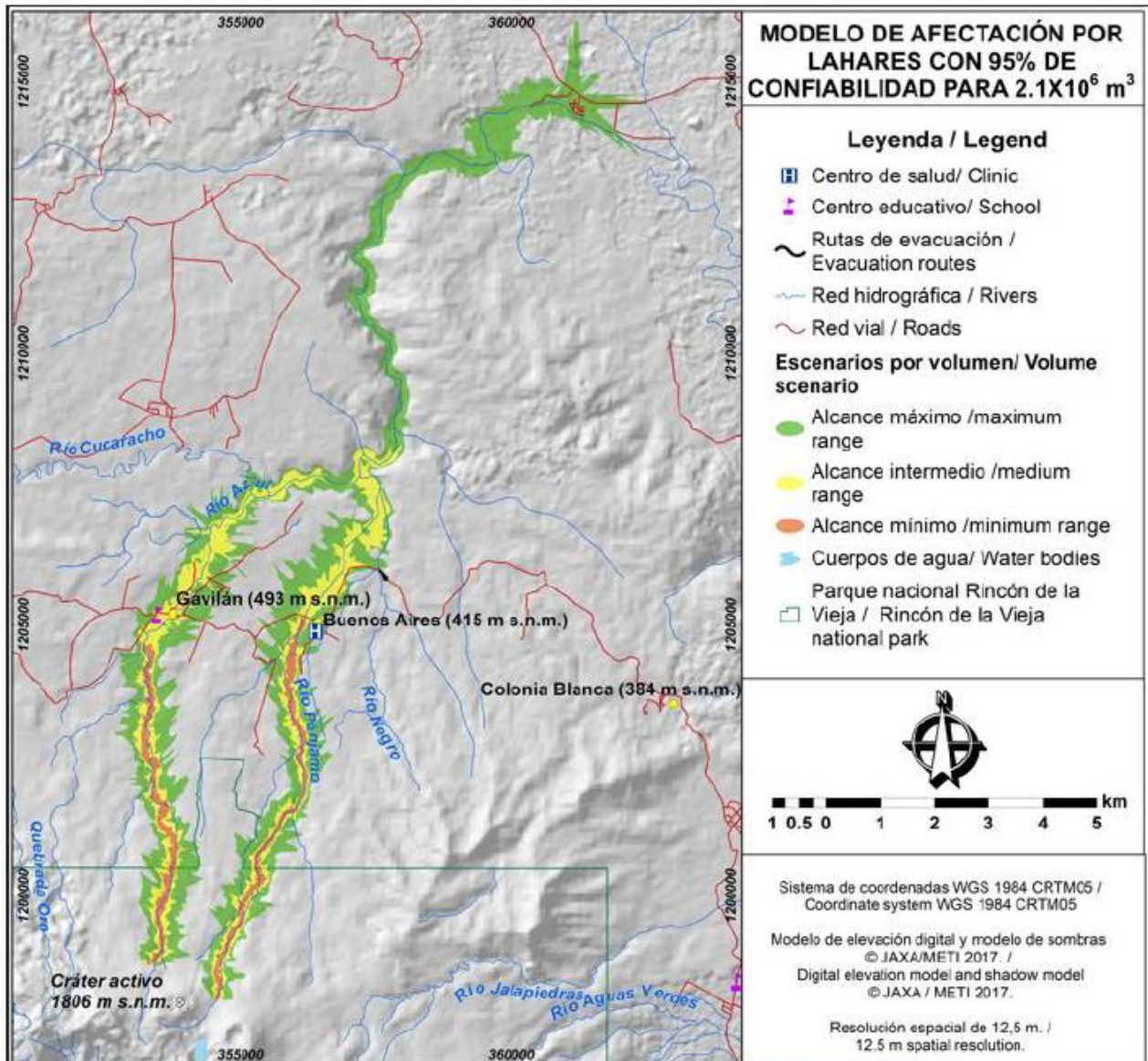


Fig. 6.45: Modelo de lahares con volumen de  $2.1 \times 10^6 \text{ m}^3$  con 95 % de confiabilidad (modificado de Alpizar, 2018).

# Color Scheme



## Red-to-green

- Order is fairly universal among cultures and used globally for security warnings and traffic lights
- Well suited for conveying relative hazard level
- May incorrectly imply that green zones are 'safe' rather than lowest
- Pose issues for the color-blind



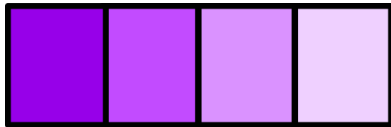
## Red-to-yellow

- Well suited for conveying ordered, relative hazard levels
- No zones are misinterpreted to be 'safe' rather than lowest
- More accessible for the color-blind



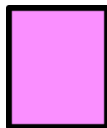
## Dark-to-light (color or grayscale)

- Well suited for conveying ordered, relative hazard levels
- Most effective when darkest/most saturated color = high hazard
- More accessible for the color-blind



## Categorical or qualitative

- Colors without logical ordering are well-suited to maps with separate zones for different hazards, such as hazard-process focused maps
- Not well-suited for hazard-level focused maps as the colors cannot be easily ordered



## Single color

- Well suited for simple maps displaying only one hazard process



## Rainbow

- Visually appealing, commonly used for continuous data
- Pose problems for the color blind and pose issues for visual perception (see <https://www.climate-lab-book.ac.uk/2014/end-of-the-rainbow/>)



## Diverging

- Only well-suited for data with a special central value, e.g. elevation data with sea level as that value
- Can introduce misperceptions on hazard maps

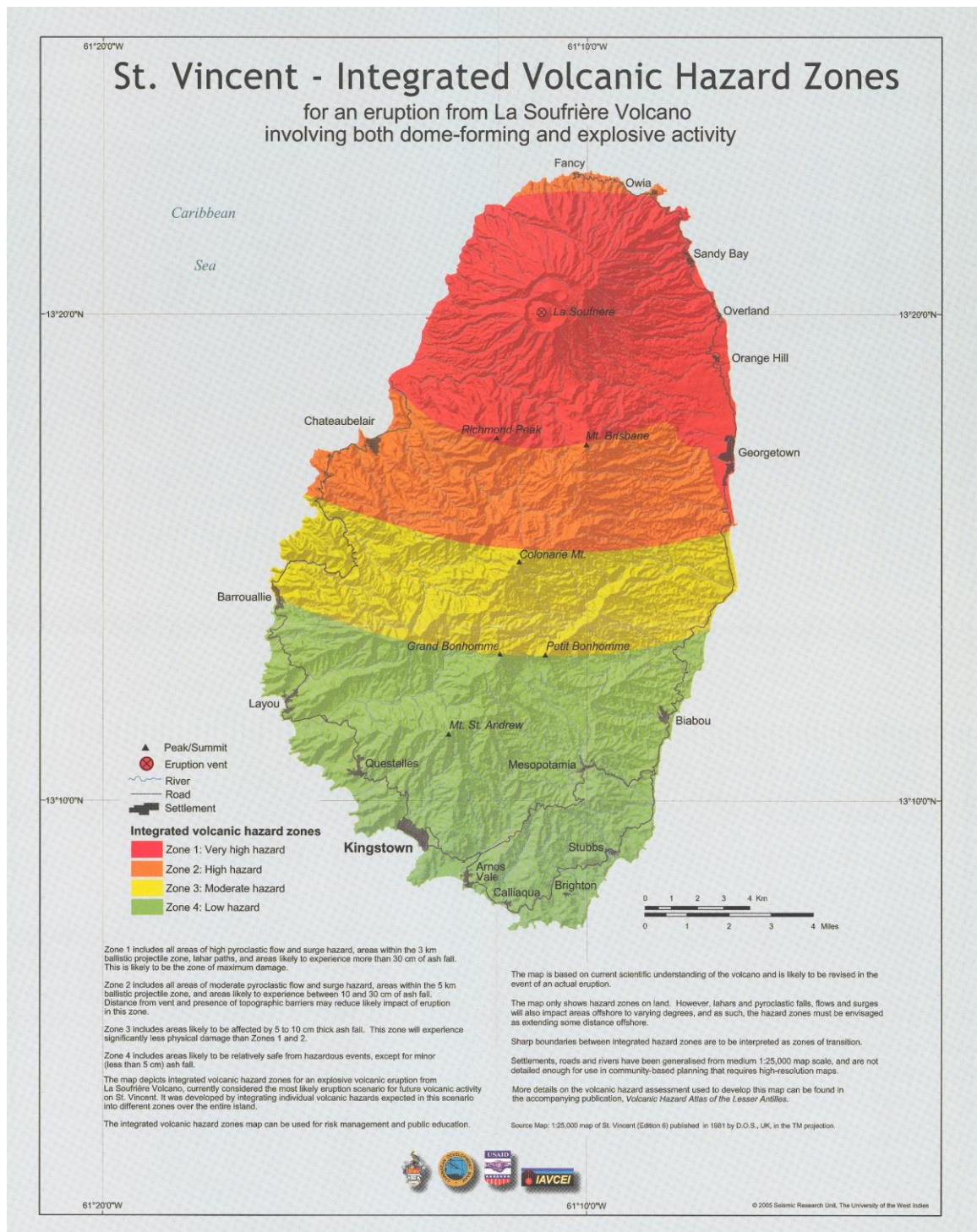
# Color Scheme



## Red-to-green

- Order is fairly universal among cultures and used globally for security warnings and traffic lights
- Well suited for conveying relative hazard level
- May incorrectly imply that green zones are 'safe' rather than lowest
- Pose issues for the color-blind

## Red to Green



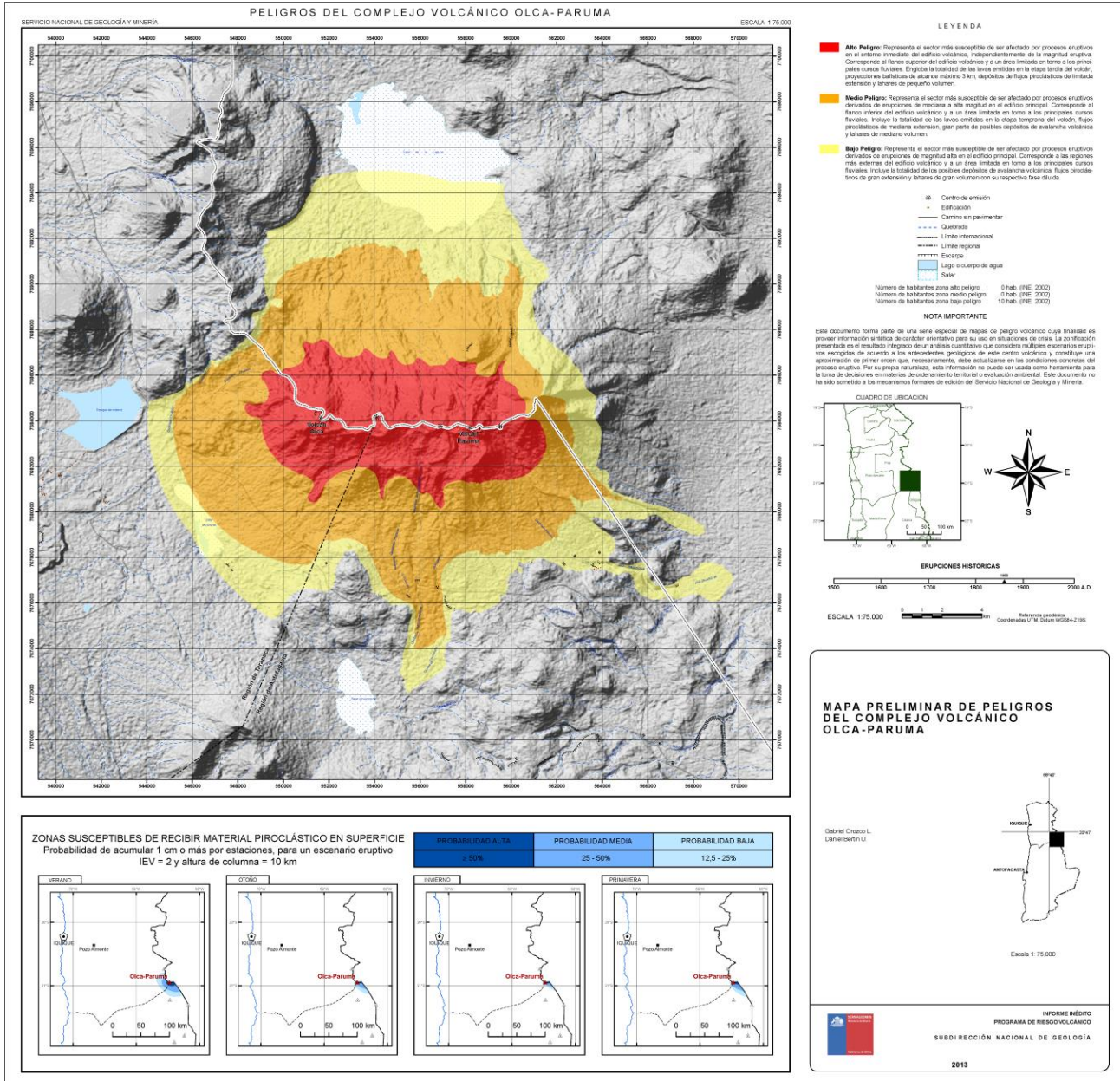
# Color Scheme

## Red-to-yellow



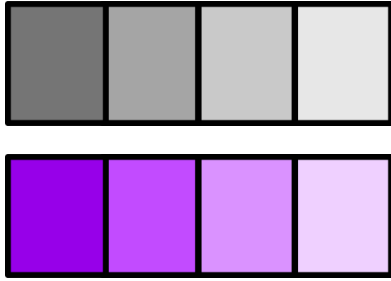
- Well suited for conveying ordered, relative hazard levels
- No zones are misinterpreted to be 'safe' rather than lowest
- More accessible for the color-blind

## Red to Yellow



Mentolat, Chile  
(Kraus, 2012)

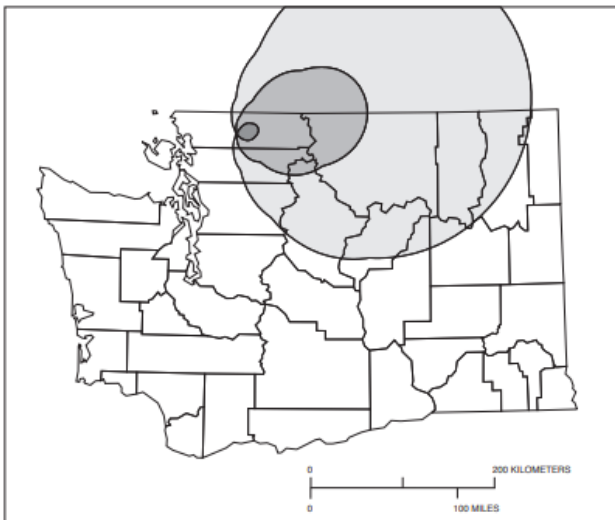
# Color Scheme



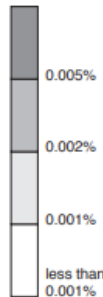
## Dark-to-light (color or grayscale)

- Well suited for conveying ordered, relative hazard levels
- Most effective when darkest/most saturated color = high hazard
- More accessible for the color-blind

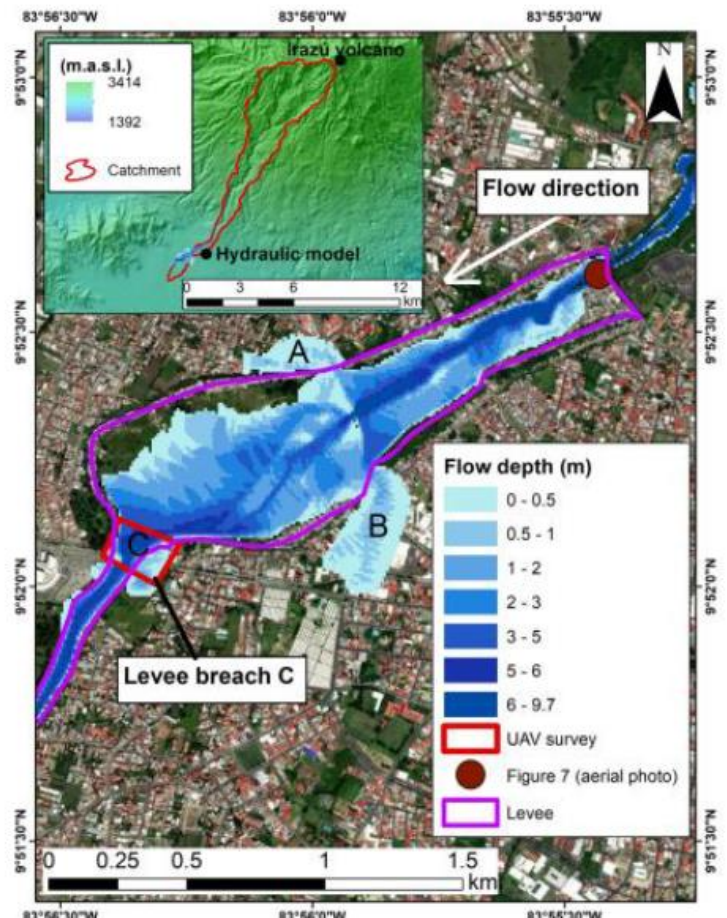
## Light to dark (grayscale)



Baker, United States  
(Gardner et al. 1995)



## Light to dark (color)



Irazú, Costa Rica  
(Alvarado et al. 2021)

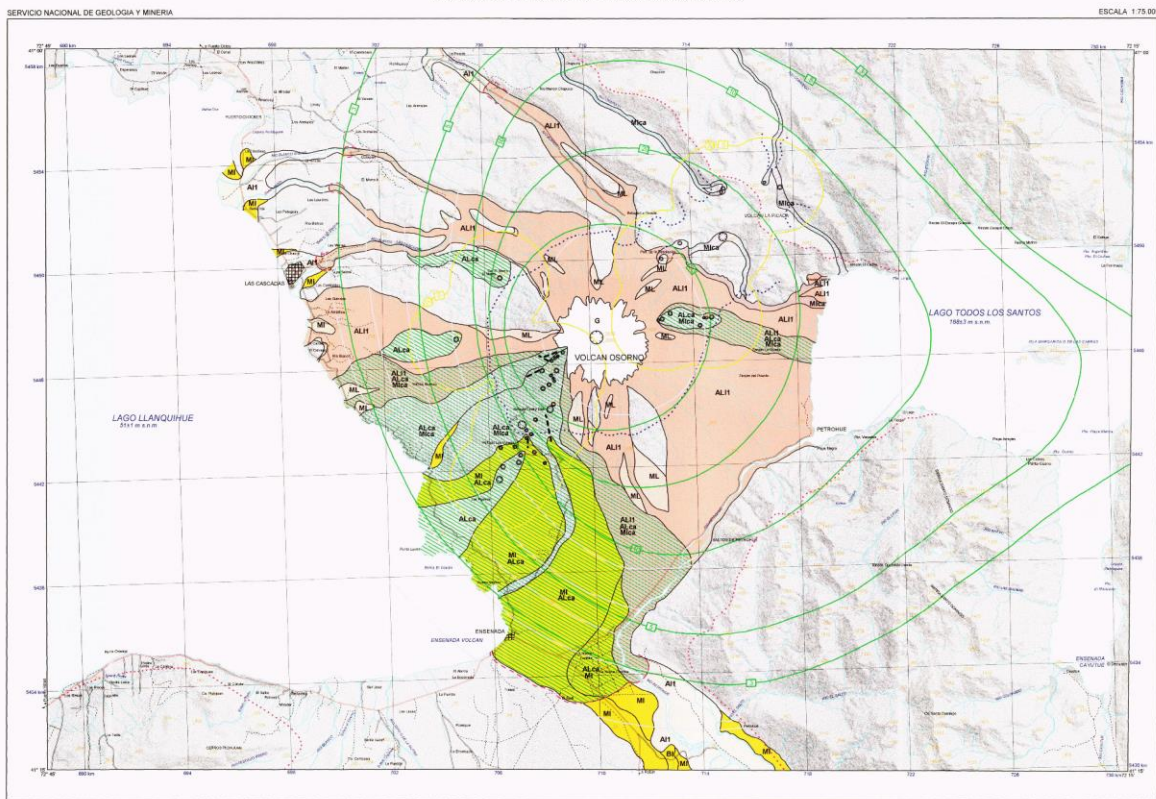
# Color Scheme

## Categorical or qualitative

- Colors without logical ordering are well-suited to maps with separate zones for different hazards, such as hazard-process focused maps
- Not well-suited for hazard-level focused maps as the colors cannot be easily ordered



MAPA DE PELIGROS DEL VOLCAN OSORNO



### PELIGROS ASOCIADOS AL VOLCAN OSORNO

El volcán Osorno está ubicado en la Región de los Lagos, en el límite entre la comuna de Puerto Varas y Puerto Teuco, entre los lagos Llanquihue y Todos los Santos. Desde el extremo occidental del Parque Nacional Vicente Pérez Rosales y en su flanco poniente, existen refugios y cumbres de nieve. A sus pies se encuentran algunas localidades habitadas como Las Cascaidas, Esmeraldas y Puelvo. Por una parte, el río y su cuenca de aporte se cubren el conito intercomunal entre Puerto Varas y San Carlos de Bariloche, en la República Argentina, el cual sufre, a menudo, crecidas que ocasionan inundaciones, particularmente en el segmento del río Puelvo que fluye hacia el noroeste. La cordillera de los Andes presenta cordones serráticos con volcanismo activo según el caso: el 1962, la Zona Volcánica Norte (PVP-50°); la Zona Volcánica Central (ZVC-50°50'); la Zona Volcánica Sur (ZVS-51°40') y la Zona Volcánica Austral (ZVA-56°).

La ZVS es la más activa, tiene 1.400 km de longitud y se extiende entre Santiago y Chaituco (300 km) y presenta una forma cónica casi perfecta que alcanza 2952 m s.n.m. Está formada por lavas de composición basáltica y andesítico-basáltica, entre otras, presenta un estrato grueso de 3 a 12 m. En su flanco NW, se localiza una ventanilla de coladas de cenizas que forman el cono principal, con conos secundarios y flujos laterales en 1937; 1947; 1948; 1719; 1761; 1774; 1792; 1793; 1796; 1834; 1837; 1838; 1852; 1853; 1855; 1859 y 1989 produciendo, 1990, hasta la fecha, las tormentas 150 años desde la última erupción, y actualmente, el volcán sólo presenta una sola actividad fumarólica bajo el halo de la lava.

Antes de la mayoría de las erupciones históricas de gran magnitud, han ocurrido fenómenos precursoros, especialmente ruidos subterráneos, actividad sísmica perceptible y pequeñas erupciones de cenizas. Los fenómenos precedidos a las erupciones son: actividad sísmica perceptible y pequeñas erupciones de cenizas. Los fenómenos precedidos a las erupciones son: actividad sísmica perceptible y pequeñas erupciones de cenizas. Los fenómenos precedidos a las erupciones son: actividad sísmica perceptible y pequeñas erupciones de cenizas.

### REFERENCIAS

López E., L. Moreno, M. Togni, M. Natta, K. 1988. Evaluación magmática del volcán Osorno. Anales del IIG, 41° 14' 15'.  
Congreso Geológico Chile, No. 2, Actas, Tomo 2, p. 205-217. Santiago.  
López E., L. Moreno, M. Togni, M. Natta, K. 1989. Caracterización y evolución del volcán Osorno. Anales del IIG, 42° 14' 15'.  
Congreso Geológico Chile, No. 2, Actas, Tomo 2, p. 218-224.  
López E., L. Moreno, M. Togni, M. Natta, K. 1990. Caracterización y evolución del volcán Osorno. Anales del IIG, 43° 14' 15'.  
Congreso Geológico Chile, No. 2, Actas, Tomo 2, p. 231-241. Santa Bárbara.  
Moreno, M. Togni, M. Natta, L. López, E., Montoya, F. Llanquihue, C. 1995. Geología y riesgo volcánico del volcán Osorno y centros de relieve morfo-tectónico. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica, 212 p. Santiago (7).  
Moreno, M. Togni, M. Natta, L. López, E. 1979. Geología y geofísica de la cadena volcánica Osorno-Puente Alto. Anales del IIG, 32° 14' 15'.  
Congreso Geológico Chile, No. 2, Actas, Tomo 2, p. 239-251. Alica.  
Pérez Rosales, M. E. 1959. Caracterización geológica de los volcanes Osorno y Calbuco. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín, No. 53, 49 p. Santiago.  
(7) Documento inédito disponible en la Biblioteca del Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

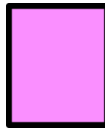
### LEYENDA

- ÁREAS QUE PUEDEN SER AFECTADAS POR COLADAS DE LAVA Y/O LAHARES**
- AL1** Zonas con alta probabilidad de ser cubiertas por lavas y/o lahares durante erupciones que se originen en el cono principal y/o coladas secundarias, en las que el régimen histórico supera 1700. A su largo del río Puelvo, se asume el posible flujo de lavas secundarias y repuestas.
  - AL2** Zonas con alta probabilidad de ser cubiertas por lavas y/o lahares durante erupciones que se originen en el cono principal y/o coladas secundarias, en las que el régimen histórico supera 1700. A su largo del río Puelvo, se asume el posible flujo de lavas secundarias y repuestas.
  - AL3** Zonas con alta probabilidad de ser cubiertas por lavas y/o lahares durante erupciones que se originen en el cono principal y/o coladas secundarias, en las que el régimen histórico supera 1700. A su largo del río Puelvo, se asume el posible flujo de lavas secundarias y repuestas.
  - AL4** Zonas con alta probabilidad de ser cubiertas por lavas y/o lahares durante erupciones que se originen en el cono principal y/o coladas secundarias, en las que el régimen histórico supera 1700. A su largo del río Puelvo, se asume el posible flujo de lavas secundarias y repuestas.
- ÁREAS QUE PUEDEN SER AFECTADAS POR CAÍDA DE PROCLASTOS**
- COND Y/O CRATER PRINCIPAL**
- COND** Límite externo de las zonas que podrían ser afectadas por la caída de proclastos cuyo diámetro (en cm) se indica. Los fragmentos de diámetro mayor que 20 cm se distribuyen, principalmente, por proyección ballística. Los fragmentos de diámetro menor que 20 cm se distribuyen, principalmente, por proyección ballística. Los fragmentos de diámetro mayor que 20 cm se distribuyen, principalmente, por proyección ballística. Los fragmentos de diámetro menor que 20 cm se distribuyen, principalmente, por proyección ballística.

Osorno, Chile (cropped)  
(Moreno, 1999)



# Color Scheme



## Single color

- Well suited for simple maps displaying only one hazard process

### Volcano Fact Sheet

## Yasur Volcano – Yenkahe Caldera



### Description

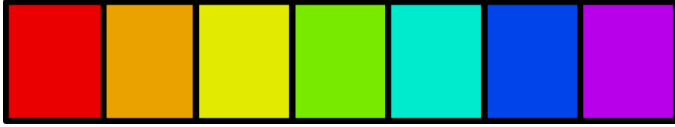
- Yasur, located at the SE tip of Tanna Island, is a mostly unvegetated 361-m-high scoria cone with a nearly circular, 400-m-wide summit crater.
- Yasur is the most frequently visited of the Vanuatu volcanoes.
- It has been in more-or-less continuous activity since Captain Cook observed ash eruptions in 1774.
- This style of activity may have continued for the past 800 years.

([www.volcano.si.edu](http://www.volcano.si.edu))



Yasur, Vanuatu (cropped)  
(Vanuatu Meteorology & Geo-Hazards Department)

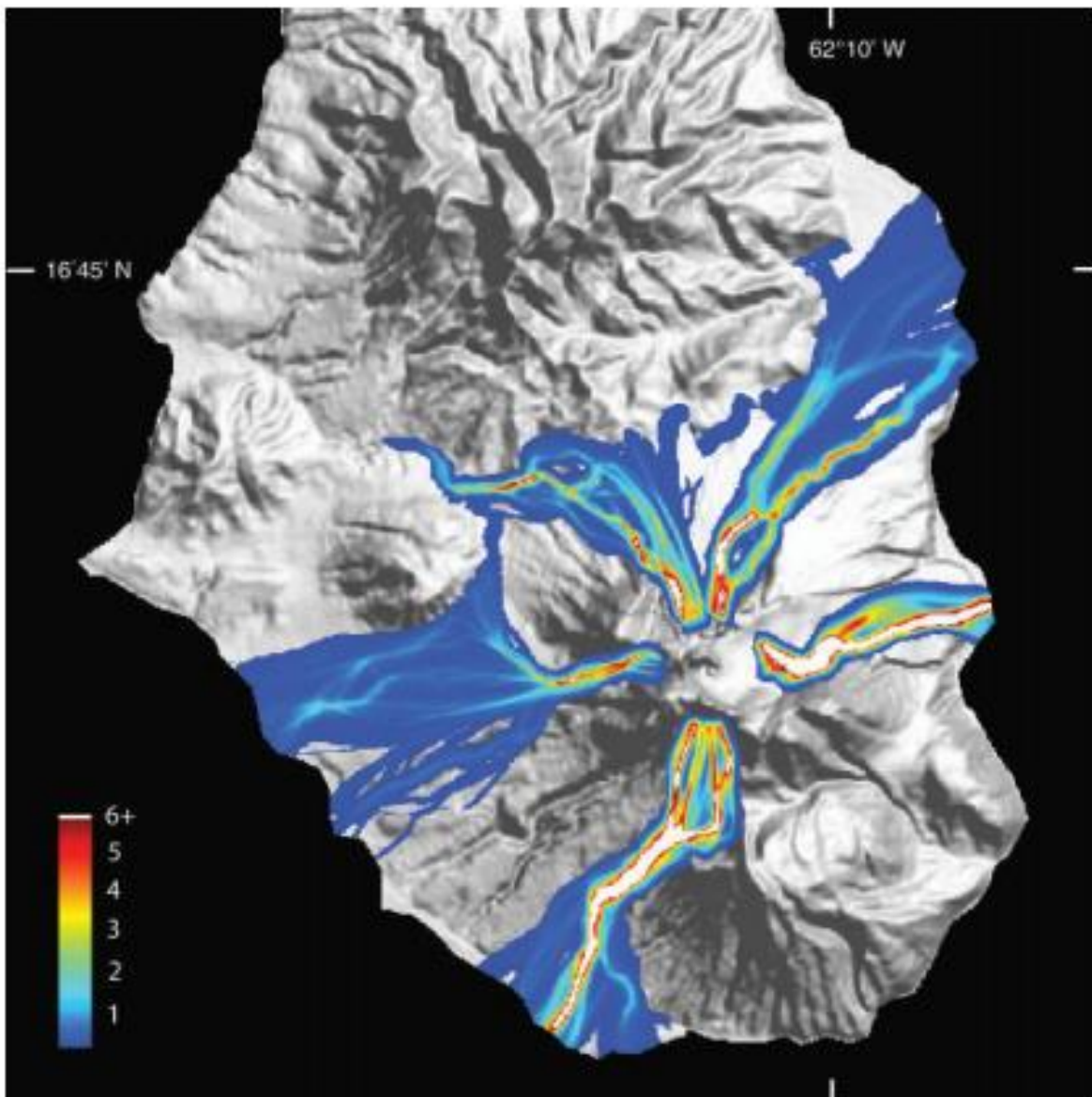
# Color Scheme



## Rainbow

- Visually appealing, commonly used for continuous data
- Pose problems for the color blind and pose issues for visual perception (see <https://www.climate-lab-book.ac.uk/2014/end-of-the-rainbow/>)

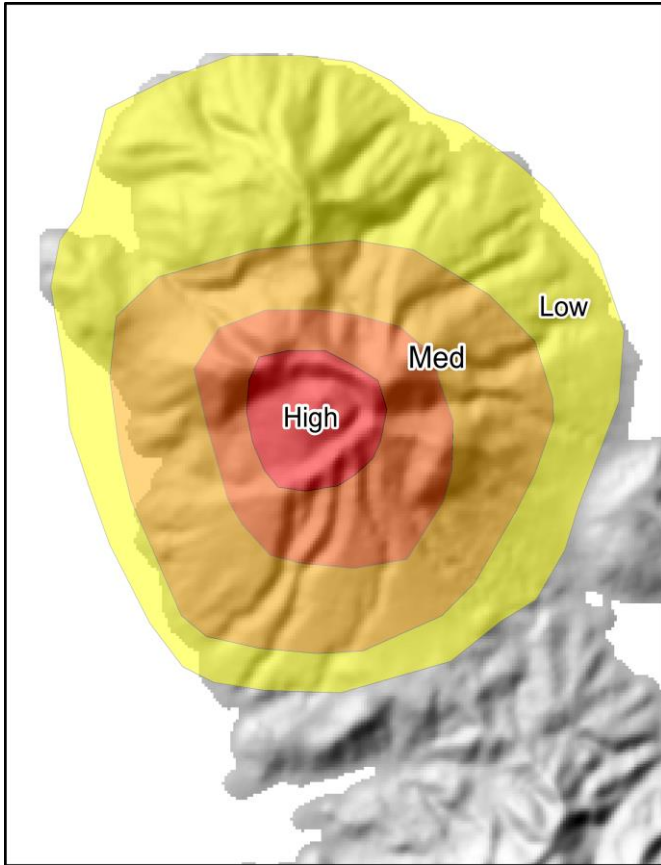
## Rainbow



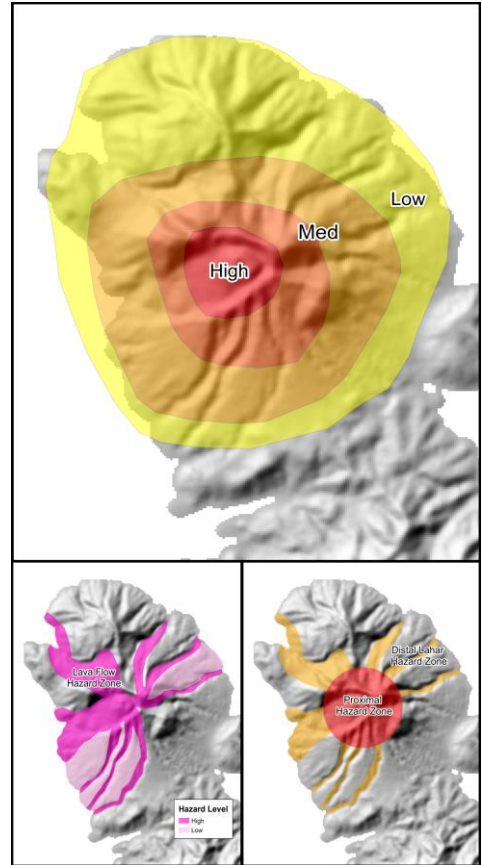
**Fig. 9.** The PYROFLOW simulation ensemble, representing the equivalent of 66 years' worth of 1996–1998 activity constrained by the analysis of the directional growth of the dome.

# Map Layout

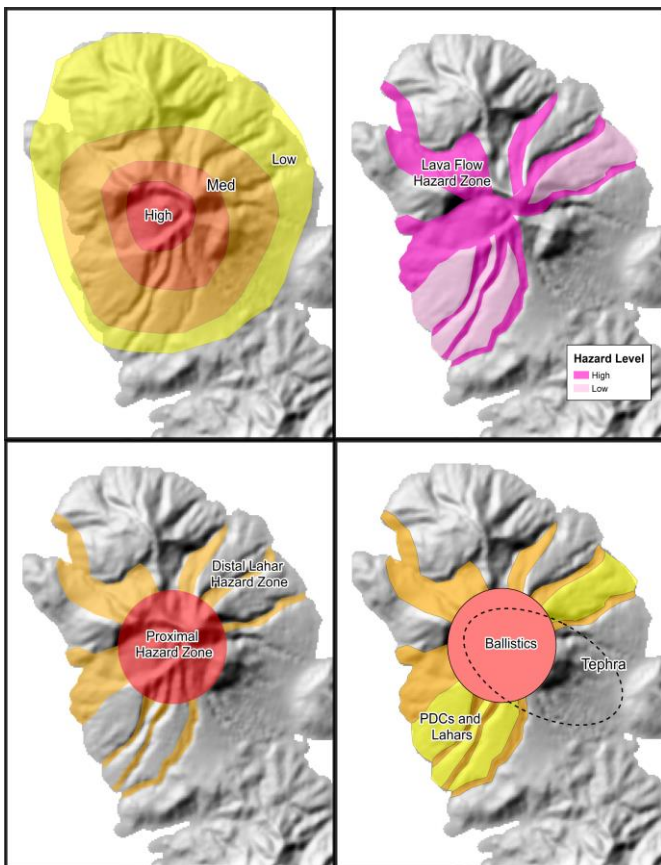
## Main Map Panel



## Main Map with Insets

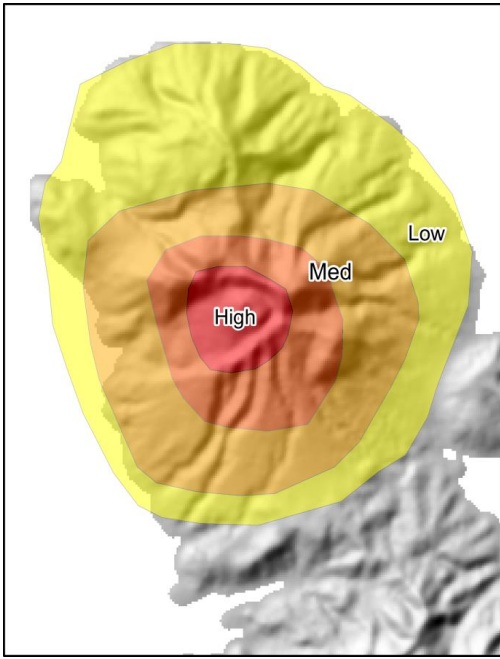


## Series of Small Panels



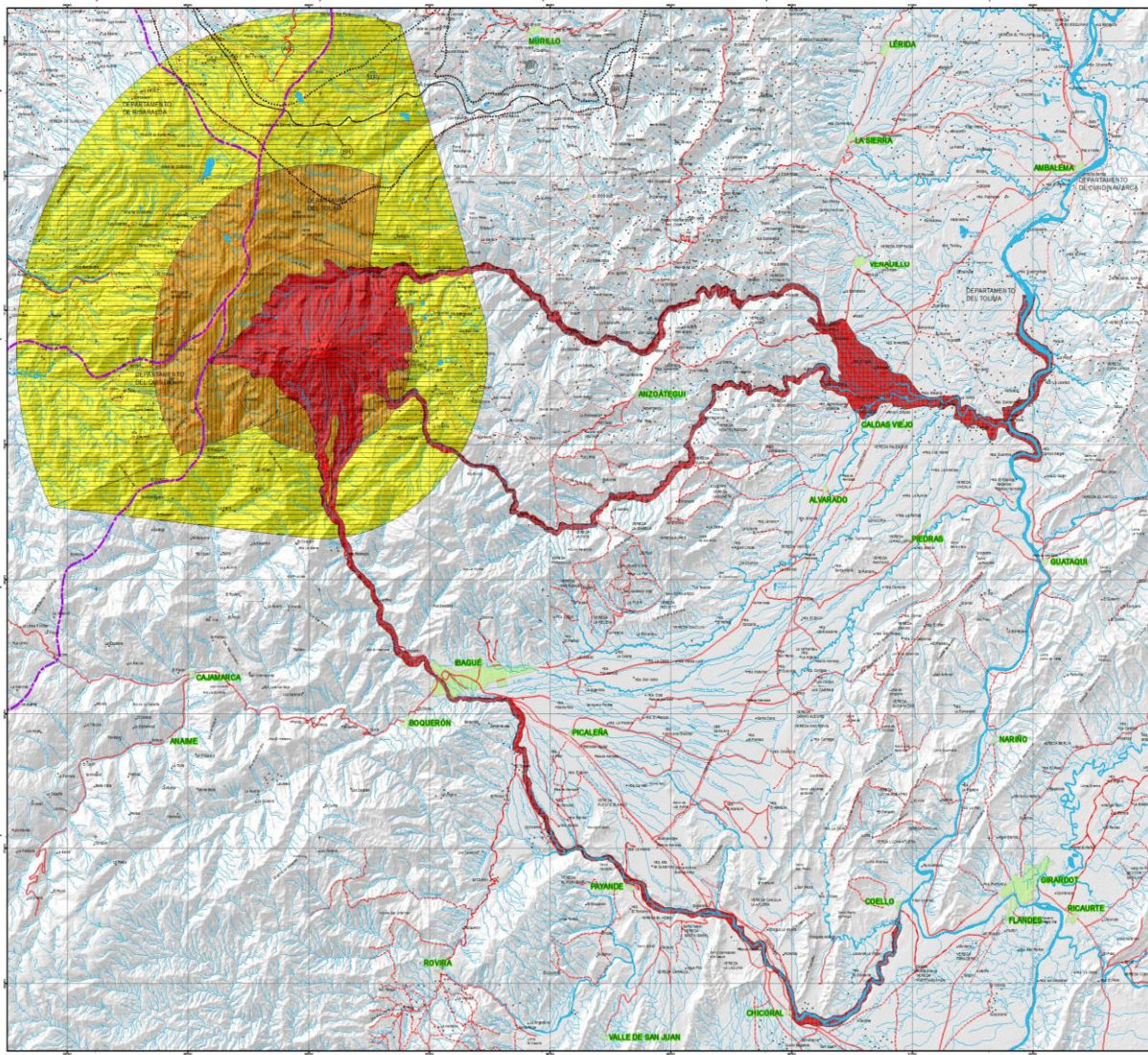
# Map Layout

## Main Map Panel



Nevado del Tolima, Colombia  
(Cepeda & Murcia, 2007)

MAPA PRELIMINAR DE AMENAZA VOLCÁNICA POTENCIAL DEL NEVADO DEL TOLIMA



**LEYENDA**

	Alto potencial		Alto potencial (zona de alta amenaza)
	Medio potencial		Medio potencial (zona de media amenaza)
	Bajo potencial		Bajo potencial (zona de baja amenaza)

**CONVENCIÓNES**

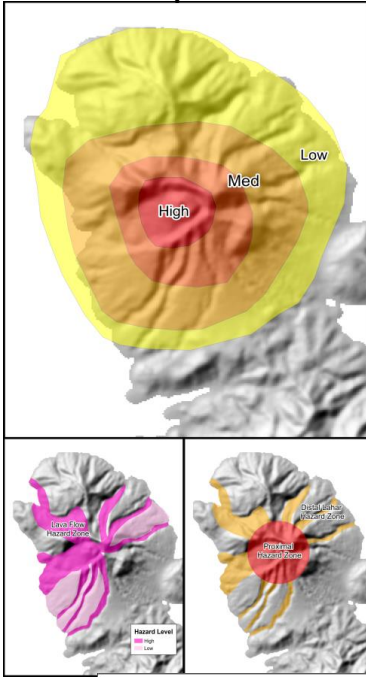
- Acomodación
- Centro de zona
- Zona turística
- Zona departamental
- Caserío
- Carretera pavimentada
- Carretera
- Camión
- Ferrocarril
- Camión
- Rincón

**Mapa de Colombia**

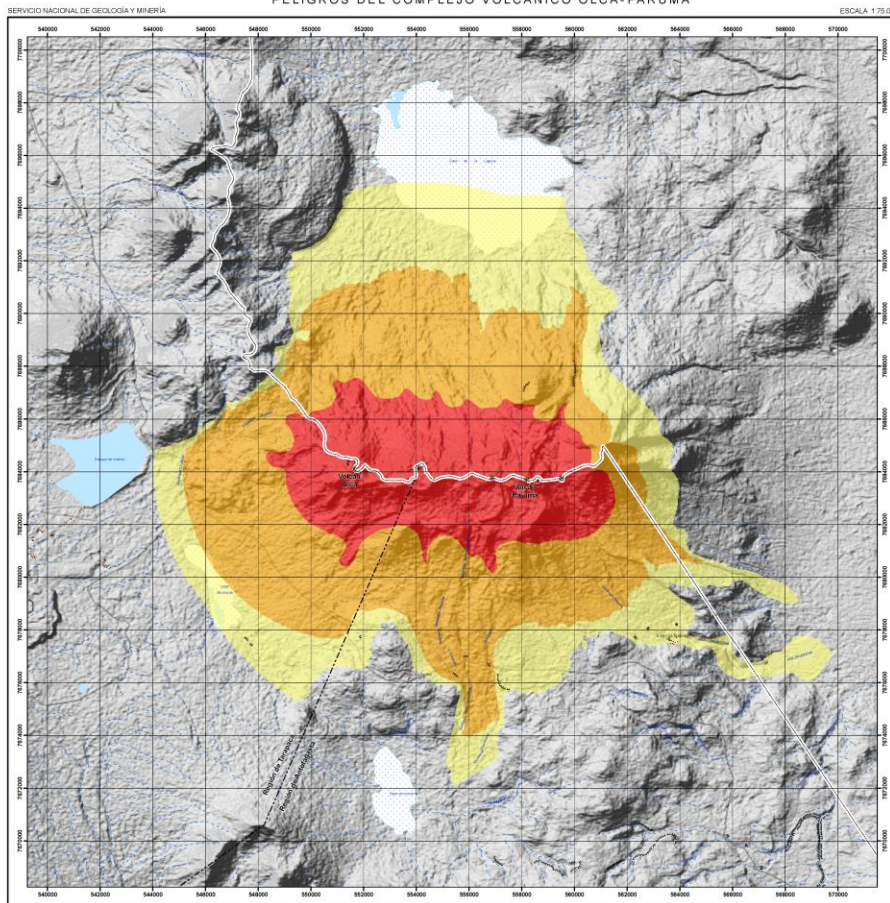
**REPUBLICA DE COLOMBIA**  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
Instituto Colombiano de Geología y Minería  
ENGEOMINAS  
Subdirección de Información Geológica Minera  
ATLAS VOLCÁNICO VERSIÓN 2007.  
MAPA PRELIMINAR DE AMENAZA VOLCÁNICA POTENCIAL DEL NEVADO DEL TOLIMA  
Por: Silvio Cepeda y Armando Murcia  
BOGOTÁ - 190000  
© 2007

# Map Layout

## Main Map with Insets



PELIGROS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO OLCA-PARUMA



Mentolat, Chile  
(Kraus, 2012)

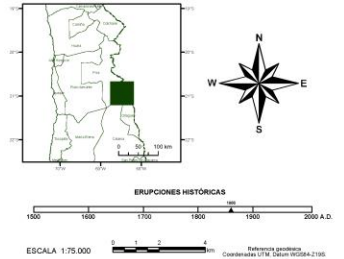
### LEYENDA

- Alto Peligro:** Representa el sector más susceptible de ser afectado por procesos eruptivos en el entorno inmediato del edificio volcánico, independientemente de la magnitud eruptiva. Corresponde al flanco superior del edificio volcánico y a un área limitada en torno a los principales cursos fluviales. Engloba la totalidad de las lavas emitidas en la etapa temprana del volcán, proyecciones ballistics de alcance máximo 3 km, depósitos de flujos piroclásticos de limitada extensión y lavas de pequeño volumen.
  - Medio Peligro:** Representa el sector más susceptible de ser afectado por procesos eruptivos derivados de erupciones de mediana a alta magnitud en el edificio principal. Corresponde al flanco inferior del edificio volcánico y a un área limitada en torno a los principales cursos fluviales. Incluye la totalidad de las lavas emitidas en la etapa temprana del volcán; flujos piroclásticos de mediana extensión, gran parte de posibles depósitos de avalancha volcánica y lavas de mediana volumen.
  - Bajo Peligro:** Representa el sector más susceptible de ser afectado por procesos eruptivos derivados de erupciones de magnitud alta en el edificio principal. Corresponde a las regiones más internas del edificio volcánico y a un área limitada en torno a los principales cursos fluviales. Incluye la totalidad de los posibles depósitos de avalancha volcánica; flujos piroclásticos de gran extensión y lavas de gran volumen con su respectiva fase distal.
- Centro de emisión
  - Edificación
  - Camino sin pavimentar
  - - - - Cuadrada
  - Límite internacional
  - Límite regional
  - Escarpe
  - Lago o cuerpo de agua
  - Salar
- Número de habitantes zona alto peligro: 0 hab. (INEC, 2002)  
 Número de habitantes zona medio peligro: 0 hab. (INEC, 2002)  
 Número de habitantes zona bajo peligro: 10 hab. (INEC, 2002)

### NOTA IMPORTANTE

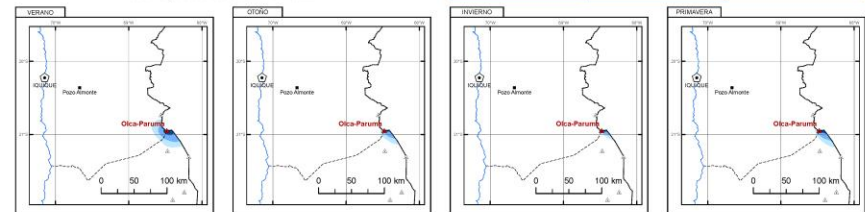
Este documento forma parte de una serie especial de mapas de peligro volcánico cuya finalidad es proveer información estadística de carácter orientativo para su uso en situaciones de crisis. La zonificación presentada es el resultado integrado de un análisis cuantitativo que considera múltiples escenarios eruptivos escogidos de acuerdo a los antecedentes geológicos de este centro volcánico y constituye una aproximación de primer orden que, necesariamente, debe actualizarse en las condiciones concretas del proceso eruptivo. Por su propia naturaleza, esta información no puede ser usada como herramienta para la toma de decisiones en materia de ordenamiento territorial o evaluación ambiental. Este documento no ha sido sometido a los mecanismos formales de edición del Servicio Nacional de Geología y Minería.

### CUADRO DE UBICACIÓN



ZONAS SUSCEPTIBLES DE RECIBIR MATERIAL PIROCLÁSTICO EN SUPERFICIE  
 Probabilidad de acumular 1 cm o más por estaciones, para un escenario eruptivo  
 IEV = 2 y altura de columna = 10 km

PROBABILIDAD ALTA	PROBABILIDAD MEDIA	PROBABILIDAD BAJA
≥ 50%	25 - 50%	12,5 - 25%



**MAPA PRELIMINAR DE PELIGROS DEL COMPLEJO VOLCÁNICO OLCA-PARUMA**

Gebral Orrego, L.  
Daniel Beten, U.

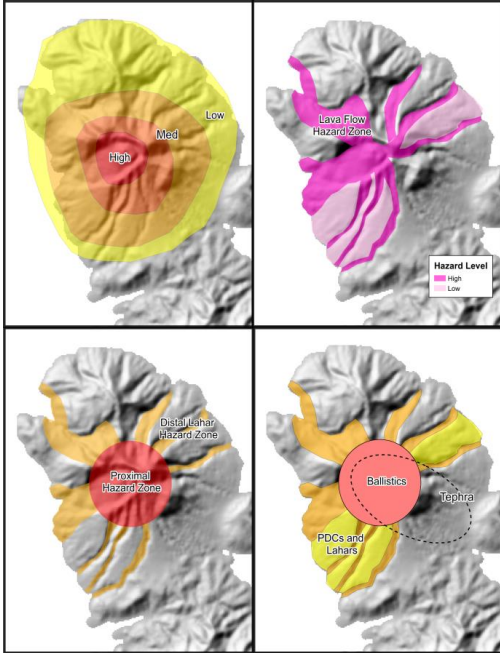
ESCALA 1:75.000

INFORME INÉDITO  
PROGRAMA DE RIESGO VOLCÁNICO  
SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA

2013

# Map Layout

## Series of Small Panels



Popocatépetl, Mexico  
Martin Del Pozzo et al., (2016)

## MAPAS DE PELIGROS DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Grupo de trabajo para la actualización de los mapas de peligros del volcán Popocatépetl

El objetivo de los mapas de peligros del volcán Popocatépetl, "Como que fueran" en futuro, es servir de fundamento al manejo de crisis volcánicas. Además, permiten la elaboración de planes de emergencia y son un herramienta útil en la educación e información volcánica, así como en la planificación del uso del suelo.

Los nuevos mapas de peligros del volcán Popocatépetl, se elaboraron a partir de la reconstrucción de la historia geológica del volcán. A través de trabajo de campo y revisión de archivos históricos se reconstruyeron los estilos eruptivos, secuencia y extensión de las erupciones en tiempos geológicos e históricos en el volcán Popocatépetl. Con esta información se proyectaron escenarios de peligro a través de múltiples simulaciones por computadora basadas en la magnitud de las erupciones y la probabilidad de ocurrencia. Las erupciones pequeñas con columnas eruptivas menores a 10km (poco) ocurren con mayor frecuencia y representan el escenario de mayor probabilidad, mientras que las erupciones medianas con columnas eruptivas entre 12 y 20km de altura generan un menor frecuencia aunque más grandes y representan el escenario de probabilidad intermedia. Las erupciones grandes con columnas eruptivas mayores a 20km (summital) tienen una mayor probabilidad de ocurrencia pero son altamente destructivas.

### Caída de ceniza

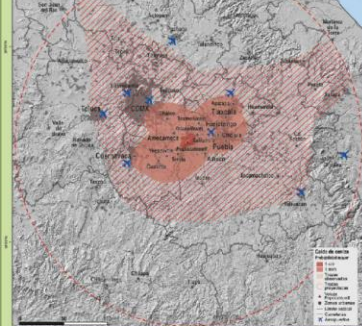
Las cenizas volcánicas son partículas de roca y minerales menores a 2mm, como el grosor de la punta de un lápiz, que se generan en las erupciones explosivas. Las erupciones de cenizas han sido frecuentes en la historia del volcán Popocatépetl como lo refiere su nombre que significa "Como que fueran".

Las partículas de ceniza son transportadas por los vientos y crean a diferentes distancias del cráter en función de su tamaño y peso. De mayor a menor tamaño las cenizas hacen a más, mientras que de menor a más tamaño hacen a más. Sin embargo, las cenizas pueden presentar otras distancias, sobre todo en frentes transitorios como raras y volutas.

El espesor de los depósitos de cenizas y el área afectada dependerán de la magnitud de la erupción, así como de la dirección y velocidad del viento.

La ceniza suspendida en el aire puede afectar las vías respiratorias y reducir la visibilidad causando serios problemas de transporte terrestre y aéreo, así como a la comunicación inalámbrica y transmisión eléctrica causando cortos circuitos. Su acumulación en calles y carreteras dificulta la tracción de las llantas. La ceniza también puede obstruir sistemas de drenaje e alcantarillado, causar fugas de agua y causar daños a las cultivos agrícolas y a la ganadería. En grandes cantidades pueden provocar el colapso de techos, especialmente en está hormado.

Los mapas de peligro por caída de cenizas muestran tres escenarios correspondientes a erupciones de diferente magnitud que se basaron en observaciones de campo y mediciones por computadora, integrando los datos de viento.



El escenario más probable (mapa en rojo), corresponde a las erupciones más frecuentes con columnas de cenizas que alcanzan a 10km de altura. Los diferentes tonos en rojo muestran las áreas que pueden ser afectadas por caída de cenizas con espesores de 1cm, 1cm y hasta (menores a 1cm).

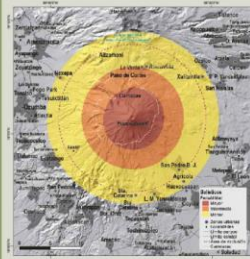


El escenario de probabilidad intermedia (mapa en naranja) muestra zonas en las que se puede depositar cenizas de erupciones con columnas que alcanzan entre 10 y 20km. Los diferentes tonos en naranja indican áreas con caída potencial de cenizas con espesores de 10cm, 1cm y hasta.



El escenario menos probable (mapa en amarillo) muestra las zonas en las que cae cenizas en caso de una erupción de gran magnitud con columnas que alcanzan a 20km de altura. Los diferentes tonos en amarillo indican áreas con probabilidad de caída de cenizas con espesores de 10cm, 1cm y hasta. Las líneas verdes indican una distribución mayor.

### Ballísticos

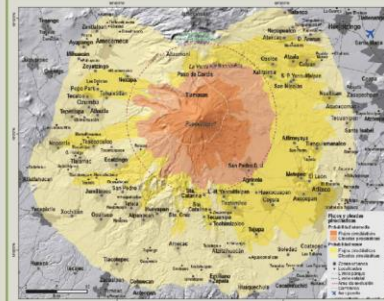


Los proyectiles ballísticos son fragmentos de roca de tamaños superiores a 64mm, expulsados durante erupciones volcánicas a velocidades de decenas a centenares de metros por segundo. Aunque suelen ser menores a 50cm, pueden llegar a medir algunos metros de diámetro. Sus trayectorias se ven poco afectadas por la distancia de la columna eruptiva.

Las velocidades de impacto son desde 300 hasta 500km/hora. Esto implica que las personas pueden sobrevivir a la caída de proyectiles pequeños (menores que 20cm) en refugios especiales, pero no de ballísticos grandes ya que estos pueden perforar construcciones habitadas (por ejemplo, un balístico de 30cm de diámetro que con una velocidad de 500km/hora tiene una energía de impacto igual a la de un coche de un tamaño de una tonelada moviéndose a 100km/hora). Estos peligros fueron considerados cuando se estableció la zona de evaluación de 13km desde el cráter.

Algunas proyecciones consisten en altas temperaturas al caer sobre las personas y producen incendios. Las pequeñas erupciones, que son de mayor probabilidad de ocurrencia, producen cenizas que caen sobre las montañas. Los ballísticos grandes que alcanzan distancias de hasta 1km alrededor del cráter (más en rojo) en caso de erupciones de moderada magnitud causan una gran cantidad de daños. Los ballísticos grandes que caen a una velocidad de 500km/hora tienen una energía de impacto igual a la de un coche de un tamaño de una tonelada moviéndose a 100km/hora. Estos peligros fueron considerados cuando se estableció la zona de evaluación de 13km desde el cráter.

### Flujos y oleadas piroclásticas



Los flujos piroclásticos son masas turbulentas de material volcánico y gas que se mueven por las laderas de un volcán a velocidades de 100-400km/hora y temperaturas de hasta 700°C. Pueden generarse por el colapso de una columna eruptiva, normalmente mayor a 10km de altura, por la extrusión continua de material fragmentado directamente desde el cono del volcán, por el colapso de un tipo de cenizas que caen desde el cráter, y por el colapso de un frente de lava moviéndose sobre las laderas del volcán. Una oleada piroclástica se mueve con mayor velocidad y puede contener más gases que partículas, es capaz de resaca terrenos topográficos.

Antes pueden causar grandes daños a la infraestructura y provocar la muerte de personas y animales a su paso. En erupciones de pequeña magnitud es poco probable que ocurra este fenómeno, porque las columnas eruptivas menores a 10km no tienen la suficiente energía para generar oleadas piroclásticas de gran magnitud. En erupciones de moderada magnitud (mapa en naranja), se pueden generar flujos y oleadas piroclásticas de hasta 12km de longitud (más en amarillo), mientras que en erupciones de gran magnitud (mapa en rojo) se pueden generar oleadas piroclásticas de hasta 20km de longitud (más en amarillo). Las zonas susceptibles a ser afectadas por oleadas piroclásticas tienen un mayor alcance, con una distribución limitada hacia el norte debido a la presencia del volcán Iztaccihuatl que actúa como barrera topográfica.

### Lahares



Los lahares son corrientes de lodo y escombros volcánicos que descienden por las laderas de un volcán hasta depositarse e inundar zonas bajas. La lava contiene material volcánico suelto (cristales fragmentados) expulsado durante una erupción explosiva o erupciones previas, que se acumula en las laderas del volcán. La incorporación de agua de lluvia, deshielo o erupción de agua de fumar, aumenta el peso de este material, forma una masa inestable en pendientes pronunciadas que empieza a moverse y genera un flujo que al avanzar va fragmentando material. Los Lahares Intermedios, después de haber acumulado 10-20 cm, pueden generar lahares. En caso de lavas moderadas pero de larga duración, pueden generar lahares después de 2 o 3 horas de actividad.

Los lahares fluyen por los cauces de las áreas altas en su ruta hacia las zonas bajas que pueden durar varias horas y su avance depende del volumen del material movilizado, de la cantidad de agua que se incorpora a la mezcla de lava, deshielo o erupción y de la topografía del terreno.

Los lahares pueden presentarse incluso en volcánes inactivos durante la ocurrencia de lavas estrombolianas y son recurrentes de períodos de años de calma volcánica.

En el volcán Popocatépetl los lahares de alta energía (mapa en rojo) con mayor probabilidad de ocurrencia pueden alcanzar hasta 10km (más en rojo), con velocidades de avance de 10km/h.

Los lahares de volumen mediano y probabilidad de ocurrencia intermedia pueden alcanzar de hasta 30km (más en naranja), son espesores de 17cm en las laderas más pronunciadas. Los lahares asociados a grandes erupciones que generan oleadas piroclásticas de gran magnitud (mapa en rojo) pueden alcanzar hasta 20km en las laderas más pronunciadas y 2-4 km en las laderas más suaves.

Se pueden formar lahares en las erupciones grandes del volcán Popocatépetl por la acumulación de cenizas en las laderas de los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl, así como en las erupciones intermedias y causas hasta las partes bajas.

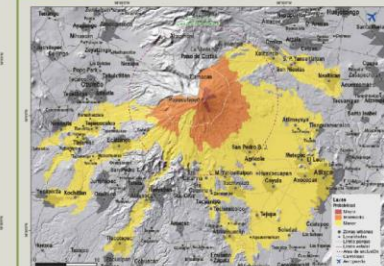
### Avalanchas



Partes del volcán Popocatépetl se pueden romper causando colapsos laterales y el desplazamiento de material de un sector de su edificio. Como resultado del derrumbe, se producen enormes avalanchas de roca con volúmenes de hasta 10km<sup>3</sup> que llegan a velocidades cercanas a 100km/hora, destruyen y sepultan todo lo que encuentran a su paso, destruyen la topografía y provocando cambios considerable en la red hidrográfica.

Este fenómeno de gran magnitud ocurre en el escenario de menor probabilidad. En erupciones de gran magnitud ocurren en el escenario de menor probabilidad. En erupciones de gran magnitud ocurren en el escenario de menor probabilidad. En erupciones de gran magnitud ocurren en el escenario de menor probabilidad. En erupciones de gran magnitud ocurren en el escenario de menor probabilidad.

### Lavas



La lava es masa de roca fundida con temperaturas entre 800 y 1200°C. Los derrames de lava pueden generar daños en viviendas, infraestructura y vías de comunicación. Por sus altas temperaturas provocan incendios en pasturas y bosques.

En el Popocatépetl la lava forma domos que pueden llevar el cráter. En este caso, la lava podría adelantar sus frentes más lejos y formar derrames de lava que descompartimentarían por las laderas del volcán Popocatépetl hacia las zonas más bajas generando lavas de hasta 10km de longitud (más en rojo). Si avanzara estas lavas hasta a suerte más allá de las laderas más altas, se generarían lavas de hasta 20km de longitud (más en rojo). Los frentes de las lavas volutas generan oleadas piroclásticas cuando avanzan sobre pendientes pronunciadas. En caso de avanzar un mayor volumen de lava, en un escenario de probabilidad intermedia, se generarían derrames de lavas de hasta 10km de longitud (más en naranja). El área susceptible a inundarse por estos derrames abarca toda la parte alta del cono en las secciones norte, este y sur (más en naranja). También podrían producirse derrames de lava de estas dimensiones desde lavas que avanzan lentamente en dirección transvolcánica. El escenario de menor probabilidad de ocurrencia por un mayor flujo de lava se genera de la zona de gran actividad que se dirige por las laderas de volutas topográficas en los frentes volutas situados alrededor de la zona de gran actividad que se dirige por las laderas de volutas topográficas en los frentes volutas situados alrededor de la zona de gran actividad que se dirige por las laderas de volutas topográficas.

<b>Map element</b>	<b>Description</b>
action	The map describes what to do during unrest or eruption
alert level scheme	The alert level scheme for the volcano is described
area map	An area map is included that shows the regional context
audience and/or purpose	The intended audience or purpose is described
cartographic legend	A legend is provided for cartographic symbols (e.g. roads, lakes)
color scheme order	Color scheme is in order (e.g. red = high hazard)
conditional validity	The conditions under which the map is valid are described (e.g. VEI < 5, central vent eruptions)
coordinates	Geographic coordinates are shown
eruptive history	The eruptive history of the volcano is described
evacuation route	Evacuation routes are visually depicted on the map
expiration	The conditions that will trigger map revision are described (e.g. summit changes, a time limit, new information)
glossary of terms	Geological terms are defined in a glossary section
hazard details	Hazard processes are defined or described
hazard travel time	Hazard process arrival times or velocities are depicted or described
hazard zone description	Hazard zones have accompanying descriptions beyond labels
hazard zone legend	A legend is provided for the hazard zones
impact details	Impact details (e.g. roof collapse, crop damage) are described
impact locations	Specific towns or drainages are named or listed
insets	Insets containing non-map information are included
methods	Hazard zonation methods are described in the text
more information source	Sources for additional information are given
north arrow	A north arrow is included
oblique image included	Oblique (3D) inset images of the terrain or hazard zones are shown
other volcanoes	Hazard zones from nearby volcanoes are also shown on the map
past deposits	Deposits from previous eruptions are shown visually
person hours	The amount of time required to make the map is stated
photos	Photos of the volcano, deposits, impacts, etc. are shown
population information	Population information (e.g. numbers of inhabitants in towns or hazard zones) is depicted or described
references	Reference literature is cited
safe areas	Safe areas, including shelters or muster points, are depicted
scale bar	A scale bar is included
version number	Version numbers or a revision history is provided
wind rose diagram	A wind rose diagram of either wind directions or tephra dispersal directions is provided

# Scenario Types

- no specific scenario/all scenarios
- most-likely
- worst-case
- specific past eruptions
- analog volcanoes
- sizes of eruptions or of hazard processes
- styles of eruption or of hazard processes
- many thousands of scenario combinations (probabilistic)
- specific or current conditions
- possible location or direction
- season during which an eruption might occur
- composition of a future eruption

Many maps may use a combination of different scenario types or may use different scenarios for different zones.