



¡Bienvenidos a Teachable Moments! Nuestra meta es proveer información puntual y exacta para desarrollar el conocimiento sobre terremotos de interés para la audiencia, desde la escuela elemental hasta la universidad. Por favor, use nuestras diapositivas para obtener un resumen conciso pero minucioso de este terremoto histórico y utilícelas tal como están, o adáptelas para sus estudiantes y currículo.

Nuevo para el año escolar 2024-25:

1. **Codificación de colores por nivel de grado:**  **ALL** middle school +  **HS** high school +
(escuela intermedia) (escuela superior)
 **C** college
(universidad)

2. **Explora el nuevo Slide Guide (diapositiva de guía):** Diapositivas o PDF que guiarán a tus estudiantes a través de la presentación: [middle school pdf](#) [high school pdf](#) [college pdf](#)

3. **Nuevas diapositivas geográficas:** Una diapositiva adicional sobre la ciudad o el área que crea conexiones a través de diferentes disciplinas: geografía, física, química, biología, ciencias ambientales y hasta historia.

4. **Las conexiones de NGSS a las preguntas del Slide Guide se encuentran en las secciones de notas debajo de cada slide guide.**

5. **Llena los blancos para los [sub-plans](#) :** Las primeras dos páginas pueden completarse y usar todo el año (consejo: use un protector de hoja). El resto es para que modifiques o completes para adaptar los planes de tu sustituto a lo que estás haciendo.



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

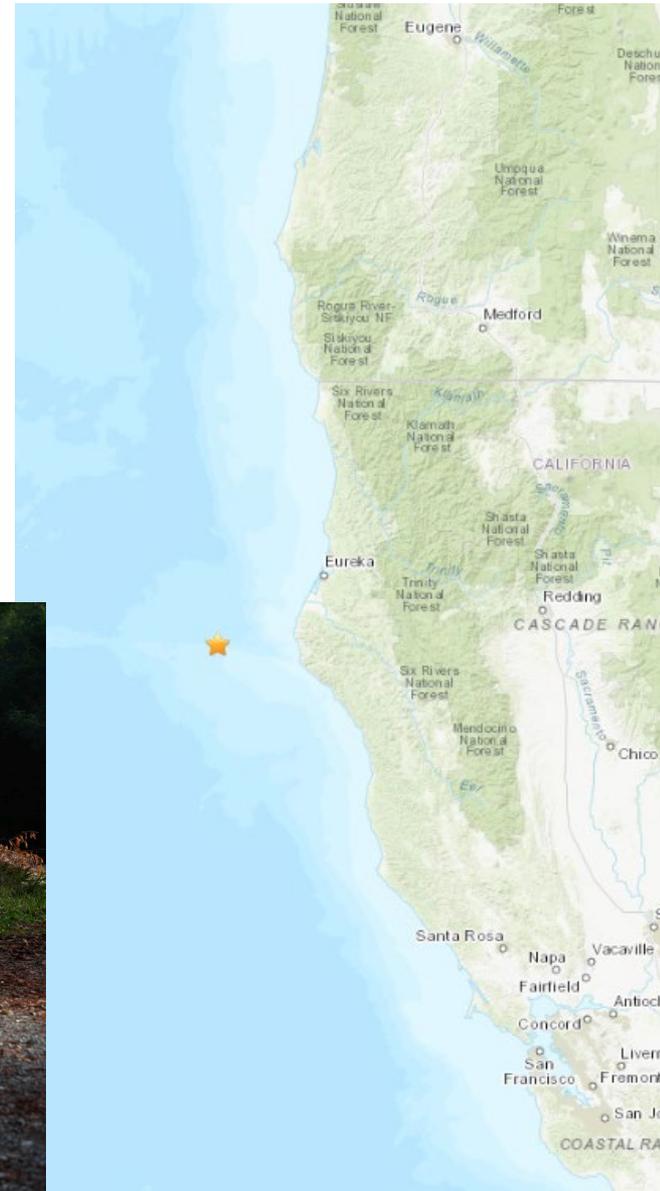
Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

Latitud 40.370°N
Longitud 125.025°W
Profundidad 0.6 km

Un terremoto de magnitud 7.0 ocurrió frente a la costa del norte de California, cerca de Eureka, provocando una alerta de tsunami a lo largo de la costa oeste. La alerta se levantó poco después, sin que se observara un tsunami significativo.

El terremoto causó daños estructurales menores, incluyendo mercancía caída en las tiendas y carreteras agrietadas, pero no se reportaron mayores accidentes. Aproximadamente 5 millones de alertas ShakeAlert fueron enviadas a los teléfonos móviles en la región, y se detuvieron por un tiempo los trenes de BART en partes de San Francisco.



El ingeniero geólogo senior John Oswald del Servicio Geológico de California evalúa los daños en la carretera tras el terremoto de magnitud 7 en el condado de Humboldt, California. (AP Photo/Godofredo A. Vásquez)





Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

Cabo Mendocino, el pueblo más cercano al terremoto, está a unas 200 millas al norte de San Francisco y es el punto más occidental del estado. Está casi aislado del resto de California por las montañas del *King Range* y los acantilados a lo largo de la costa, por lo que permanece mayormente sin desarrollar y es conocido por:



- 3 millas de playa de arena negra por actividad tectónica
- Los acantilados elevados hacen que construir cualquier cosa allí sea difícil: solo se puede llegar utilizando caminos secundarios más pequeños.
- Biodiversidad de la reserva marina del Estado

- Acampar, pescar, hacer kayak y excursiones
- El camino *Lost Coast Trail* de 25 millas de largo: osos negros, *bobcats* (gato montés), águilas calvas, uapití e incluso ballenas grises
- Los *Redwoods* en el camino *Lost Coast*: 5 millas de costa sin desarrollar.





Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC



La escala de Intensidad de Mercalli Modificada (MMI, por sus siglas en inglés) es una escala de diez niveles, del I al X, que indica la gravedad del movimiento de terreno.

La intensidad se basa en los efectos observados y es variable según el área afectada por el terremoto. Depende del tamaño, profundidad y distancia del terremoto, así como de las condiciones locales.

MMI	Intensidad percibida
X	Extremo
IX	Violento
VIII	Severo
VII	Muy Fuerte
VI	Fuerte
V	Moderado
IV	Leve
II-III	Débil
I	No sentido

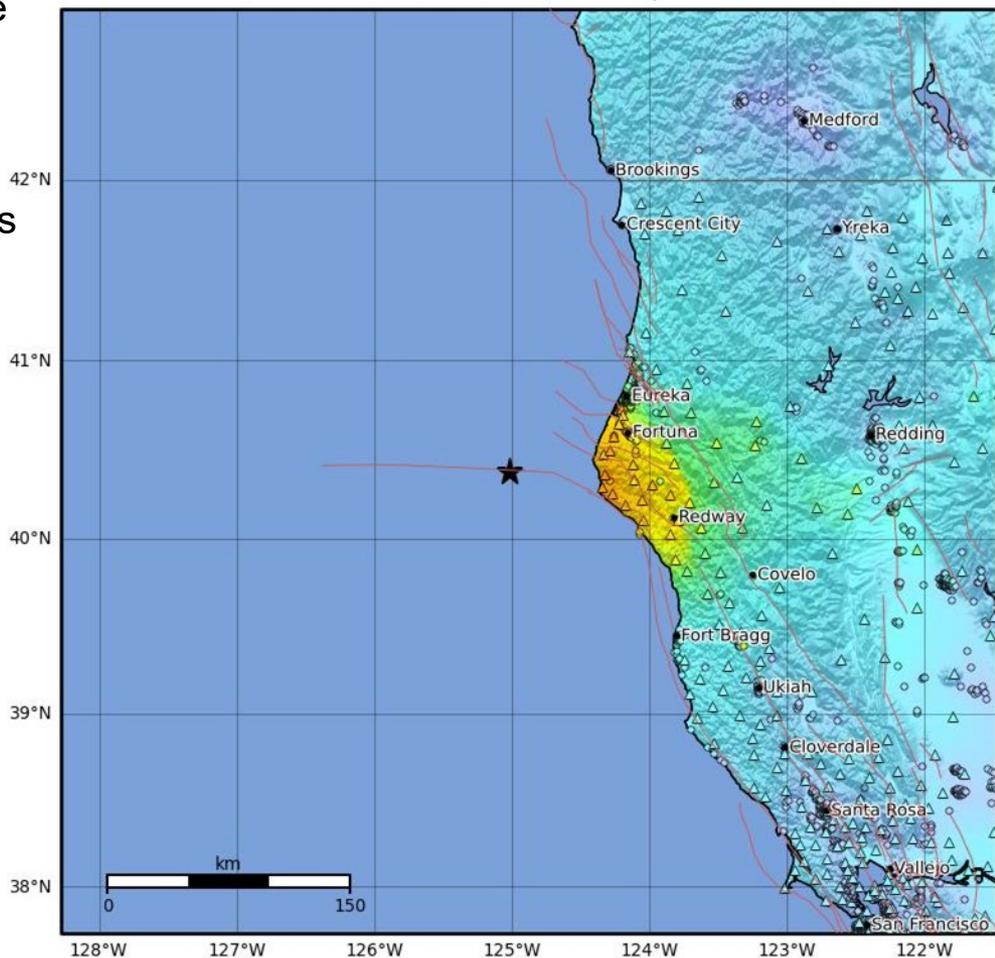


Imagen por cortesía del Servicio Geológico de los EE. UU.



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

El mapa PAGER del USGS muestra la población expuesta a diferentes niveles de la escala de Intensidad de Mercalli Modificada (MMI). El USGS estima que aproximadamente 9,000 personas sintieron una sacudida muy fuerte debido a este terremoto.

MMI	Sacudida	Población
I	No sentido	0 k*
II-III	Débil	8,839 k*
IV	Leve	224 k
V	Moderado	62 k
VI	Fuerte	29 k
VII	Muy Fuerte	9 k
VIII	Severo	0 k
IX	Violento	0 k
X	Extremo	0 k



Las líneas de contorno codificadas por colores delimitan las regiones de intensidad MMI. La exposición total de la población a un valor de MMI dado se obtiene sumando la población entre las líneas de contorno. La exposición estimada de la población a cada intensidad de MMI se muestra en la tabla. (Imagen por cortesía del Servicio Geológico de los EE. UU)



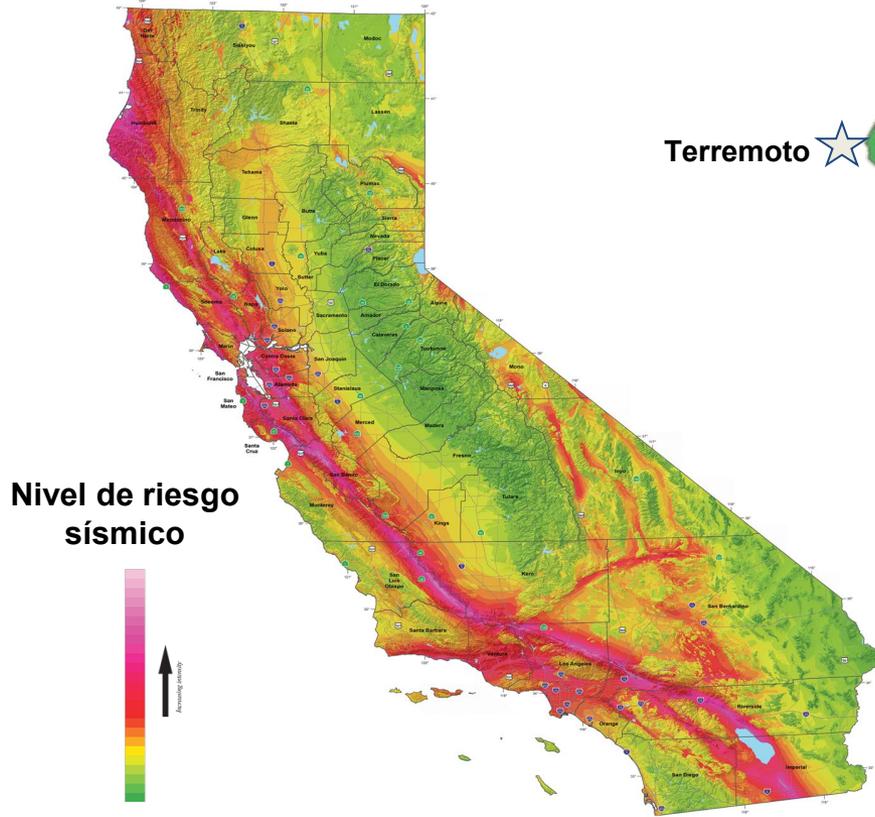
Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

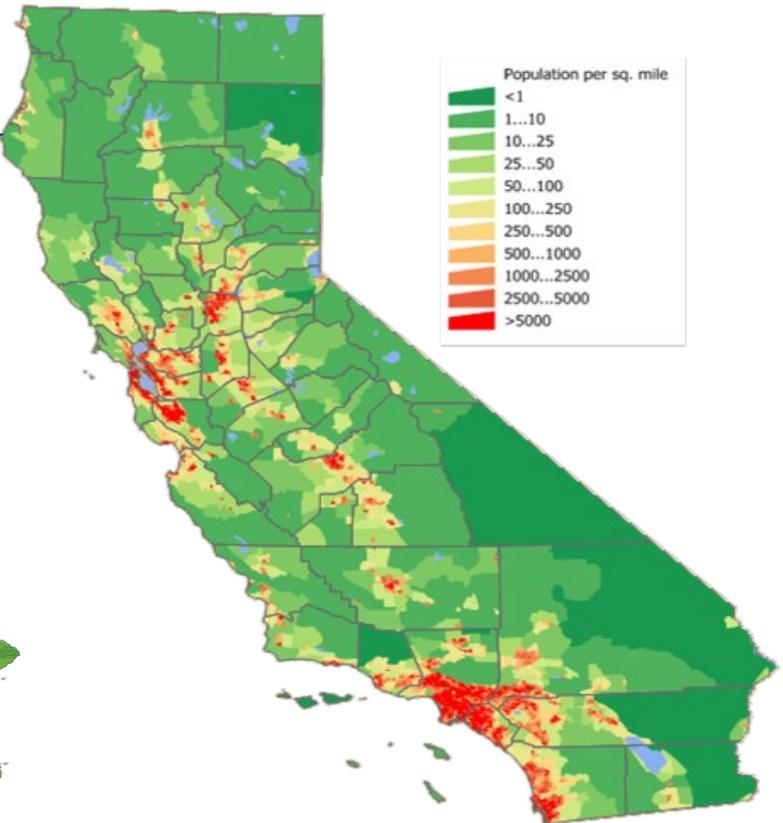
Casi el 72% de los residentes en California – más de 28 millones de personas – viven en zonas de alto riesgo sísmico. El riesgo sísmico es excepcionalmente alto a lo largo de la costa oeste del estado en el límite de placa. Afortunadamente, el terremoto del 5 de diciembre ocurrió en un área donde la densidad poblacional es relativamente baja.

Riesgo sísmico en California (2016)

Densidad Poblacional en California (2010)



Terremoto 





Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

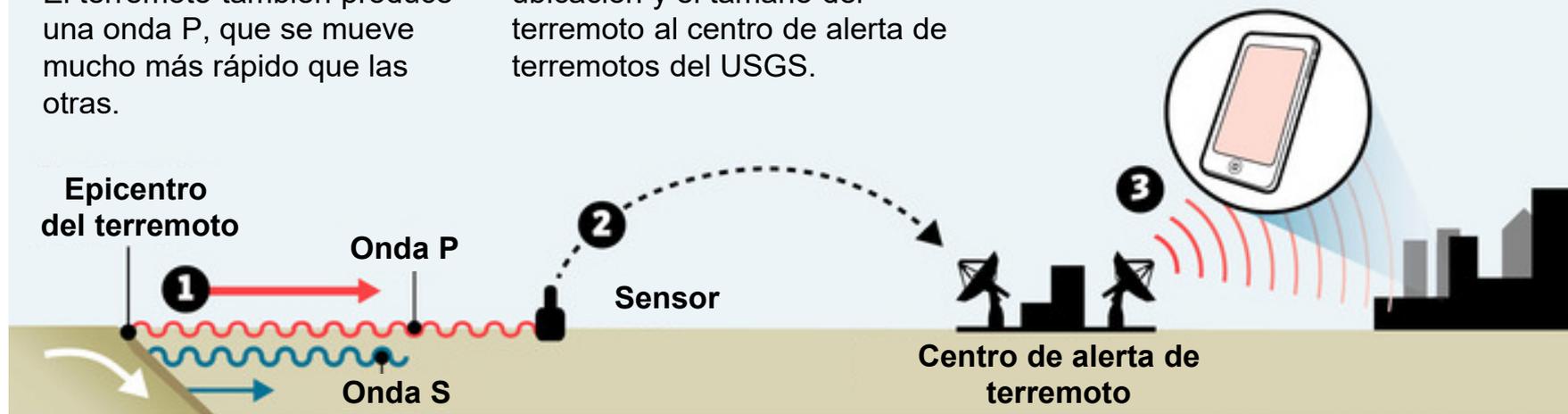
El sistema de alerta temprana de terremotos (EEW por sus siglas en inglés) ShakeAlert®, que ahora opera en California, Oregón y Washington, es un avance para proteger la vida y la infraestructura crítica (¡no es una predicción de terremotos!). Los sismómetros en el campo detectan un terremoto que ya ha comenzado y los datos se envían a un centro de procesamiento de ShakeAlert.

ShakeAlert estima rápidamente la localización, el tamaño y la sacudida esperada de un terremoto. Si el terremoto encaja en el perfil adecuado, el USGS emite un mensaje de ShakeAlert, que es utilizado por los socios de distribución para desarrollar y enviar alertas a las personas y a los sistemas automatizados.

1 Un terremoto produce varios tipos de ondas. El daño es causado por las ondas superficiales y las ondas S. El terremoto también produce una onda P, que se mueve mucho más rápido que las otras.

2 Los sensores – separados entre 6 y 12 millas, detectan la onda P y transmiten inmediatamente datos sobre la ubicación y el tamaño del terremoto al centro de alerta de terremotos del USGS.

3 El centro de alerta transmite un mensaje con la hora de llegada de la sacudida y la intensidad a teléfonos





Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

Con esta animación, explora cómo el sistema ShakeAlert funciona y cómo en pocos segundos de alerta puede ayudar a las personas y sistemas automatizados a prepararse para la sacudida del terremoto

ShakeAlert™ Because seconds matter

USGS
science for a changing world

The ShakeAlert Earthquake Early Warning System

for the West Coast of the United States

A banner for the ShakeAlert system. It features a green header with the ShakeAlert logo and tagline, and the USGS logo. The main body is dark with a green seismic waveform and the title 'The ShakeAlert Earthquake Early Warning System for the West Coast of the United States'.

Aprende más sobre ShakeAlert en <https://www.ShakeAlert.org>



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

¿Qué hacer si sientes un temblor o recibes una alerta de ShakeAlert? Puede ser que solo tengas segundos de aviso antes de que la sacudida comience. Usa ese tiempo para protegerte.



AGÁCHECE donde esté, con sus rodillas y manos en el piso.

- Esta posición lo protege de ser derribado y lo ayuda a mantenerse bajo y moverse a un refugio cercano.



CÚBRASE la cabeza y el cuello con un brazo.

- Si hay una mesa o escritorio resistente cerca, gatee debajo de ella.
- Si no hay refugio cerca, gatee hacia una pared interior (lejos de las ventanas)
- Manténgase de rodillas; inclínese para proteger sus órganos vitales.



SUJÉTESE hasta que deje de temblar.

- Bajo un refugio: sosténgase con una mano; prepárese para moverse con su refugio si éste se mueve.
- Sin refugio: Cubra su cabeza y cuello con ambos brazos y manos.



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

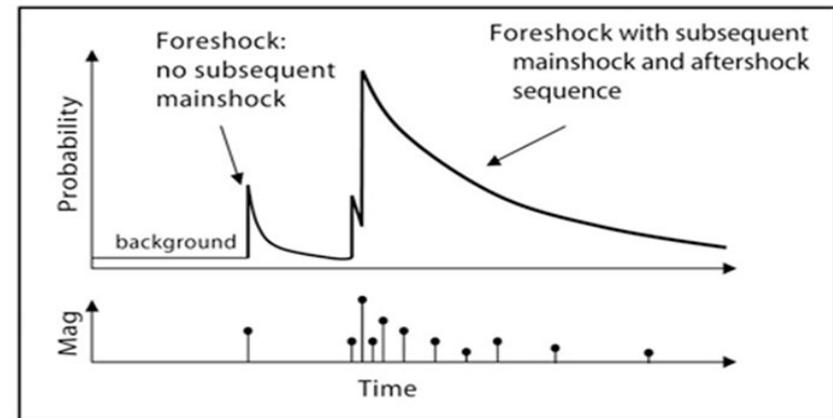
Un **precursor** es un terremoto de menor magnitud que precede al terremoto principal (mainshock). Estos no tienen características especiales que nos dejen saber si son un precursor hasta que el evento mayor ocurre.

El **terremoto principal** es el terremoto de mayor magnitud durante una secuencia sísmica.

Las **réplicas** son terremotos menores que ocurren luego del terremoto mayor según la falla se ajusta al nuevo estado de estrés.

Dos terremotos pequeños (de magnitud 1.9 y 2.5) ocurrieron el 4 de diciembre dentro del área del terremoto principal.

El terremoto principal del 5 de diciembre ha tenido cerca de 100 réplicas $>M3$ (hasta el 8 de diciembre) y el USGS está pronosticando que otras ~ 50 réplicas de magnitud $M3+$ ocurrirán durante el próximo año. Las secuencias de réplicas varían en duración, pero pueden durar años después de un gran terremoto principal. El tamaño y la frecuencia de las réplicas típicamente disminuyen con el tiempo, como se muestra en la figura a la derecha



La figura muestra cómo el número de réplicas y la magnitud de las réplicas disminuyen con el tiempo desde el terremoto principal. El número de réplicas también disminuye con la distancia desde el terremoto principal.



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

Animación de la sismicidad histórica, población y tectónica





Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

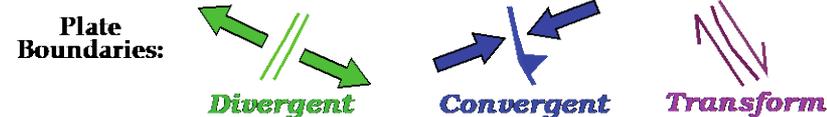
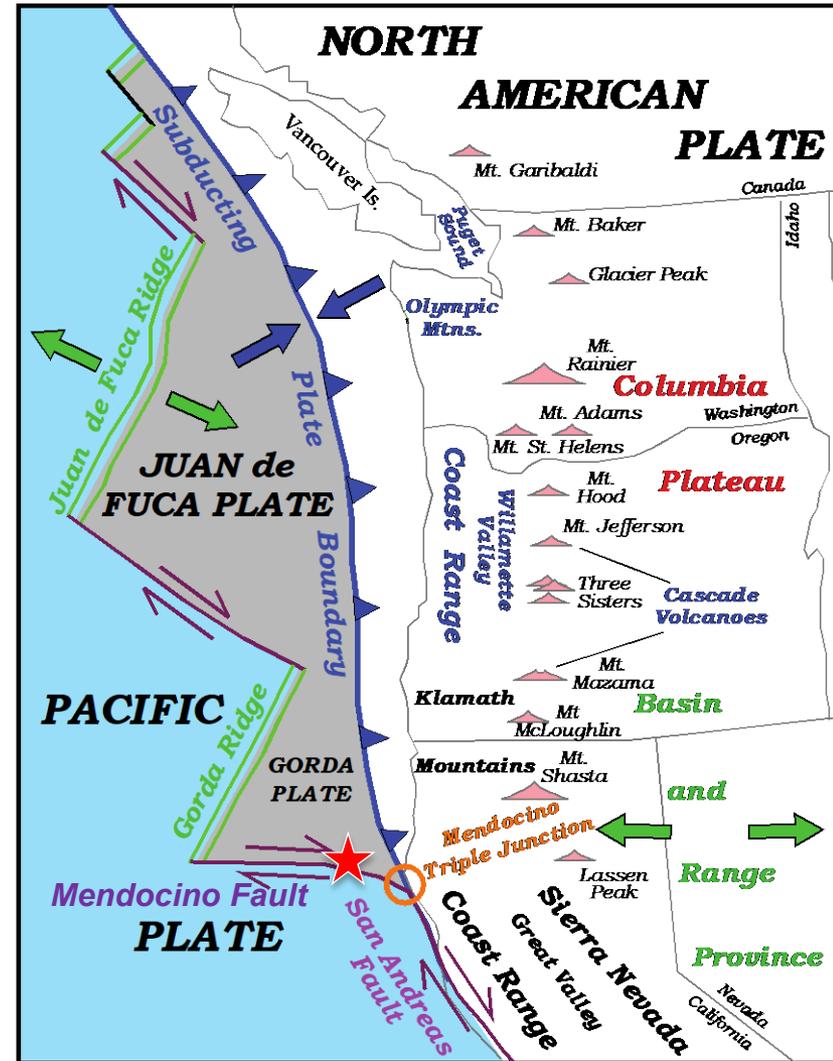


Los límites entre las placas de Norteamérica, del Pacífico, Juan de Fuca y Gorda se muestran simplificados en el mapa. Frente a la costa del sur de Columbia Británica, Washington, Oregón y el norte de California, las placas de Juan de Fuca y Gorda se subducen bajo la placa de Norteamérica formando la zona de subducción de Cascadia.

Las dorsales de Juan de Fuca y Gorda son centros de expansión oceánica que añaden nuevo suelo litosférico oceánico a la placa del Pacífico en el oeste y a las placas de Juan de Fuca y Gorda al este.

La falla de San Andreas es una falla transformante de desplazamiento lateral dextral entre las placas del Pacífico y Norteamérica. Al oeste del Cabo Mendocino, la falla de Mendocino de desplazamiento lateral dextral forma la falla transformante entre las placas del Pacífico y Gorda.

La estrella roja muestra el lugar donde ocurrió el terremoto de magnitud 7.0 del 5 de diciembre, en la falla de Mendocino justo al oeste de la triple unión de Mendocino, donde se encuentran las placas de Gorda, Norteamérica y Pacífico.

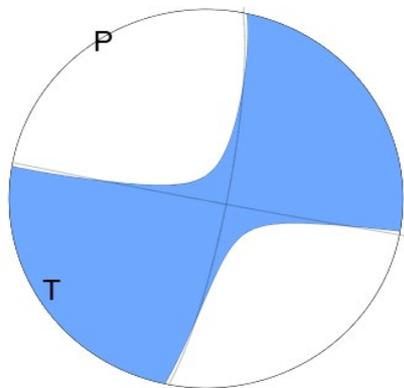
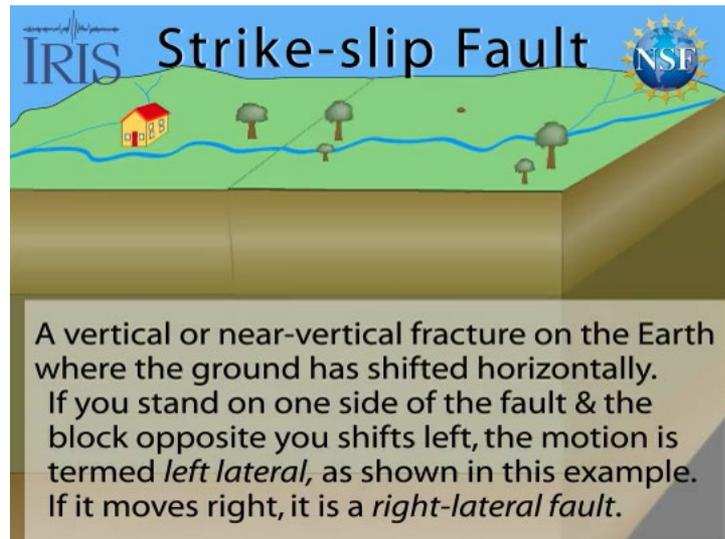




Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

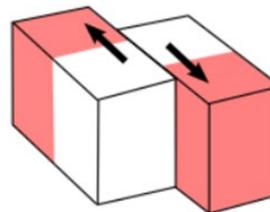
El mecanismo focal es la manera como los sismólogos representan las orientaciones del estrés en 3D de un terremoto. Debido a que un terremoto ocurre como un deslizamiento en una falla, este genera ondas primarias (P) en cuadrantes donde el primer pulso es compresional (sombreado) y cuadrantes donde el primer pulso es extensional (blanco). La orientación de estos cuadrantes, obtenida a partir de las ondas sísmicas registradas, determinan el tipo de falla que produjo el terremoto.



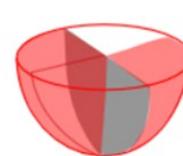
Solución del tensor de momento mediante la Fase-W del USGS

El eje de tensión (T) refleja la dirección del esfuerzo compresional mínimo. El eje de presión (P) refleja la dirección del esfuerzo compresional máximo.

Desplazamiento lateral/cizalla



Modelo de bloque



Esfera Focal



Proyección 2D de esfera focal



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

ALL

Un aviso de tsunami se emitió para las costas de California y Oregón tras el terremoto, pero luego fue cancelado.

Los terremotos generan tsunamis cuando hay un desplazamiento vertical del suelo oceánico. Inicialmente, el terremoto aparentaba haber producido un movimiento vertical, pero análisis de datos subsecuentes mostraron que produjo movimiento horizontal, que no generaría un tsunami. No obstante, un terremoto de este movimiento horizontal podría causar deslizamientos submarinos, los cuales pueden producir tsunamis

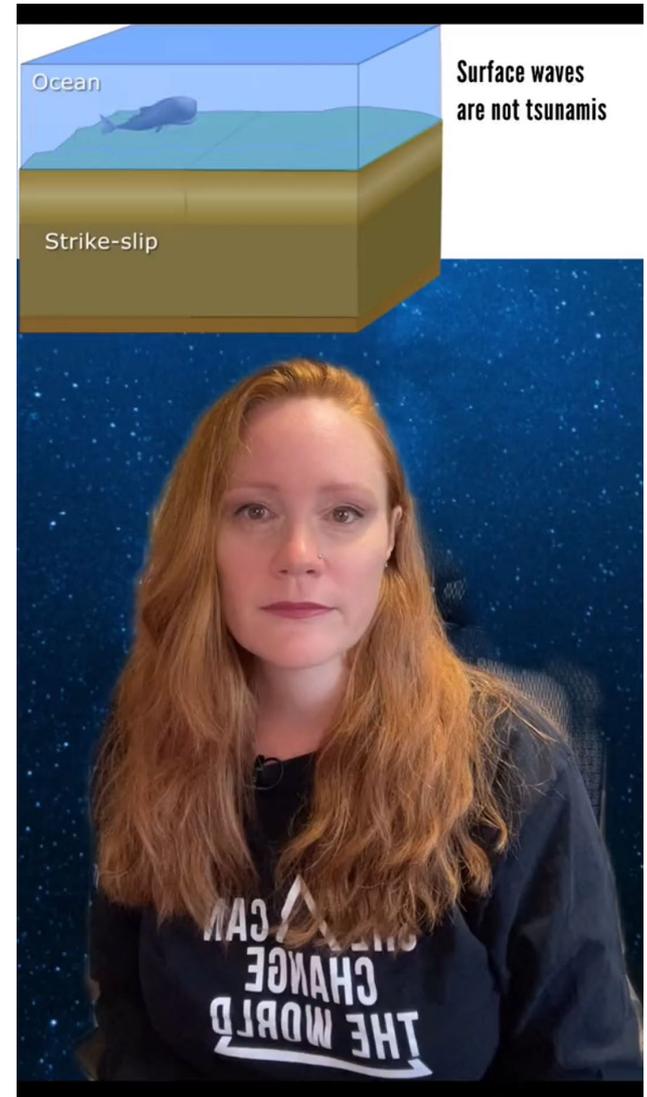


Imagen por
cortesía de
Jordan Scott,
Cal EMA

Video: [Why do some earthquakes produce tsunamis while others don't?](#)



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

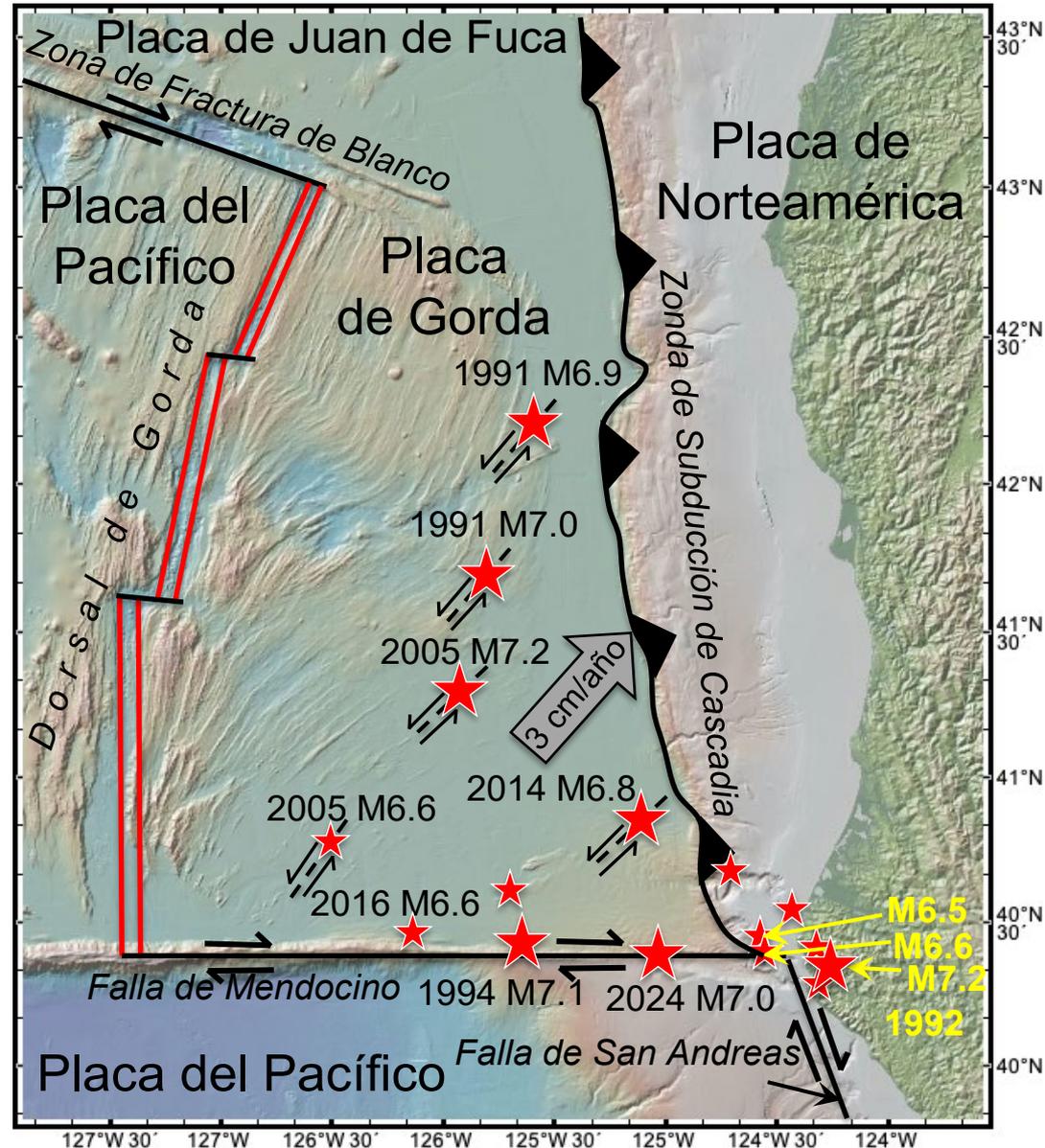


En este mapa se muestran los límites de la placa de Gorda – el área de la triple unión de Mendocino, junto con los terremotos de magnitud > 6 desde 1990 hasta el presente. La flecha gris muestra la tasa y dirección de subducción de la placa de Gorda bajo la placa de Norteamérica en la zona de subducción de Cascadia.

Los terremotos de **M7.1** en 1994, **M6.6** en 2016 y **M7.0** en 2024 son eventos de desplazamiento lateral dextral en la falla de Mendocino.

En el 1992, el terremoto de **M7.2** por una falla de empuje (thrust-fault) en Cabo Mendocino fue seguido por réplicas de **M6.5** y **M6.6**. El terremoto principal levantó la línea de costa cercana por 1 metro, produciendo un tsunami de 1.1 metros de alto en Crescent City. Noventa y cinco personas resultaron heridas y los daños en el condado de Humboldt fueron estimados en \$65 millones.

La pequeña y joven placa de Gorda está atrapada entre las placas más grandes de Juan de Fuca, Norteamérica y Pacífico. La deformación interna resultante de la placa de Gorda produce terremotos de desplazamiento lateral sinistral en la intraplaca, en fallas verticales orientadas al NE.



Mapa base de GeoMapApp



Magnitude 7.0 Cape Mendocino, CA

Thursday, December 5, 2024 at 18:44:19 UTC

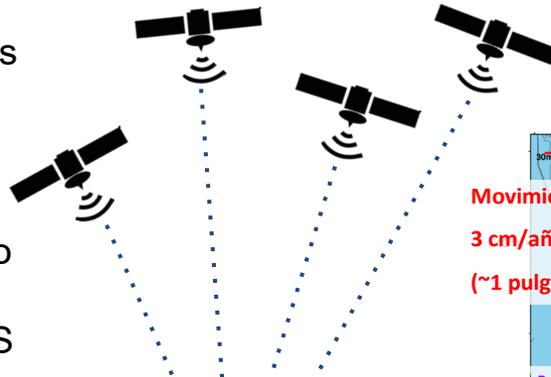


Una de las formas en que conocemos las tasas de movimiento de las placas es a partir de las estaciones GPS.

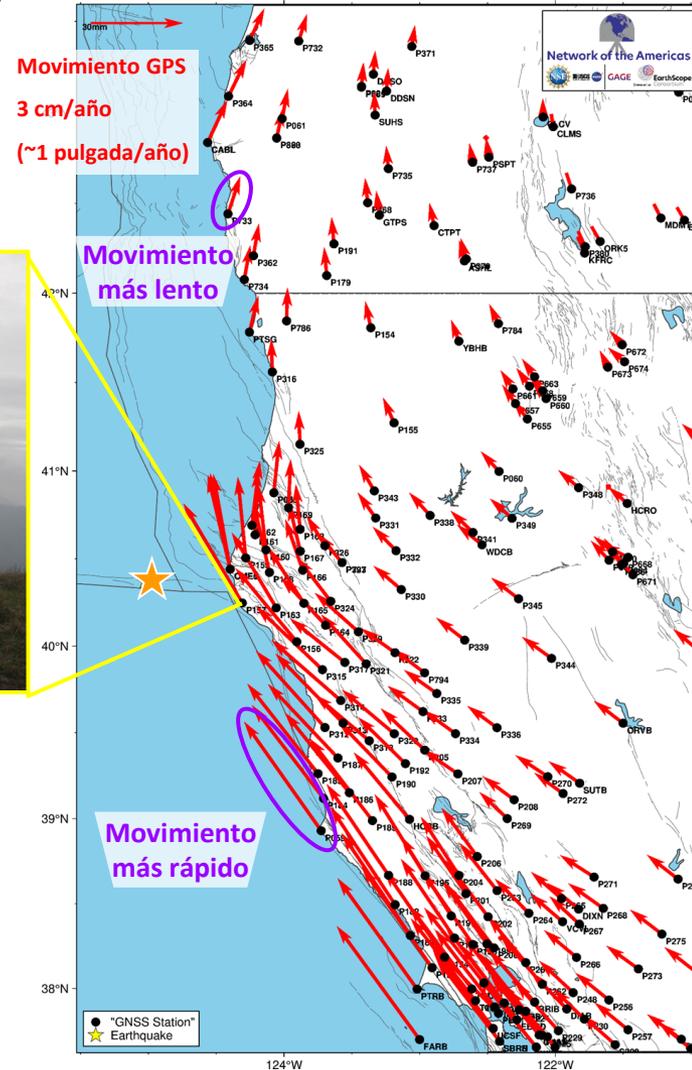
Las estaciones GPS reciben señales de los satélites y usan el intervalo de tiempo entre el momento en que una señal sale de un satélite y llega a una estación GPS para determinar la distancia. Si una estación GPS recibe señales de cuatro o más satélites, puede determinar su ubicación (con 6 o más satélites es mucho mejor).

Este es el mismo modo en que funciona el GPS en su teléfono y otros dispositivos, pero estas estaciones de alta precisión pueden determinar la ubicación a milímetros (<1/4 de pulgada) en vez de unos 5-10 metros (15-30 pies).

Con el tiempo, los cambios en la ubicación de las estaciones permiten a los científicos determinar los movimientos entre las placas tectónicas, los cuales se muestran como vectores (flechas).



Velocidades medidas por GPS a largo plazo





Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC



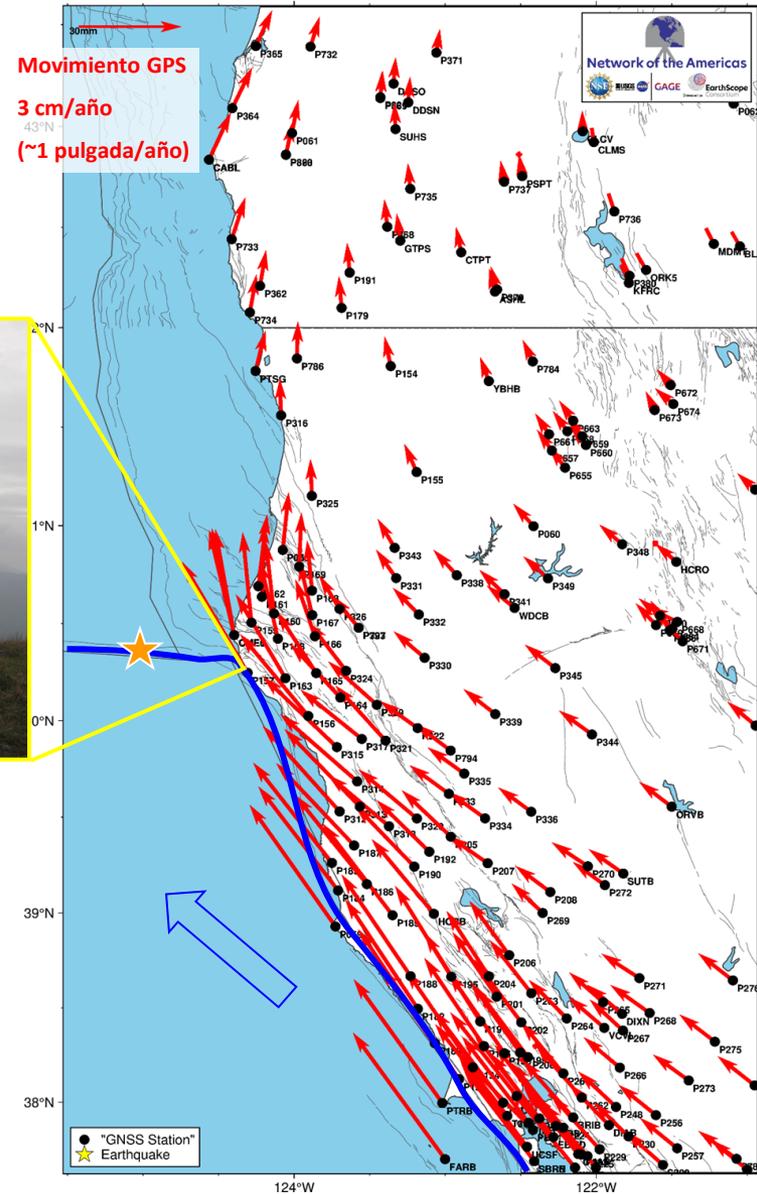
California tiene muchas estaciones GPS que registran el movimiento a largo plazo de las placas tectónicas.

Comparado con la parte estable del este de Norteamérica, algunas estaciones se mueven hasta ~4 cm/año (~1.5 pulgadas/año) hacia el noroeste a medida que la Placa del Pacífico se mueve y arrastra el borde de la Placa Norteamericana.

Durante décadas y siglos, esta falla transformante o de desplazamiento lateral (strike-slip) acumula estrés donde las fallas están “estancadas”. El estrés acumulado se libera periódicamente en terremotos como el de magnitud 7.0 del 5 de diciembre de 2024.



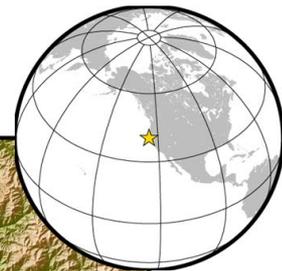
Velocidades medidas por GPS a largo plazo





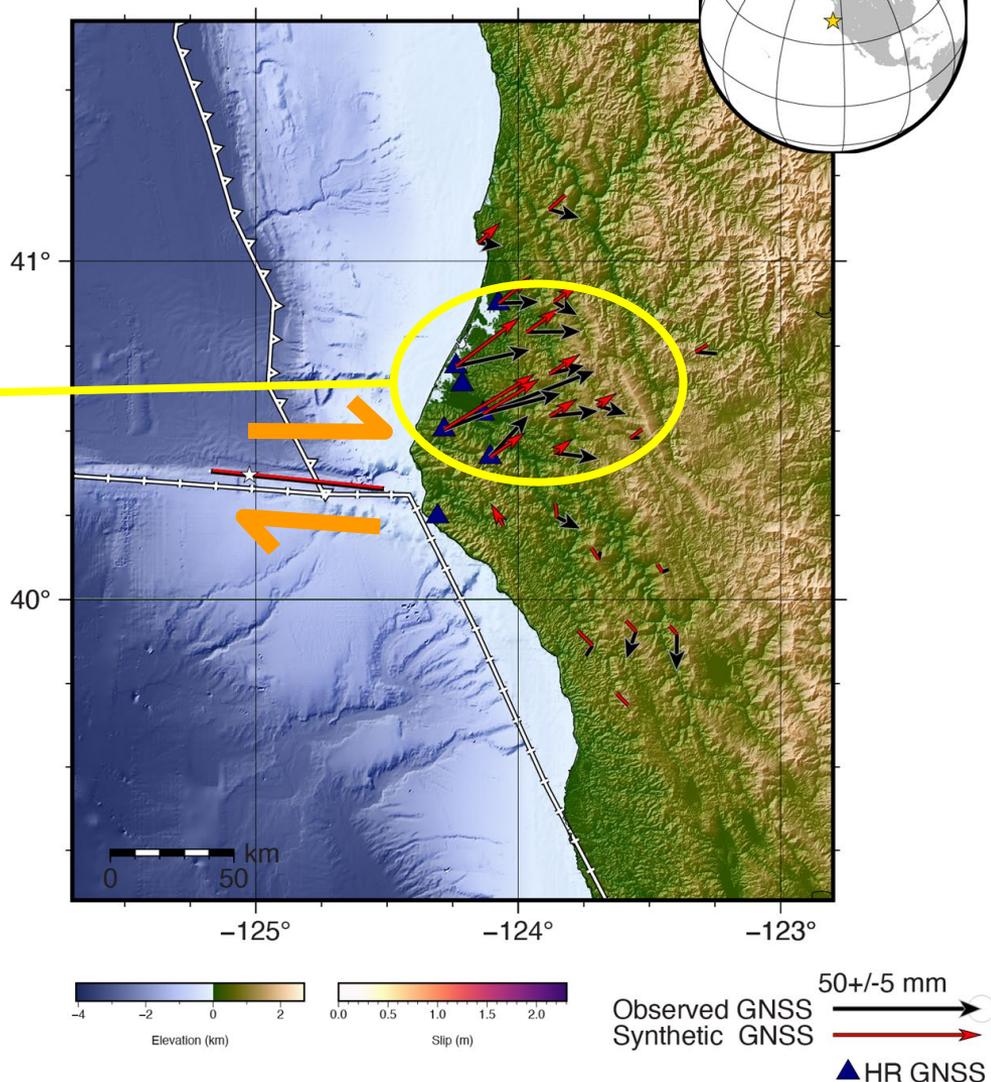
Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC



Las estaciones GPS también registran el movimiento de la tierra durante un terremoto.

Resultados preliminares muestran que, en tierra, el área al norte de la ruptura de la falla se desplazó hacia el noreste hasta 4 cm durante los segundos que duró la ruptura del terremoto.

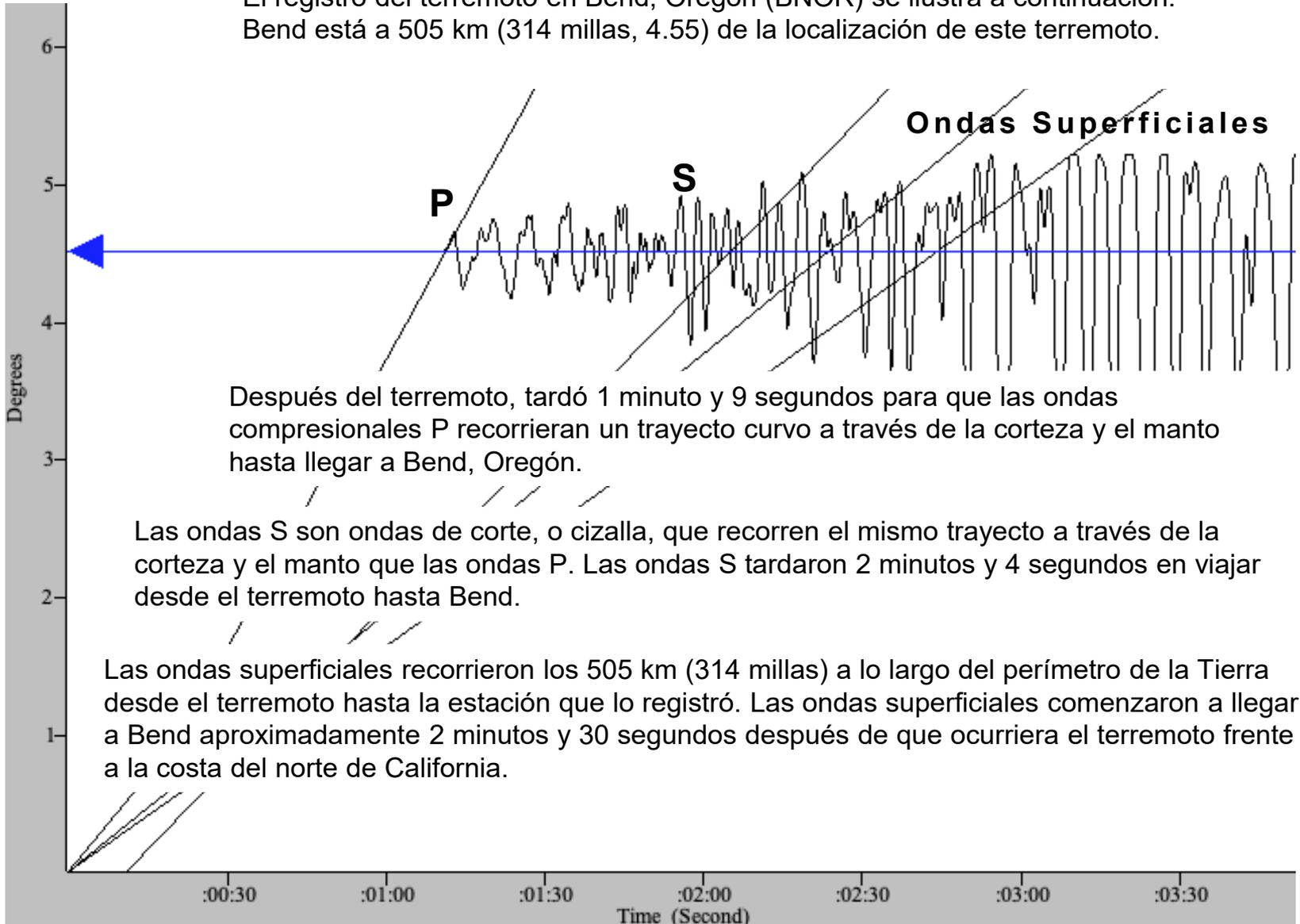




Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

El registro del terremoto en Bend, Oregón (BNOR) se ilustra a continuación. Bend está a 505 km (314 millas, 4.55) de la localización de este terremoto.



Después del terremoto, tardó 1 minuto y 9 segundos para que las ondas compresionales P recorrieran un trayecto curvo a través de la corteza y el manto hasta llegar a Bend, Oregón.

Las ondas S son ondas de corte, o cizalla, que recorren el mismo trayecto a través de la corteza y el manto que las ondas P. Las ondas S tardaron 2 minutos y 4 segundos en viajar desde el terremoto hasta Bend.

Las ondas superficiales recorrieron los 505 km (314 millas) a lo largo del perímetro de la Tierra desde el terremoto hasta la estación que lo registró. Las ondas superficiales comenzaron a llegar a Bend aproximadamente 2 minutos y 30 segundos después de que ocurriera el terremoto frente a la costa del norte de California.



Magnitud 7.0 Cabo Mendocino, CA

Jueves, 5 de diciembre de 2024 a las 18:44:19 UTC

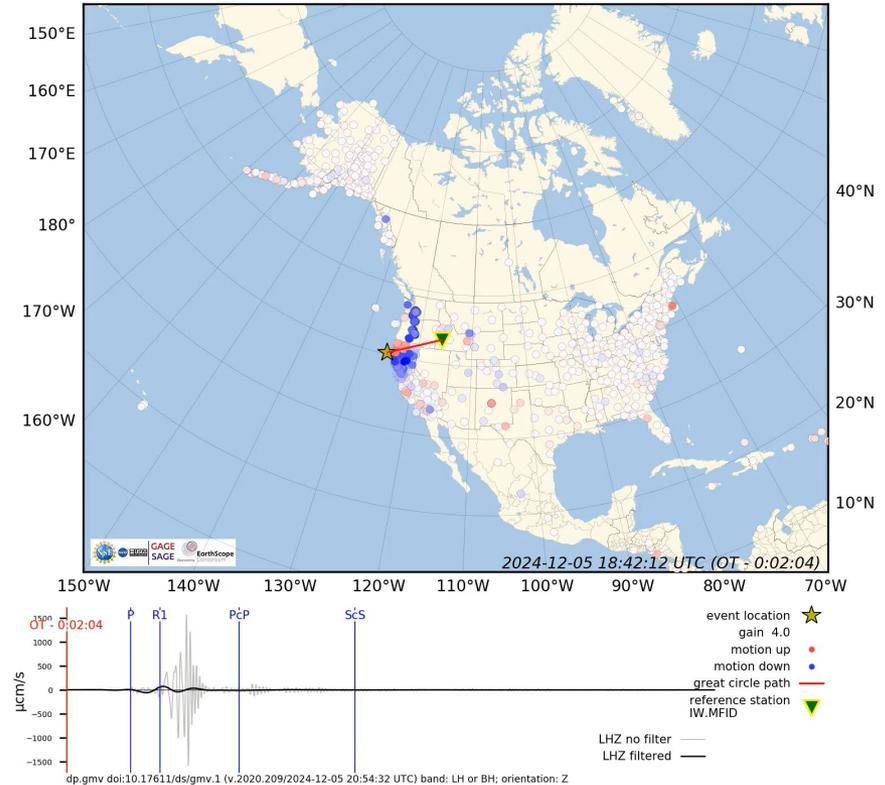


Las ondas de este terremoto se registraron en estaciones sísmicas a través de Norteamérica. Esta animación, llamada visualización de movimiento de la tierra, muestra el movimiento de la tierra según es detectado por los sismómetros.

Cada punto es una estación sísmica. Cuando la tierra se mueve hacia arriba, el punto se torna rojo, y cuando se mueve hacia abajo, se torna azul.

Las ondas sísmicas viajan a través y alrededor de la Tierra. Una vez las ondas sísmicas están lo suficientemente lejos de donde ocurrió el terremoto, no se pueden sentir por las personas, pero aún pueden ser detectadas por instrumentos sísmicos sensibles.

December 05, 2024, Off Coast Of Northern California, M 7.0
Origin Time (OT) = 18:44:16 UTC





Slide Guide

1. Where was the epicenter of this earthquake? (What city/region was it closest to?) When did the earthquake happen? What was its magnitude?
2. How many people are estimated to have felt the earthquake?
3. Which type of boundary is this earthquake related to?
4. What impact did the earthquake have on the location in which it was felt the strongest? (buildings, streets, animals, people...)
5. What additional hazards occurred in addition to the ground shaking? (tsunamis, floods, sinkholes, landslides, fires, volcanoes...)
6. How long did it take the first P-wave to travel to the seismic station in this slide stack?
7. What are 2 more questions you have about earthquakes that can NOT be answered with this slide stack?

Extension Questions

1. Seismic waves travel through the earth. Why did you or did you not feel the earthquake?
2. If you were going to write a news story on this earthquake, what would the headline be? *HINT: Think about where this earthquake occurred, the impact it had on the people living in the area, any effects the earthquake had on the area itself.*



Slide Guide

1. Where was the epicenter of this earthquake? (What city/region was it closest to?) When did the earthquake happen? What was its magnitude?
2. How many people are estimated to have felt the earthquake?
3. What relationship is shown between the seismic hazard map and population density?
4. Which plates are involved and what type of boundary are they creating?
5. What impact did the earthquake have on the location in which it was felt the strongest? (buildings, streets, animals, people...)
6. What additional hazards occurred in addition to the ground shaking? (tsunamis, floods, sinkholes, landslides, fires, volcanoes...)
7. How long did it take the first P-wave to travel to the seismic station in this slide stack?
8. What are 2 more questions you have about earthquakes that can NOT be answered with this slide stack?

Extension Questions

1. Seismic waves travel through the earth. Why did you or did you not feel the earthquake?
2. If you were going to write a news story on this earthquake, what would the headline be? *HINT: Think about where this earthquake occurred, the impact it had on the people living in the area, any effects the earthquake had on the area itself.*



Slide Guide

1. Where was the epicenter and hypocenter of this earthquake? (What city/region was it closest to? Longitude/latitude/depth?) When did the earthquake happen? What was its magnitude?
2. What impact did the earthquake have on the location in which it was felt the strongest? (*buildings, streets, animals, people...*)
3. Draw the block model of the fault for this earthquake. Overlay a drawing of the focal mechanism to show how the 2D projection was created. Label it with the type of fault.
4. How are the related tectonic plates involved in creating the nearby boundary? (*Include the type of boundary, and the velocity and name of the plates.*)
5. What additional hazards occurred in addition to the ground shaking? (*tsunamis, floods, sinkholes, landslides, fires, volcanoes...*)
6. Relate the area's population density to its seismic hazard level and earthquake history.

Extension Question

1. What efforts have there been to mitigate impacts from earthquakes? What additional mitigation efforts should be implemented?



Teachable Moments son un servicio del

EarthScope Consortium
y
la Universidad de Portland

Por favor, envía tus comentarios a tammy.bravo@earthscope.org

Para recibir notificaciones automáticas de nuevos *Teachable Moments*, envía un correo electrónico en blanco a earthquakes+subscribe@earthscope.org



GAGE
SAGE

Operated by



Estos recursos se han desarrollado como parte de SAGE, facilidad operada por el EarthScope Consortium con el apoyo de la National Science Foundation.