

GOBIERNO DE MÉXICO



FENÓMENOS GEOLÓGICOS: VOLCANES Y DESLIZAMIENTO DE LADERAS

**Estructura Interna de la Tierra, Tipos de Volcanes y
Tipos de Erupciones**

M. C. Gema Victoria Caballero Jiménez

CIUDAD DE MÉXICO A 15 DE OCTUBRE DE 2020



Contenido

Introducción

- Estructura Interna de la Tierra
- Tipos de límites de placas
- ¿Dónde y cómo se forman los volcanes?

Tipos de volcanes

- Volcán escudo
- Estratovolcán o volcán compuesto
- Caldera
- Campo volcánico monogenético

Tipos de erupciones

- Erupciones efusivas
- Erupciones explosivas

Peligros volcánicos y medidas de mitigación

- Fragmentos balísticos
- Gases volcánicos
- Derrames de lava
- Caída de cenizas
- Flujos de lodo o lahares
- Flujos piroclásticos
- Tsunamis

Monitoreo volcánico

- Monitoreo visual
- Monitoreo sísmico
- Monitoreo geoquímico de gases, manantiales y cenizas
- Monitoreo de deformación
- Monitoreo de lahares
- Sensores remotos

Introducción



GOBIERNO DE
MÉXICO

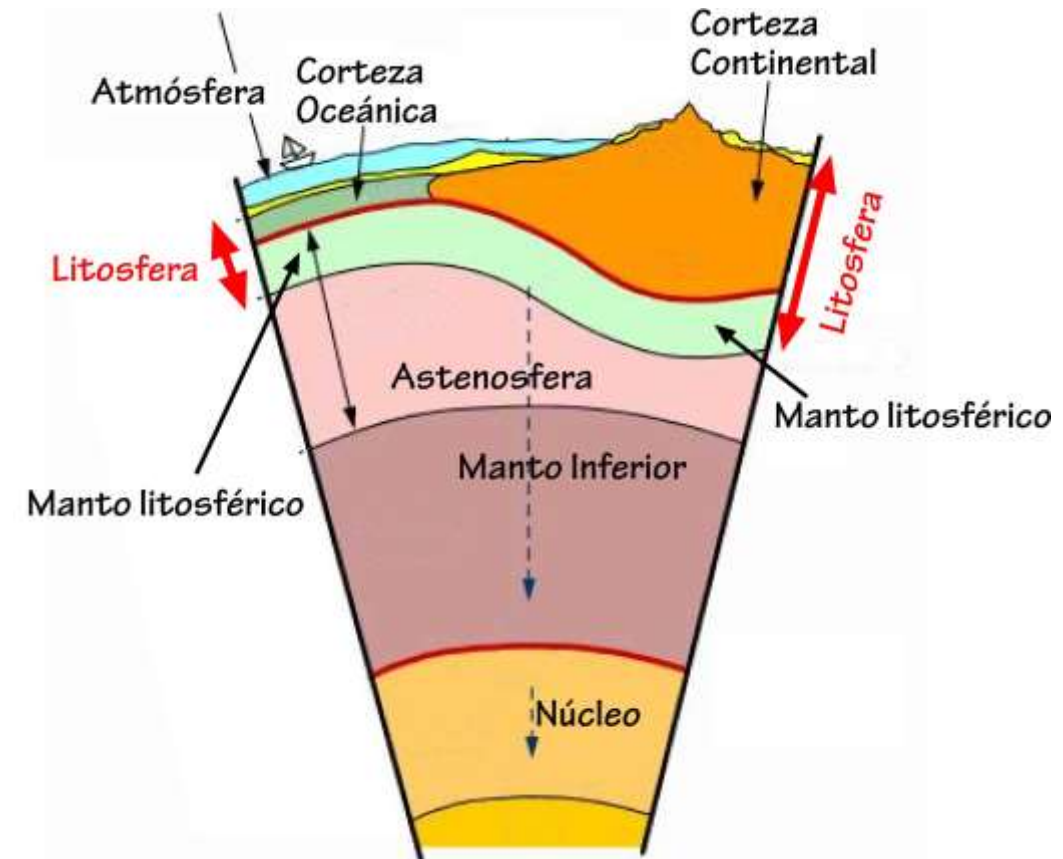
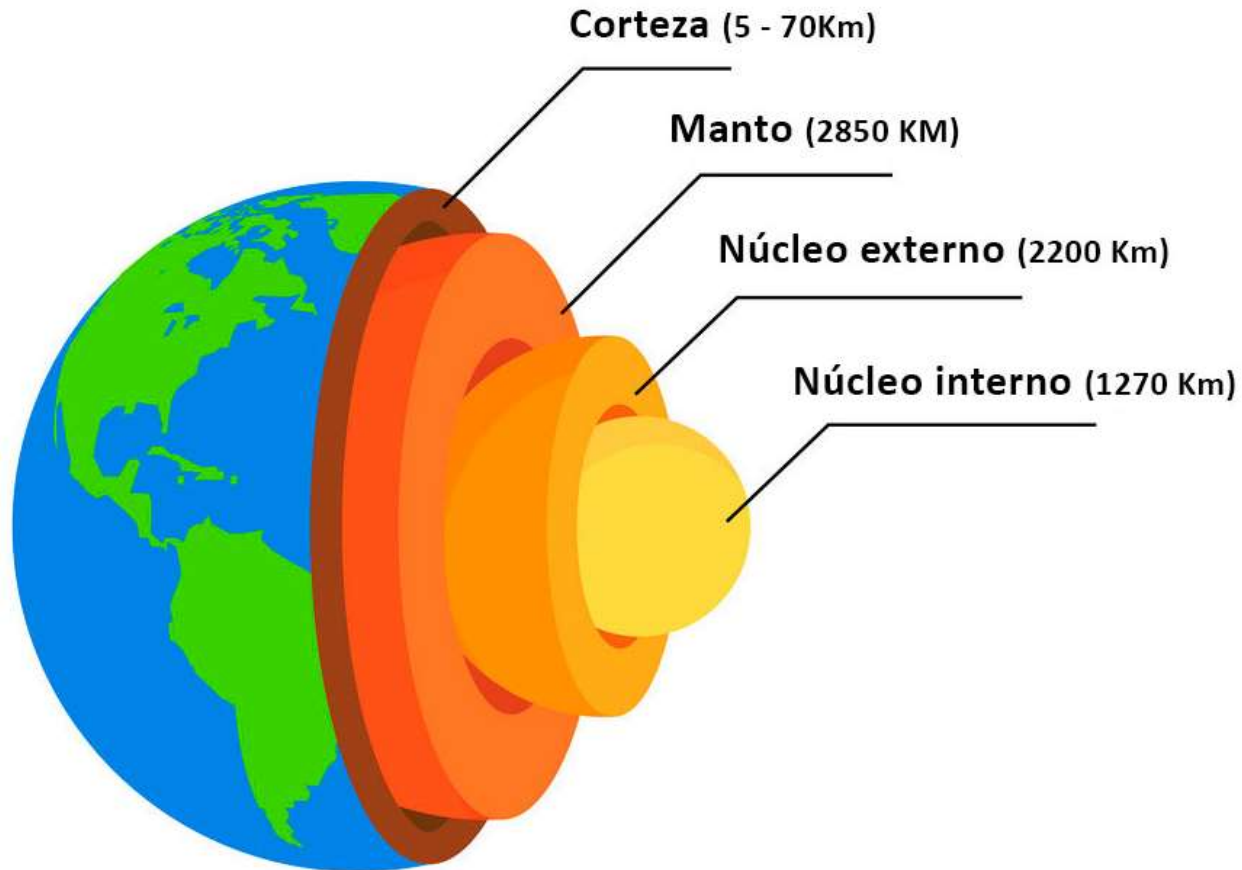
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Estructura interna de la Tierra

- Las principales capas que conforman la Tierra son tres: Corteza, Manto y Núcleo



Introducción



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



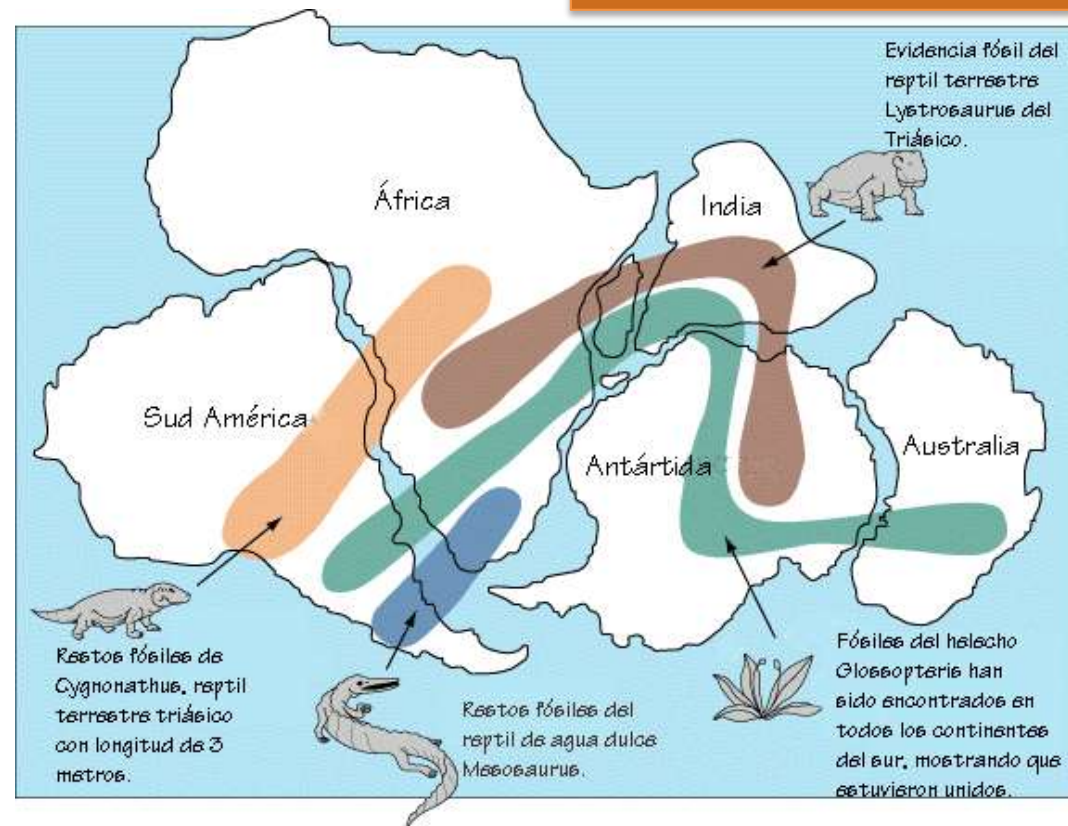
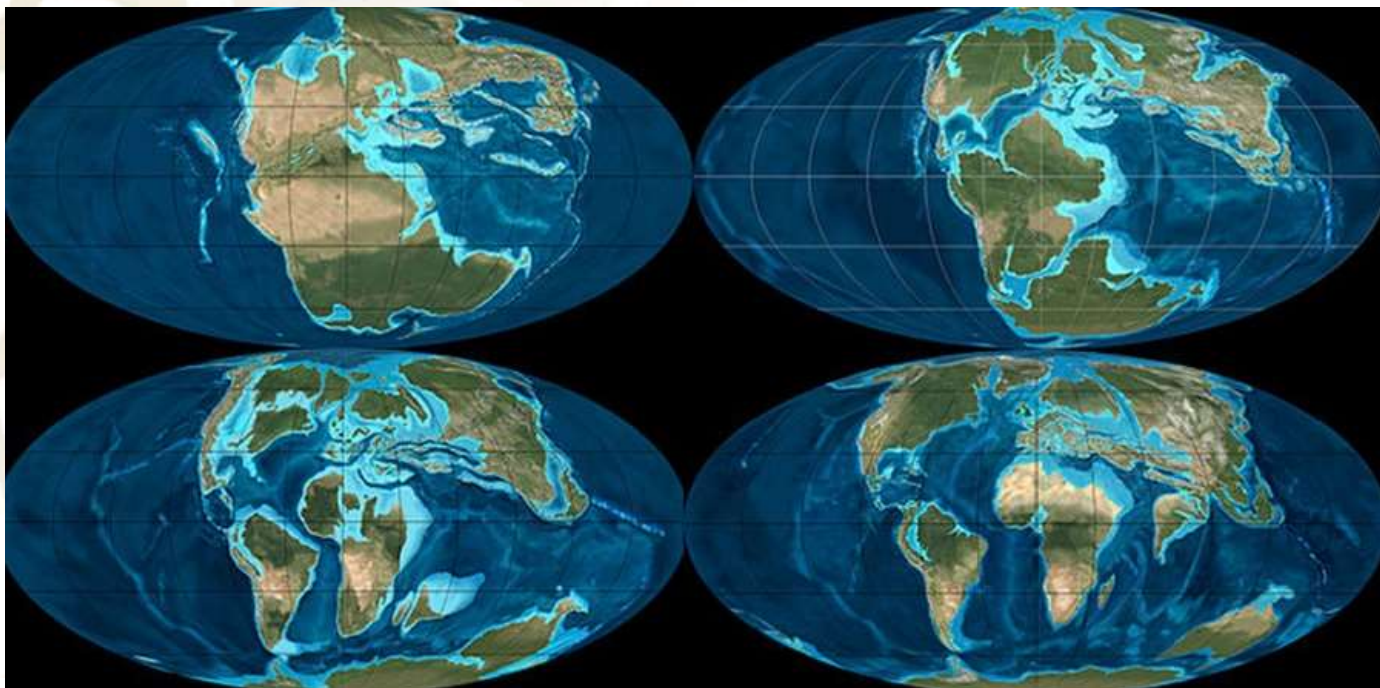
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Tectónica de Placas y límites de placa

Deriva Continental, expansión del piso oceánico y la tectónica de placas

Alfred Wegener (principios del siglo XX) → Pangea → Disgregación (inició 175 Ma)

Los continentes
en el pasado
geológico
estuvieron unidos
en un súper
continente



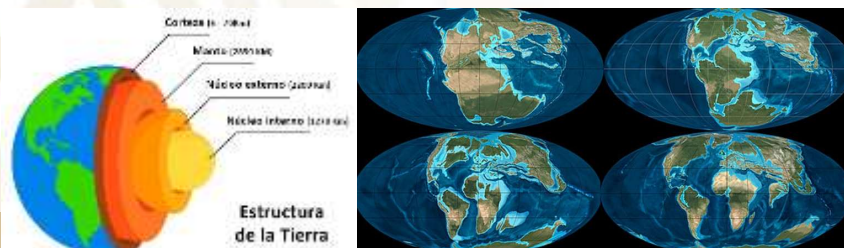
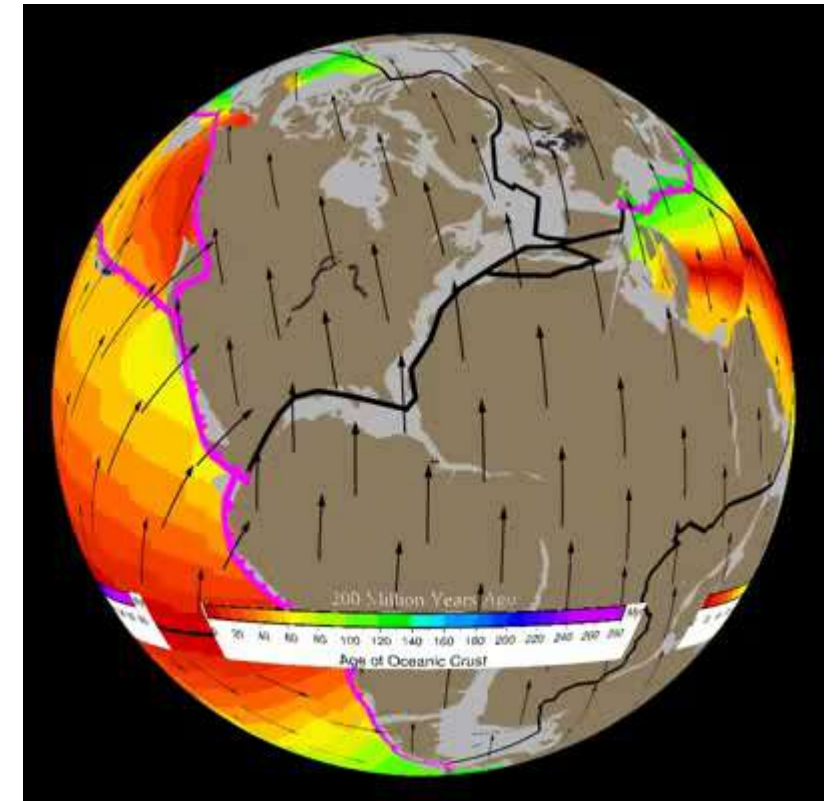
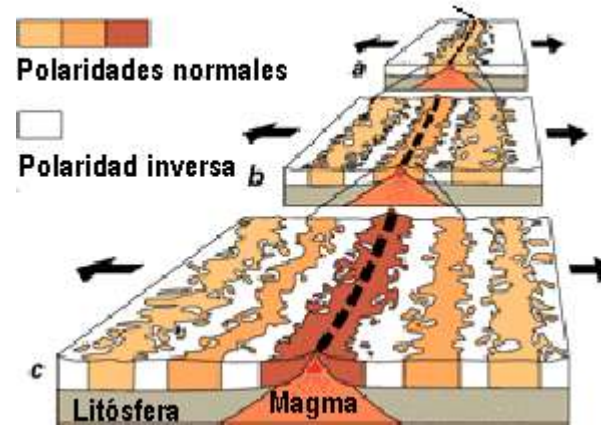
Pangea (toda la tierra)

Tectónica de Placas y límites de placa

Deriva Continental, **expansión del piso oceánico** y la tectónica de placas

Harry H. Hees (1962) → **Expansión del piso oceánico**

“A lo largo de las dorsales oceánicas sube material del manto y crea nuevos fondos oceánicos”



Introducción



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Tectónica de Placas y límites de placa

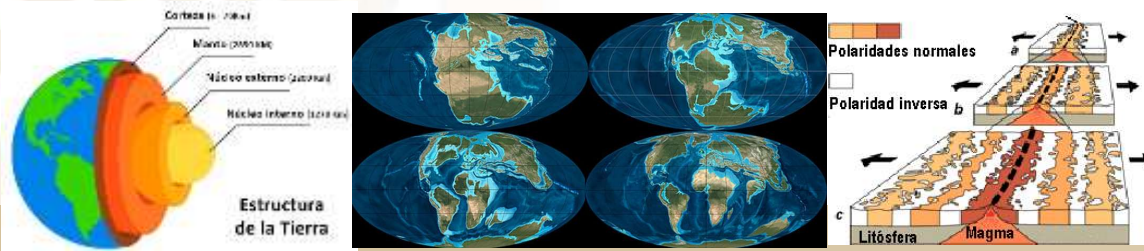
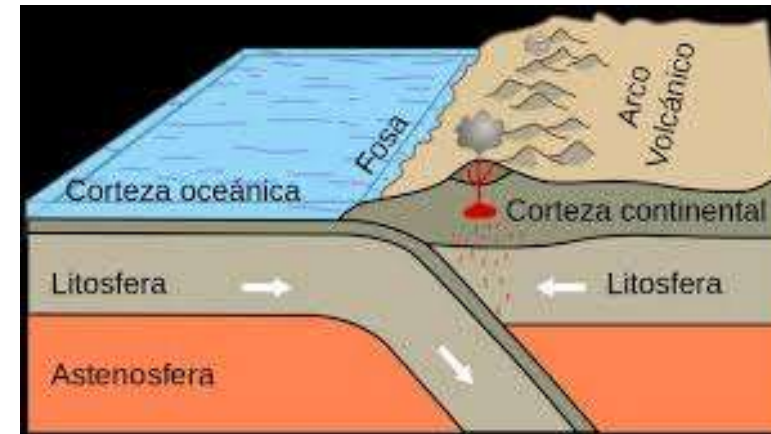
Deriva Continental, expansión del piso oceánico y **la tectónica de placas**



Teoría Unificadora: **Tectónica de placas**

Harry H. Hees (1962)

“La corteza se desplaza sobre el manto como consecuencia de la convección de éste”



Introducción



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

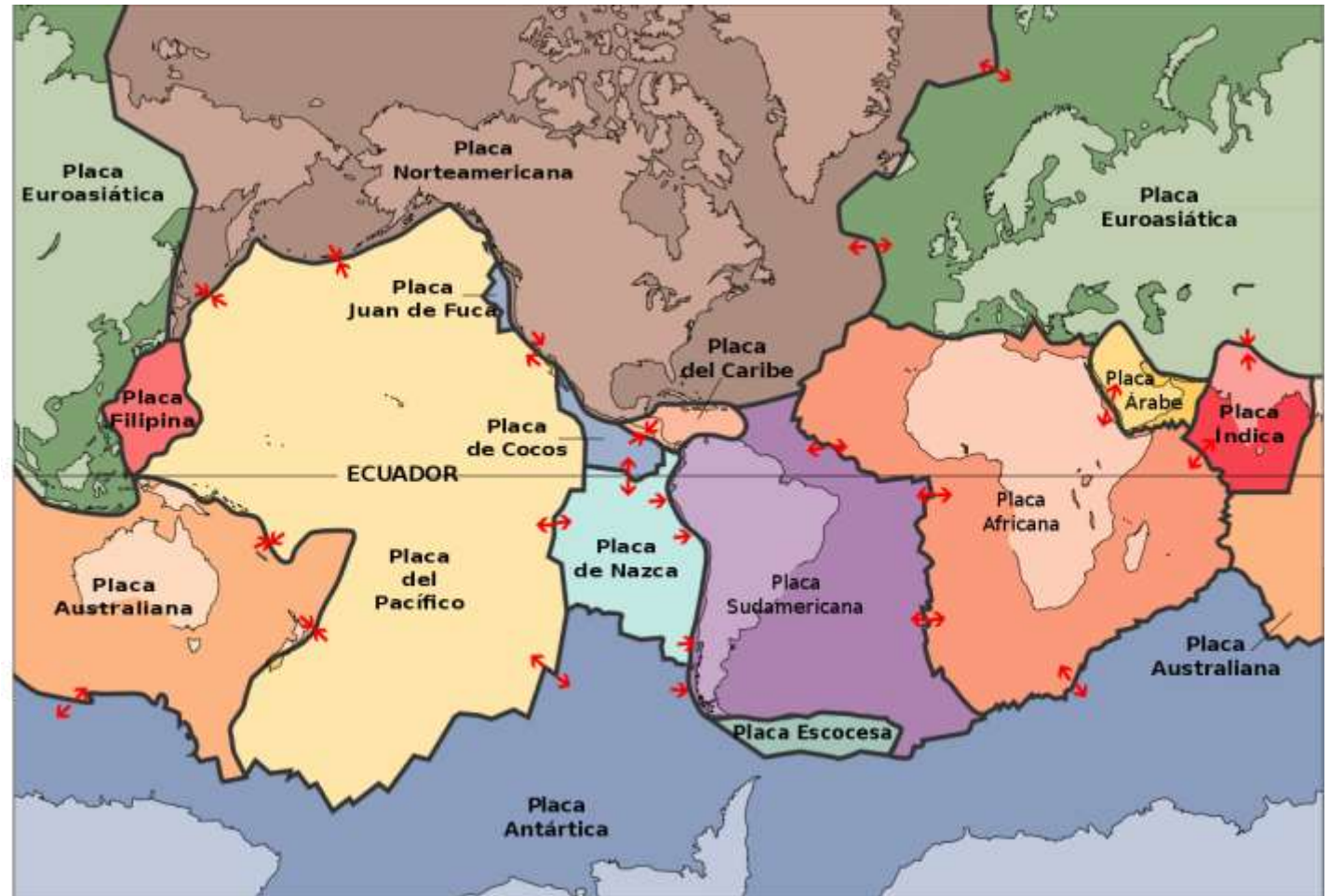
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Tectónica de Placas y límites de placa

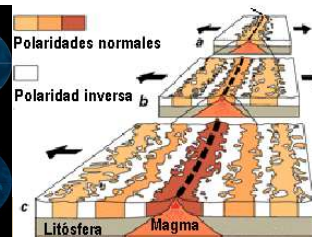
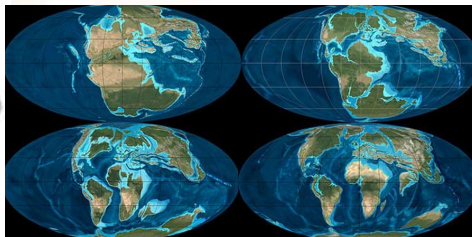
Harry H. Hees (1962)

“La corteza se desplaza sobre el manto como consecuencia de la convección de éste”

17 placas grandes



Estructura de la Tierra



Introducción



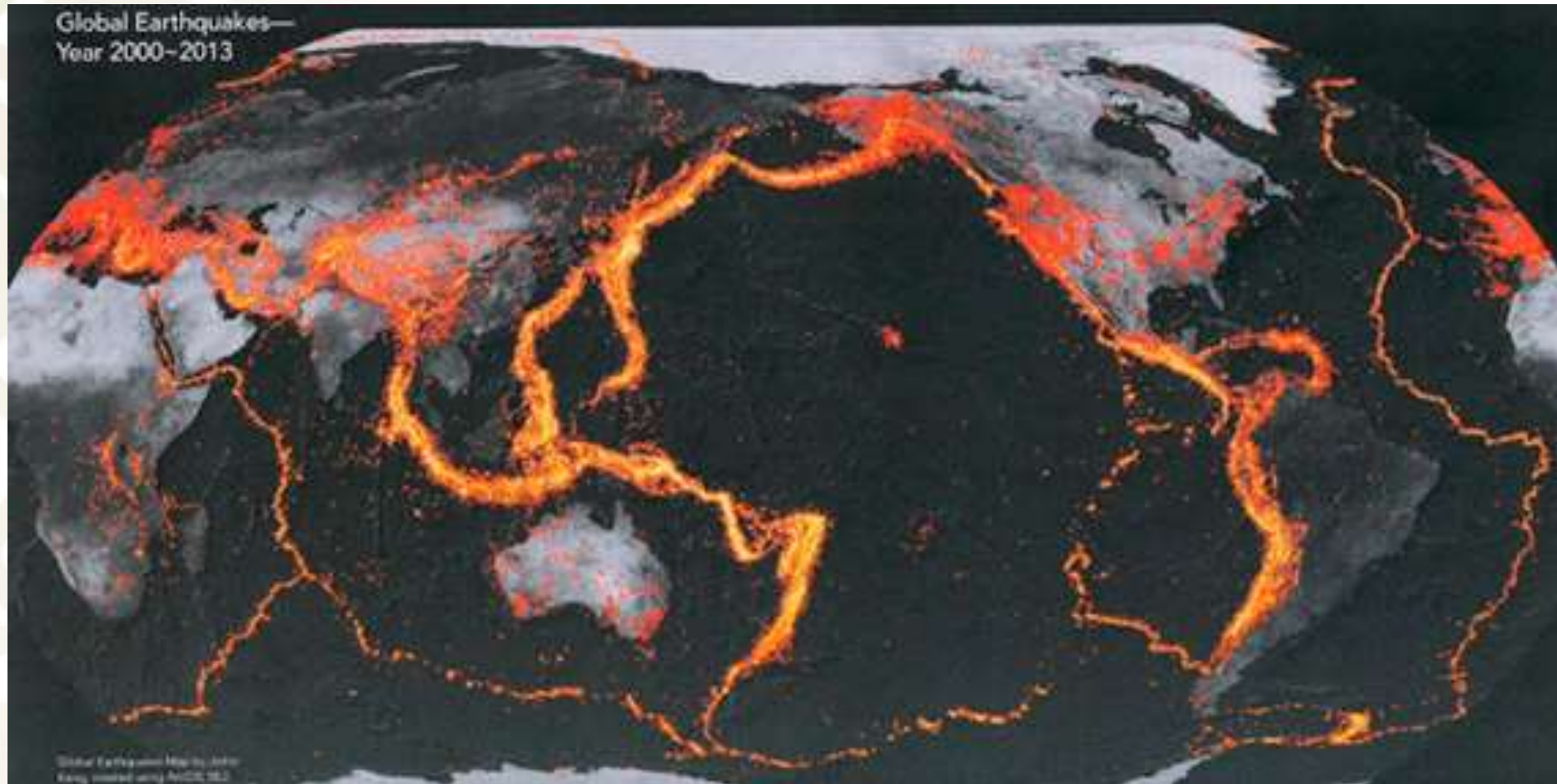
GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

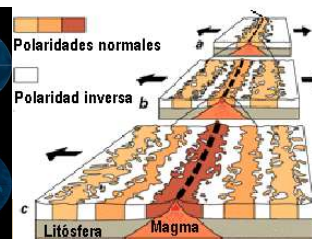
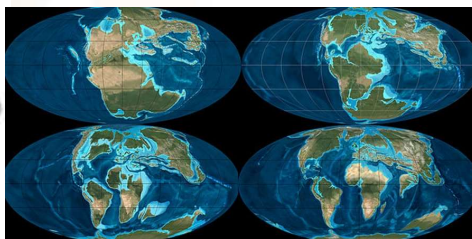
CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Tectónica de Placas y límites de placa



Estructura de la Tierra



Introducción



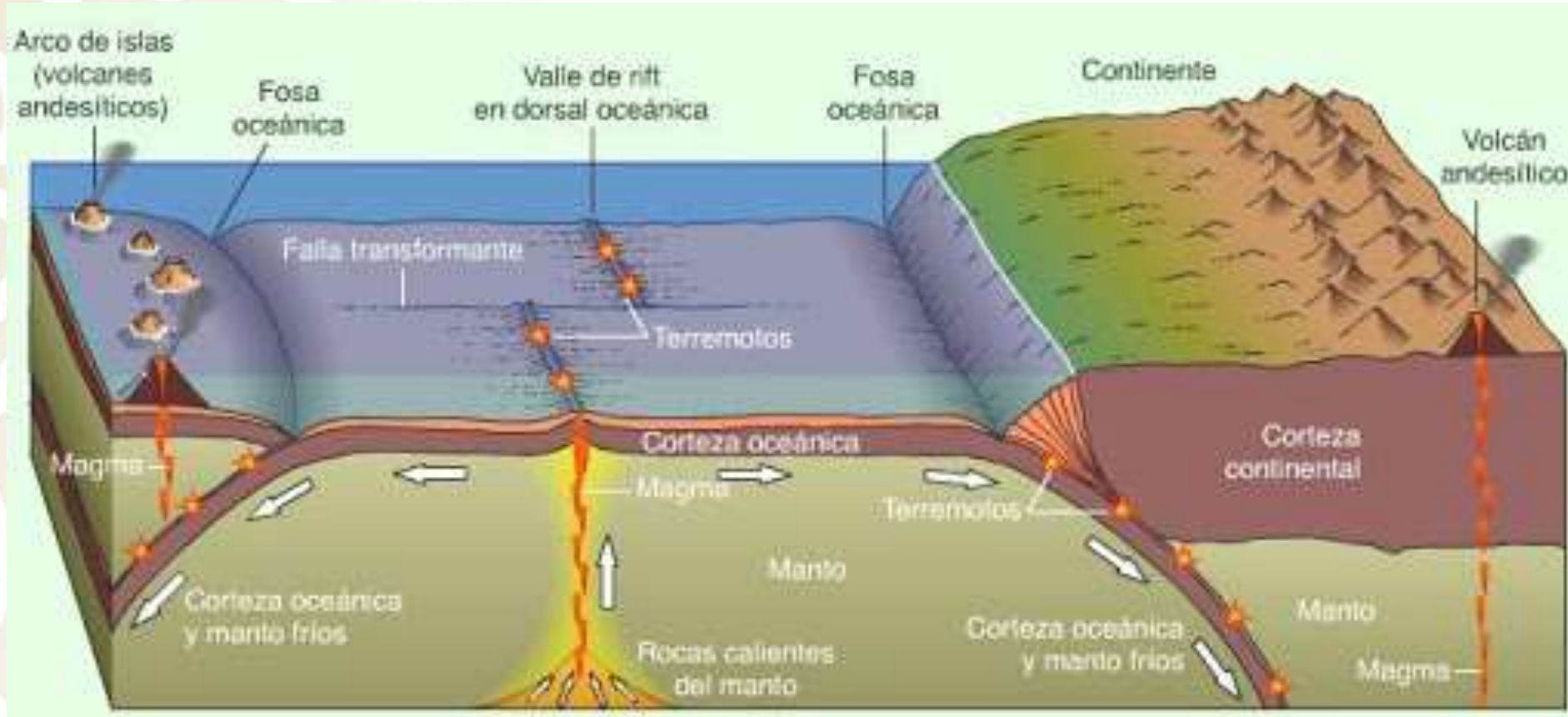
GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

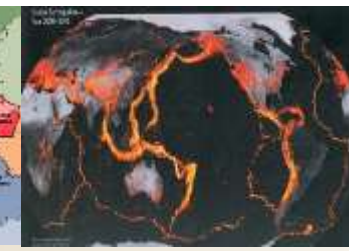
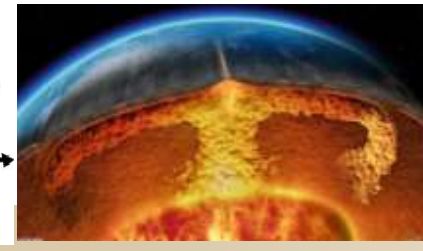
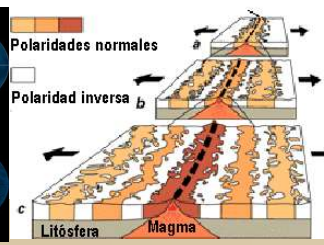
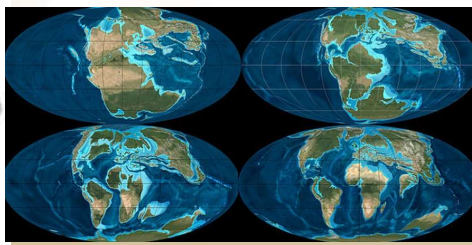
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Tectónica de Placas y límites de placa



Bordes de placa:

- **Convergente**
- **Divergente**
- **Transformante**



Introducción

Tectónica de Placas y límites de placa



GOBIERNO DE
MÉXICO

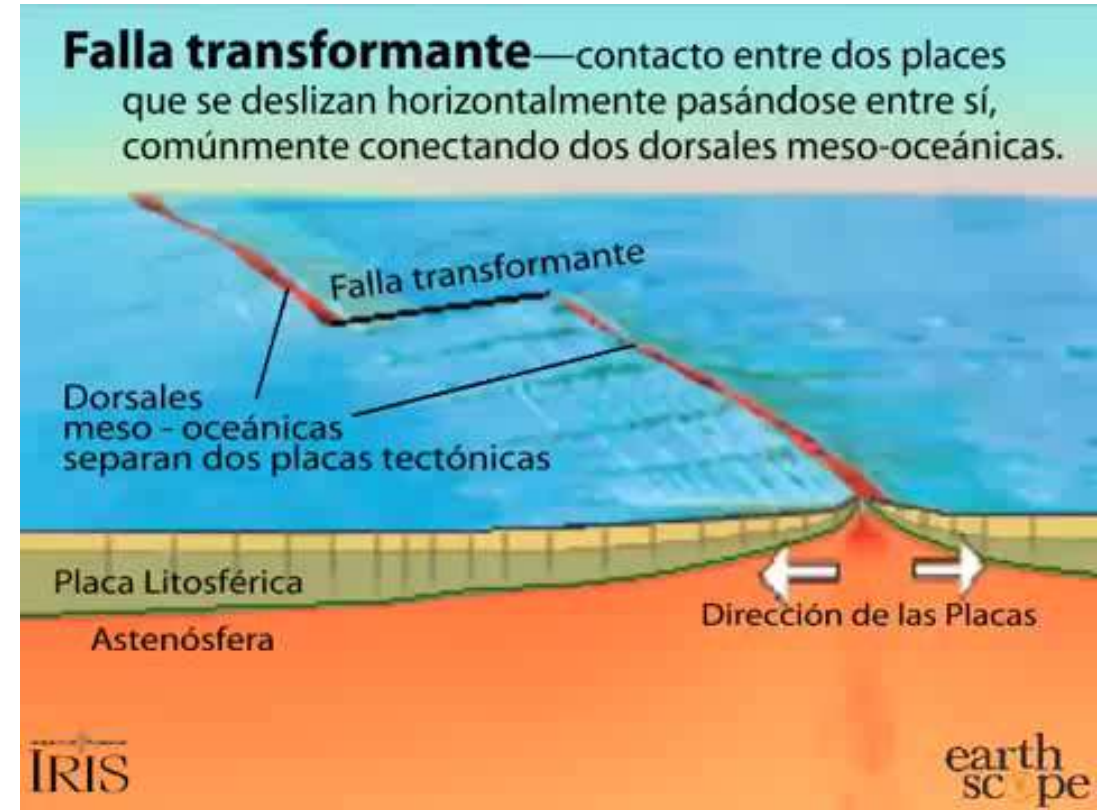
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

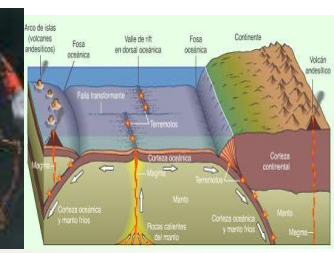
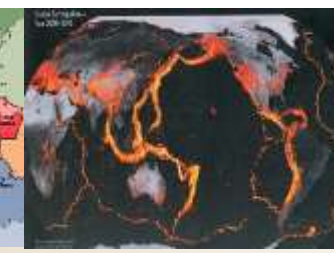
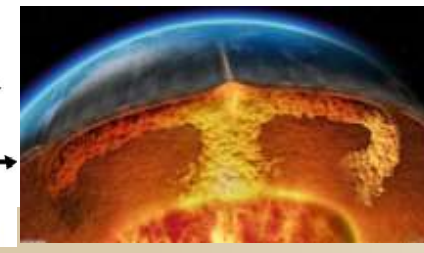
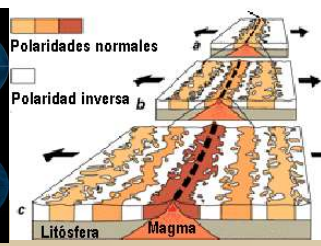
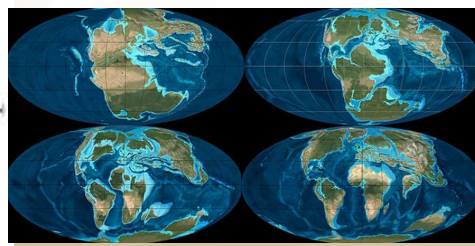
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Divergente



Transformante



Introducción

Tectónica de Placas y límites de placa

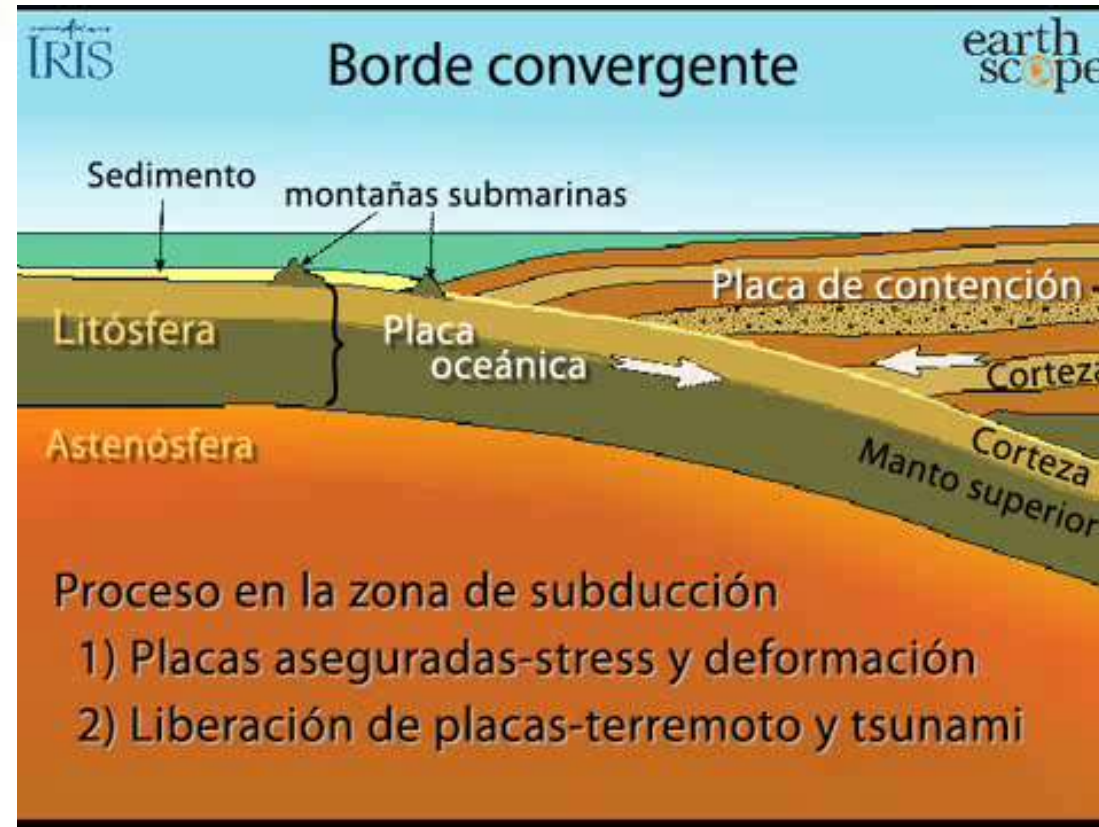


GOBIERNO DE
MÉXICO

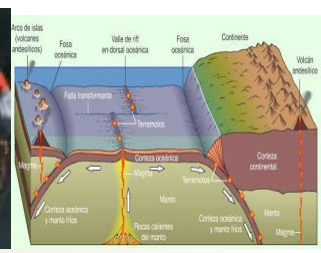
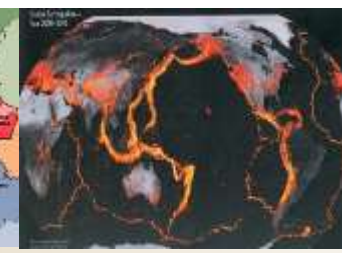
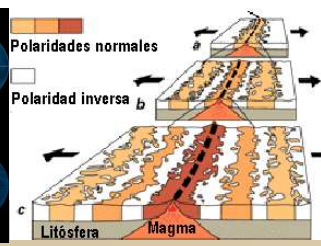
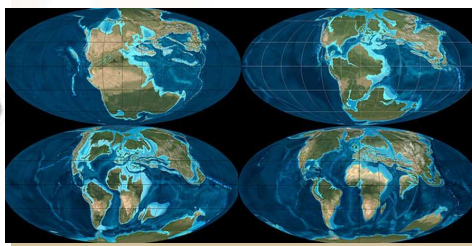
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Convergente



Introducción

Tectónica de Placas y límites de placa

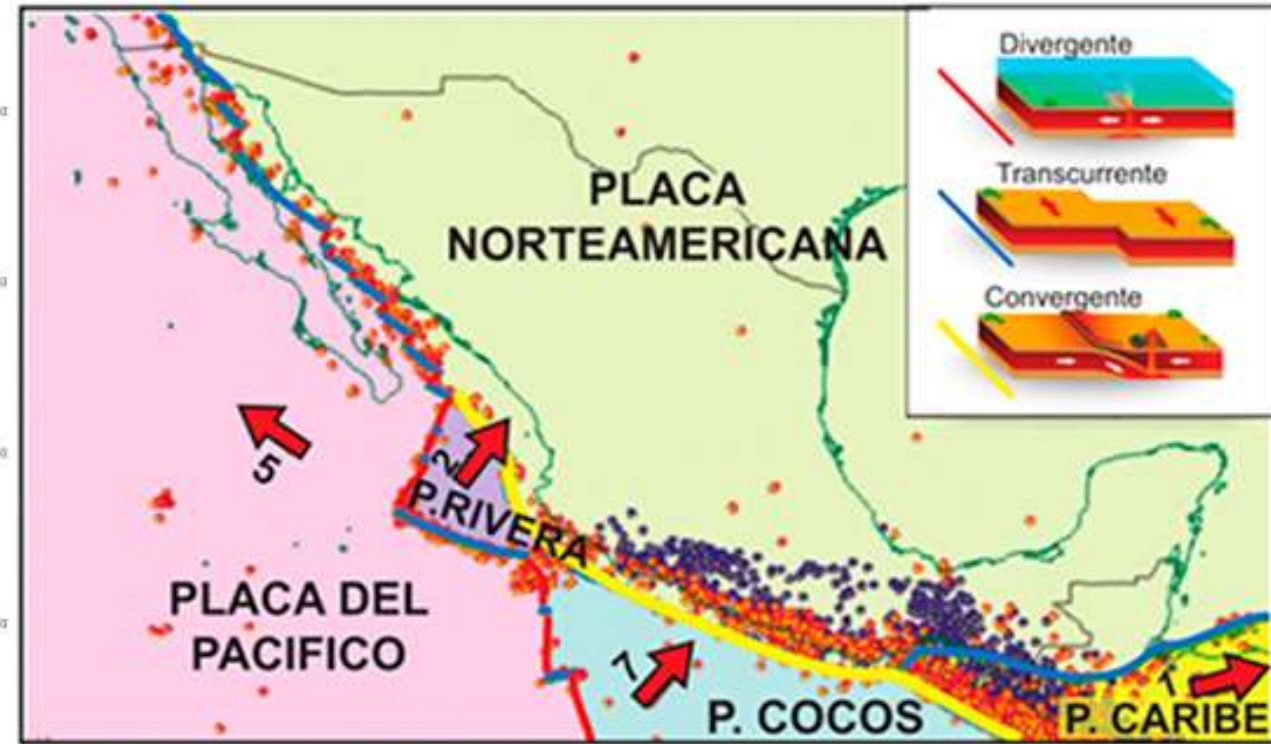
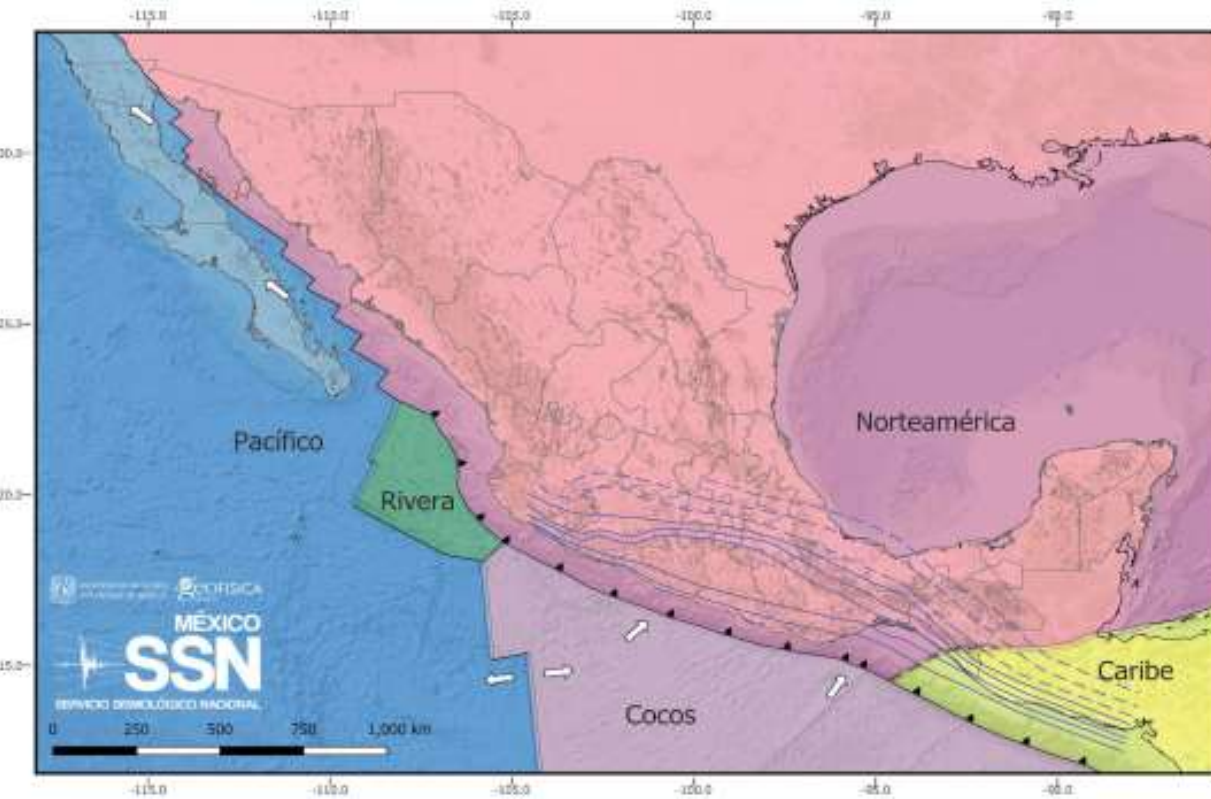


GOBIERNO DE
MÉXICO

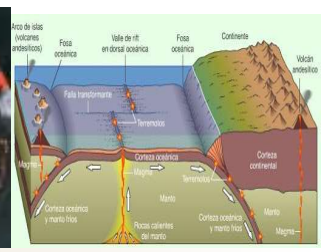
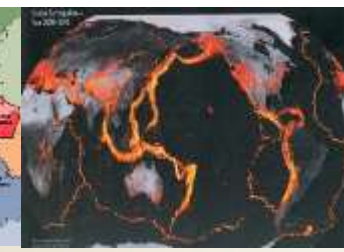
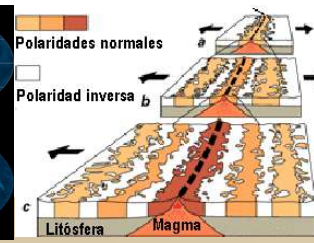
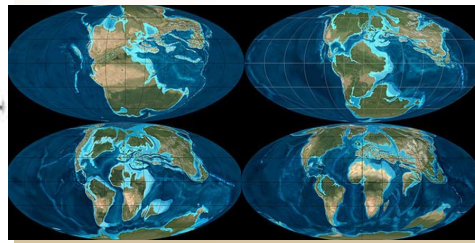
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Estructura de la Tierra



Tipos de volcanes

¿Qué es un volcán?



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Estructura geológica formada por **la salida de roca fundida** (magma) y materiales piroclásticos o ambos, hacia la superficie terrestre. El ascenso ocurre generalmente en episodios de actividad volcánica, denominados erupciones, que pueden variar en intensidad, duración y frecuencia, desde suaves corrientes de lava hasta explosiones extremadamente destructivas.

Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

¿Cómo y dónde se forma un volcán?



Cinturón de Fuego del Pacífico



Tipos de volcanes



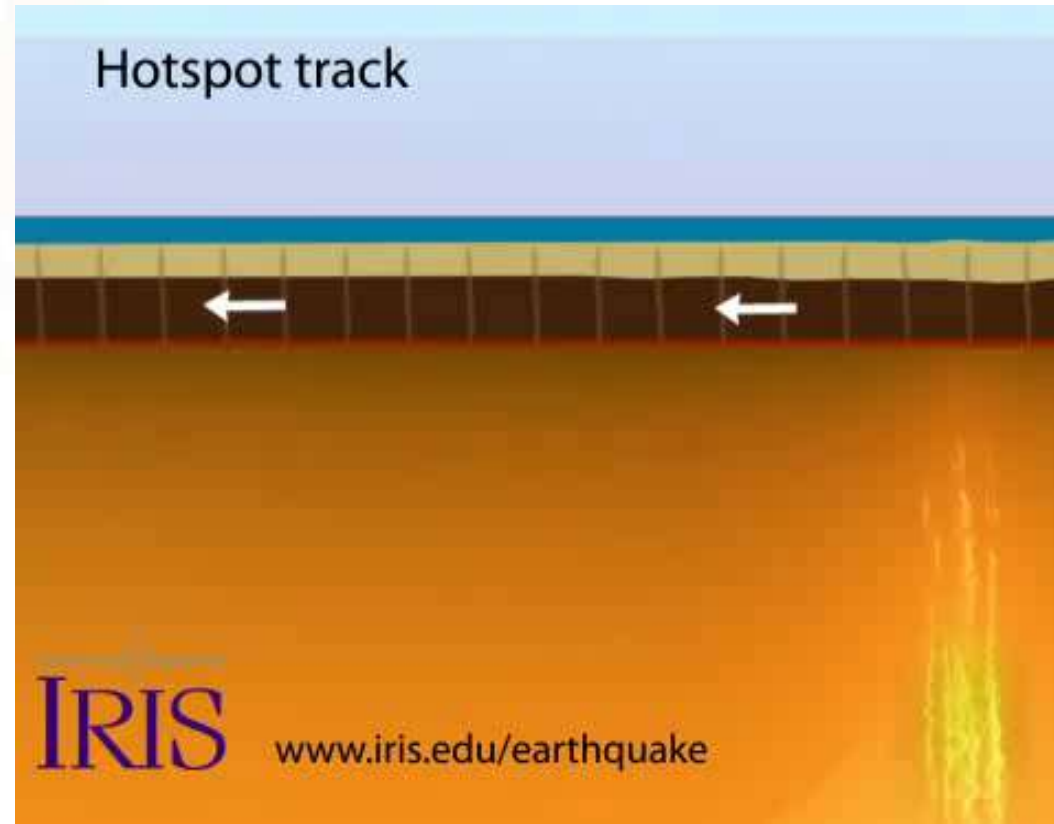
GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

¿Cómo y dónde se forma un volcán?



Tipos de volcanes

Volcanes de México



GOBIERNO DE
MÉXICO

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

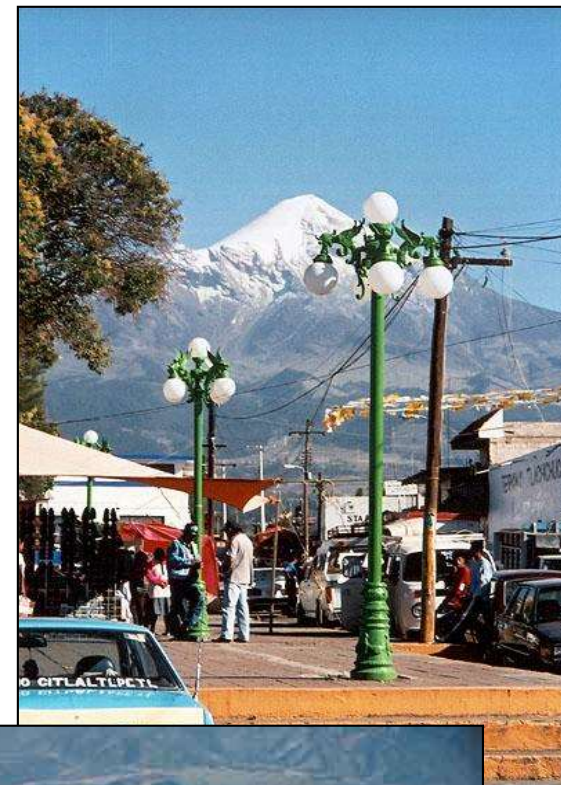
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

- Escudo
- Estratovolcán
- Cono cinerítico
- Maar
- Domo
- Caldera



Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

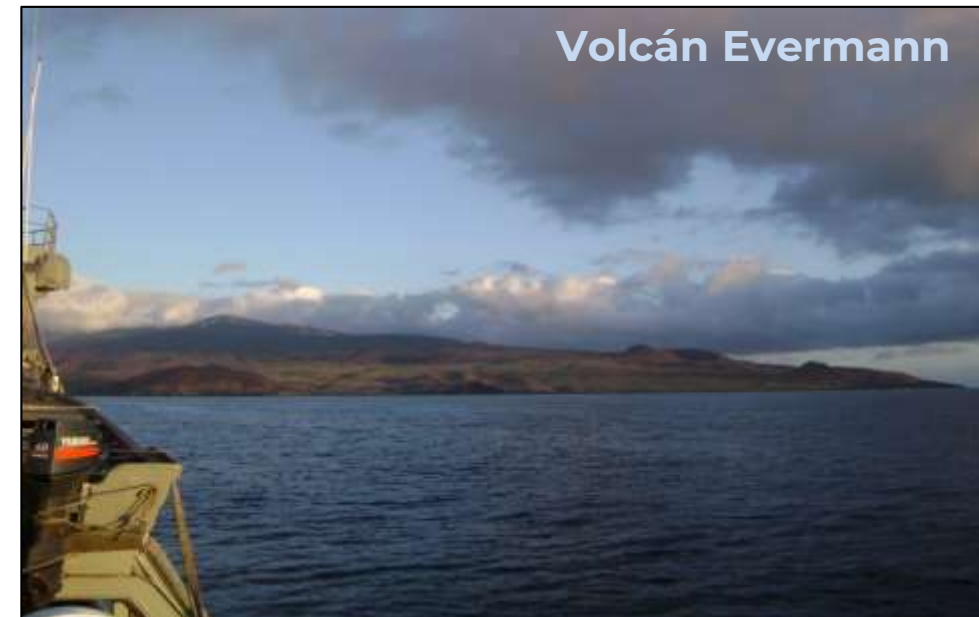
Volcán en escudo

- Es un volcán amplio con pendientes suaves (menos de 10°)
- Construido por erupciones de lava fluida
- El nombre viene del parecido con los escudos de los guerreros
- Los volcanes mas grandes del mundo son de este tipo



Volcán Bárcena

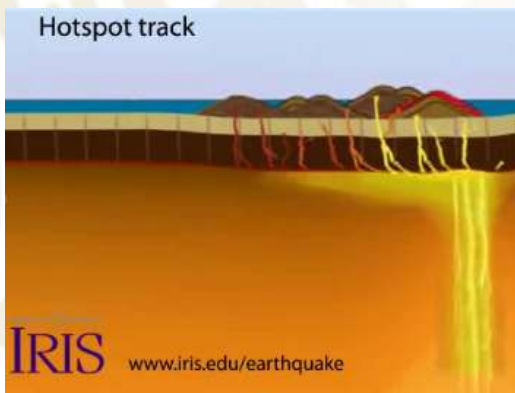
Islas Revillagigedo



Volcán Evermann



Kilauea



Hotspot track

IRIS www.iris.edu/earthquake

Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Estratovolcanes



- Forma cónicas
- Pendientes pronunciadas
- Múltiples erupciones (estratos)



Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Conos cineríticos y campos volcánicos

- Volcanes pequeños, con laderas muy inclinadas, que se forman por acumulación de tefra (bombas, lapilli y ceniza)
- Es el tipo de volcán más simple y abundante de todos
- En general se agrupan en campos de volcanes monogenéticos
- Alcanzan alturas de hasta 500 m
- Sus magmas son de baja viscosidad y suelen formar derrames largos



Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

 **CNPC**
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

 **CENAPRED**
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Maars

- Son conos con cráteres muy grandes y de bajo relieve
- Pueden presentar un lago en su fondo
- Son formados por erupciones explosivas someras, provocadas por el calentamiento del agua subterránea, cuando el magma invade estos niveles
- También son conocidos como Xalapascos, que en Náhuatl significa “cuenco de tierra y arena con agua”



*Anillo de tobas del
volcán Xico, CDMX*

Tipos de volcanes



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

 **CNPC**
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

 **CENAPRED**
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Domos

- Formados por masas de lava demasiado viscosa para fluir a grandes distancias, por lo que se apila sobre y alrededor de su centro emisor
- Presentan pendientes fuertes, por lo que tienden a derrumbarse y formar flujos de bloques y cenizas
- Ocurren típicamente en las cimas de algunos volcanes
- Su emplazamiento suele ir acompañado por actividad explosiva, lo mismo que su destrucción



Tipos de volcanes

Calderas

- **Depresiones circulares o elípticas grandes (1 a más de 100 km de diámetro)**
- **Son formadas por una erupción muy grande, que vacía un reservorio somero, provocando el colapso del volcán**



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

 **CNPC**
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

 **CENAPRED**
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Tipos de erupciones



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Erupciones efusivas

- Son aquellas que emiten derrames de lava, que puede ser muy fluida o sumamente viscosa. Aunque la lava se mueve lentamente (metros por día), destruye todo lo que encuentra a su paso



Tipos de erupciones

Erupciones explosivas



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Son aquellas en que la lava, debido a su viscosidad y contenido de gases, es fragmentada y expulsada de forma violenta, generando fragmentos balísticos (bombas), lapilli y/o ceniza gruesa a fina (colectivamente denominados tefra o piroclastos)



Tipos de erupciones

Erupciones explosivas



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



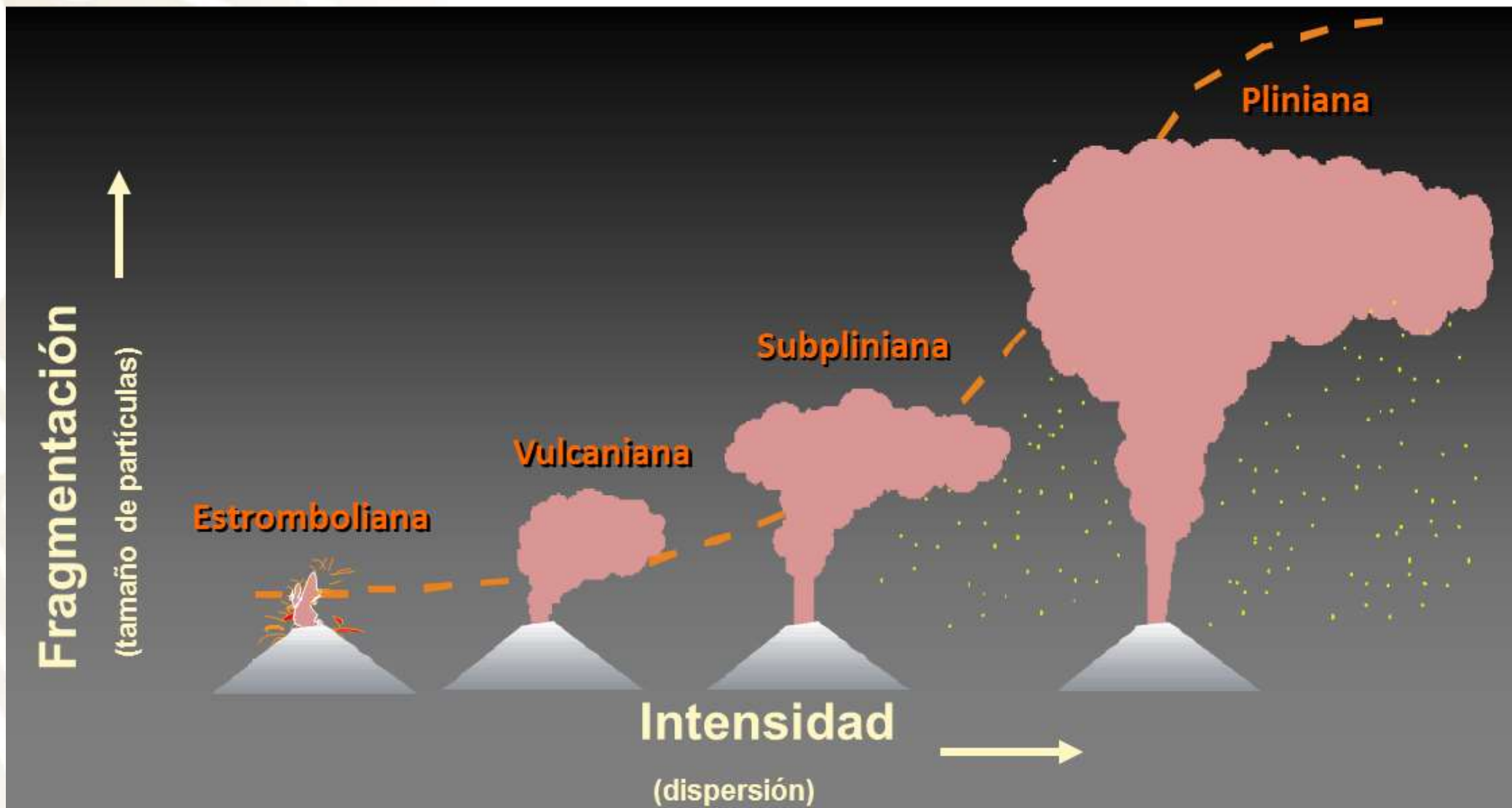
CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES



Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Índice de Explosividad Volcánica (VEI)

- **Altura de columna eruptiva**
- **Volumen de ceniza eruptado**
- **Periodo de recurrencia**
- **Clasificación (tipo de volcán)**



20 m³

500

50 millones

50 mil millones

0,00001 Km³

0,001 Km³

0,01 Km³

0,1 Km³

1 Km³

10 Km³

100 Km³

1000 Km³

0

No explosiva

1

Pequeña

2

Moderadas

3

Grandes

4

Monte Sant Elena 1980

5

Krakatau 1883 (18 Km³)

6

Monte Pinatubo 1991
(10 Km³)

7

Tambora 1815 (150 Km³)

8

Caldera Yellowstone
circa 600.000 anni fa
(2000 Km³)

Tipos de erupciones

Erupciones explosivas



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



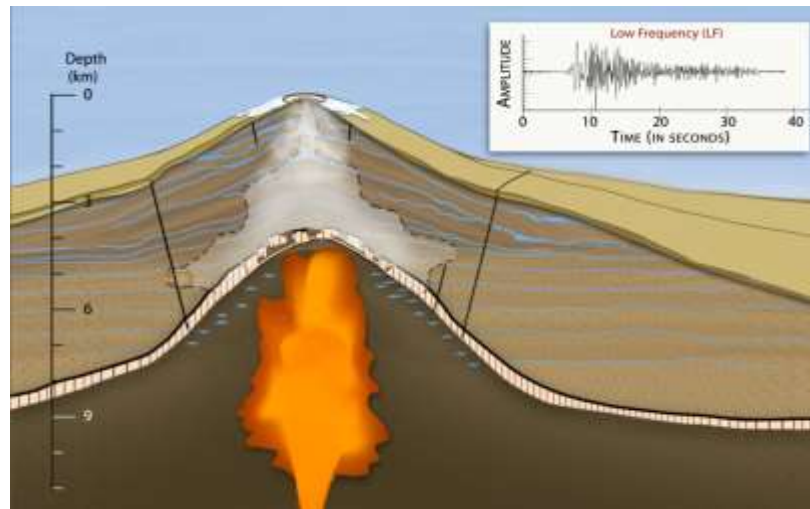
CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

Freáticas y freato-magmáticas



Volcán Poás en Costa Rica



Volcán Tacaná, México-Guatemala 1986



*Axalapasco Atexcac,
Puebla*

*Anillo de tobas del
volcán Xico, CDMX*



Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Explosiones Estrombolianas



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

VEI: 1-2 Columna: 0.1 – 5 km Cenizas: $10^4 - 10^7 \text{ m}^3$

500 a 500 mil



Volcán Estromboli, Italia (junio 2013)



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

MONITOREO VOLCÁNICO

Cámara Tlamacas

Volcán Popocatepetl

14 de Febrero 2019

Actividad volcánica: 23:00 - 23:40 Hrs.

Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Explosiones Vulcanianas



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

VEI: 2-3 Columna: 1 – 15 km Cenizas: 10^6 - 10^8 m³

50 mil a 5 millones



Erupción del Volcán Colima, México, 18 Enero 2017



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

MONITOREO VOLCÁNICO

Cámara Tlamacas

Volcán Popocatepetl

28 de Marzo 2019

Actividad volcánica: 19:43 - 19:53 Hrs.

Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Peleanas y Merapianas



GOBIERNO DE
MÉXICO

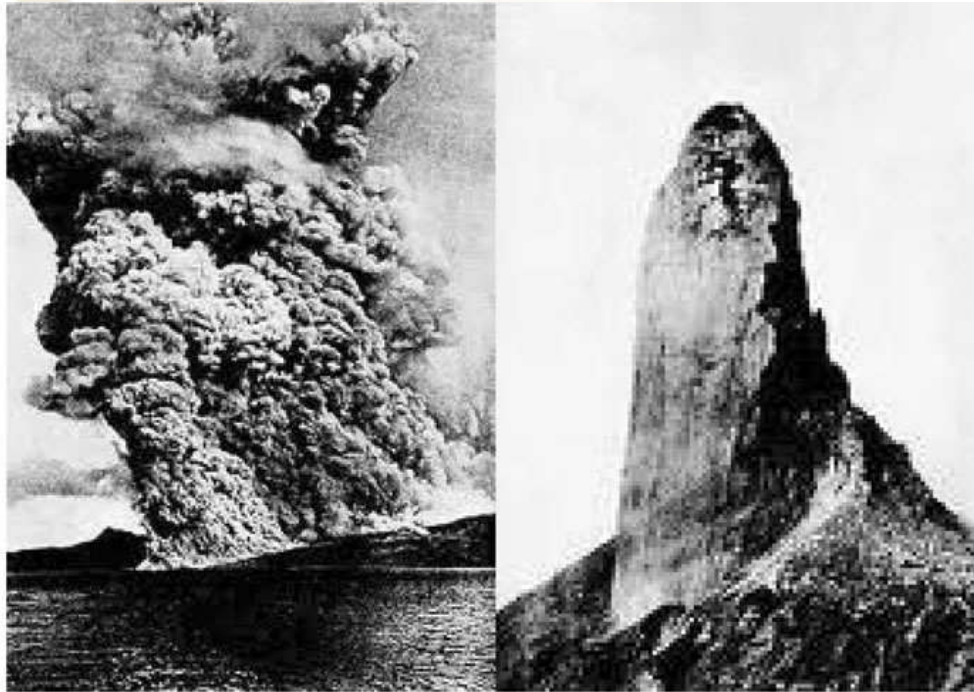
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

VEI: 2-4 Columna: 1 – 25 km Cenizas: 10^6 - 10^9 m³

50 mil a 50 millones



Mont Pelee (Martinica)



Volcán Merapi (Indonesia)

Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Explosiones Bezymianny/St. Helens



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

VEI: 3-5 Columna: 3 – 25 km Cenizas: 10^7 m^3 - 1 km^3

500 mil a 500 millones



Monte Santa Helena, 1980

Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Explosiones Plinianas



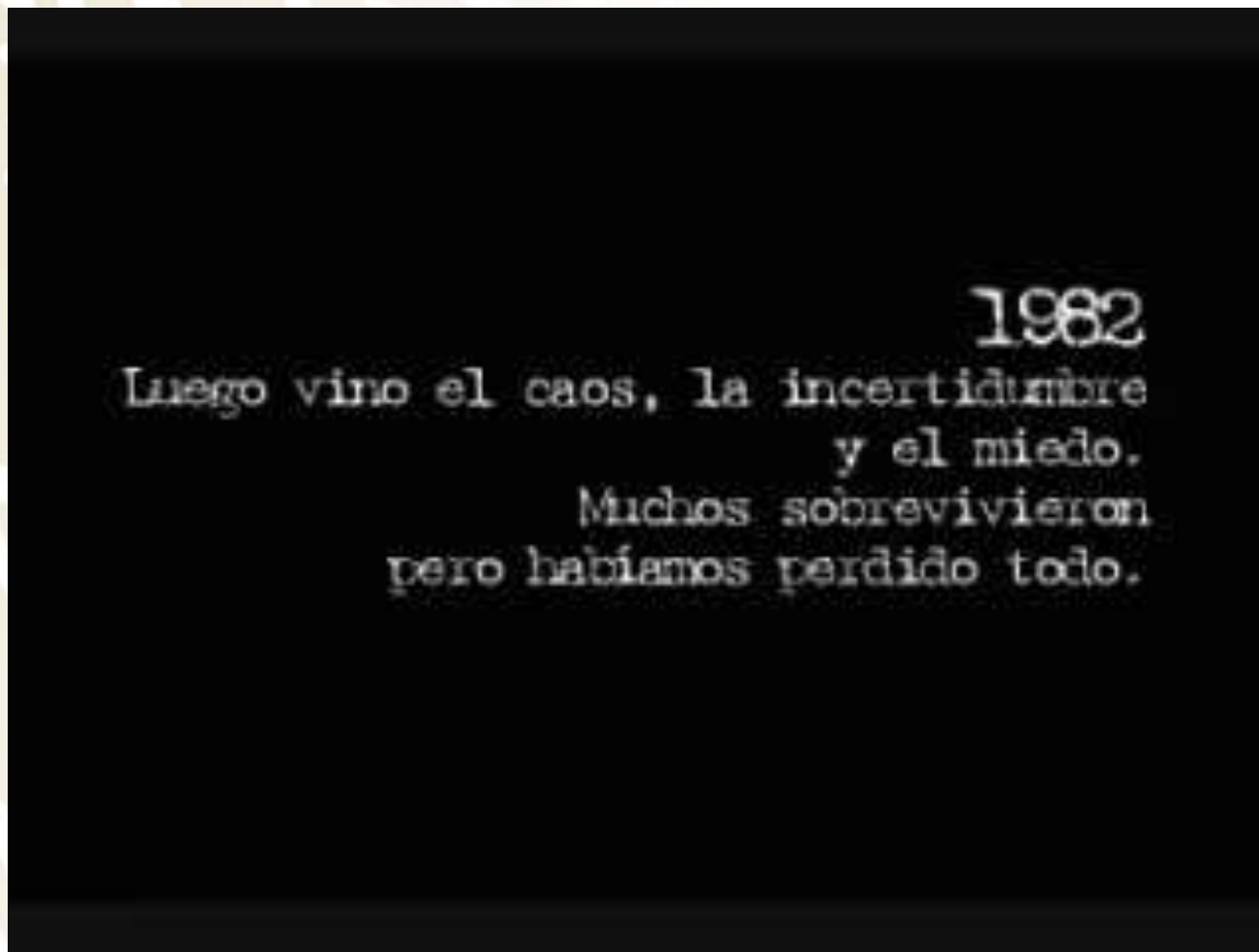
GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



VEI: 5-6 Columna: > 25 km Cenizas: 1-10 km³

50 a 500 mil millones



Pinatubo, 1991

Tipos de erupciones

Erupciones explosivas

Explosiones Ultraplínianas



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

VEI: >7 Columna: > 25 km Cenizas: 100-1000 km³

500 a 500 mil





GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

¡GRACIAS!

Mtra. Gema Victoria Caballero Jiménez

Encargada de la Subdirección de Riesgos Volcánicos

54246100 ext. 17065

gcaballeroj@cenapred.unam.mx