

# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

Hace diez años, el 11 de marzo del 2011, se produjo un devastador terremoto de magnitud 9,1 a 130 km (80 millas) al este de Sendai, Honshu, Japón y 373 km (231 millas) al noreste de Tokio, Japón a una profundidad de 24,4 km (15 millas).

En esta foto del 15 de marzo de 2011, un sobreviviente del terremoto y el tsunami recorre con su bicicleta la devastada ciudad de Minamisanriku, en el noreste de Japón, cuatro días después del tsunami.

(Foto AP / David Guttenfelder)



# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

Este terremoto M 9,1 y el tsunami que siguió causaron 15.899 muertes y 6.157 heridos, con 2.529 desaparecidos. 130.927 personas fueron desplazadas de sus hogares. 332.395 edificios, 2.126 carreteras, 56 puentes y 26 vías férreas fueron destruidos o dañados. La gran mayoría de las víctimas mortales y los daños se debieron al tsunami y se concentraron en la costa del Pacífico del norte de Honshu.

Se interrumpieron los servicios de electricidad, gas, agua, telecomunicaciones y el servicio ferroviario. El tsunami inutilizó el suministro eléctrico y el enfriamiento de tres reactores de Fukushima Daiichi, provocando un accidente nuclear. La región experimentó licuefacción, deslizamientos de tierra y la ruptura de una represa.



Una vista aérea combinada muestra la escuela primaria Okawa después del tsunami (parte superior, 15 de marzo del 2011) y (parte inferior, 28 de septiembre del 2020) en Ishinomaki, prefectura de Miyagi.

Setenta y ocho estudiantes y diez maestros de la escuela primaria murieron en el tsunami.

El Yomiuri Shimbun vía imágenes de AP



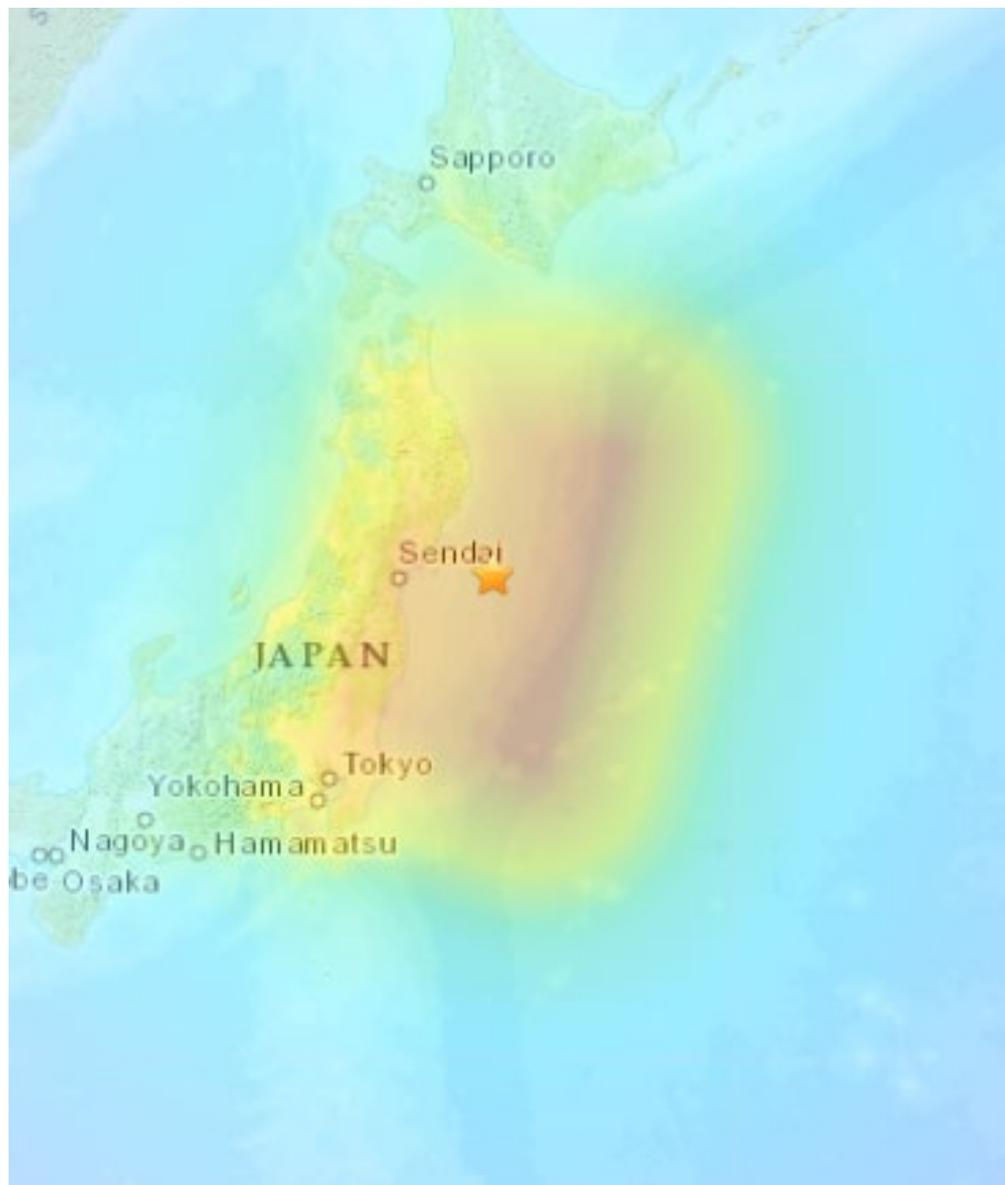
# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

La escala de intensidad de Mercalli modificada (MMI) es una escala de doce niveles, numeradas del I al X, que indica la severidad de los movimientos telúricos.

La intensidad se basa en los efectos observados y es variable en el área afectada por un terremoto. La intensidad depende del tamaño, la profundidad, la distancia y las condiciones locales del terremoto.

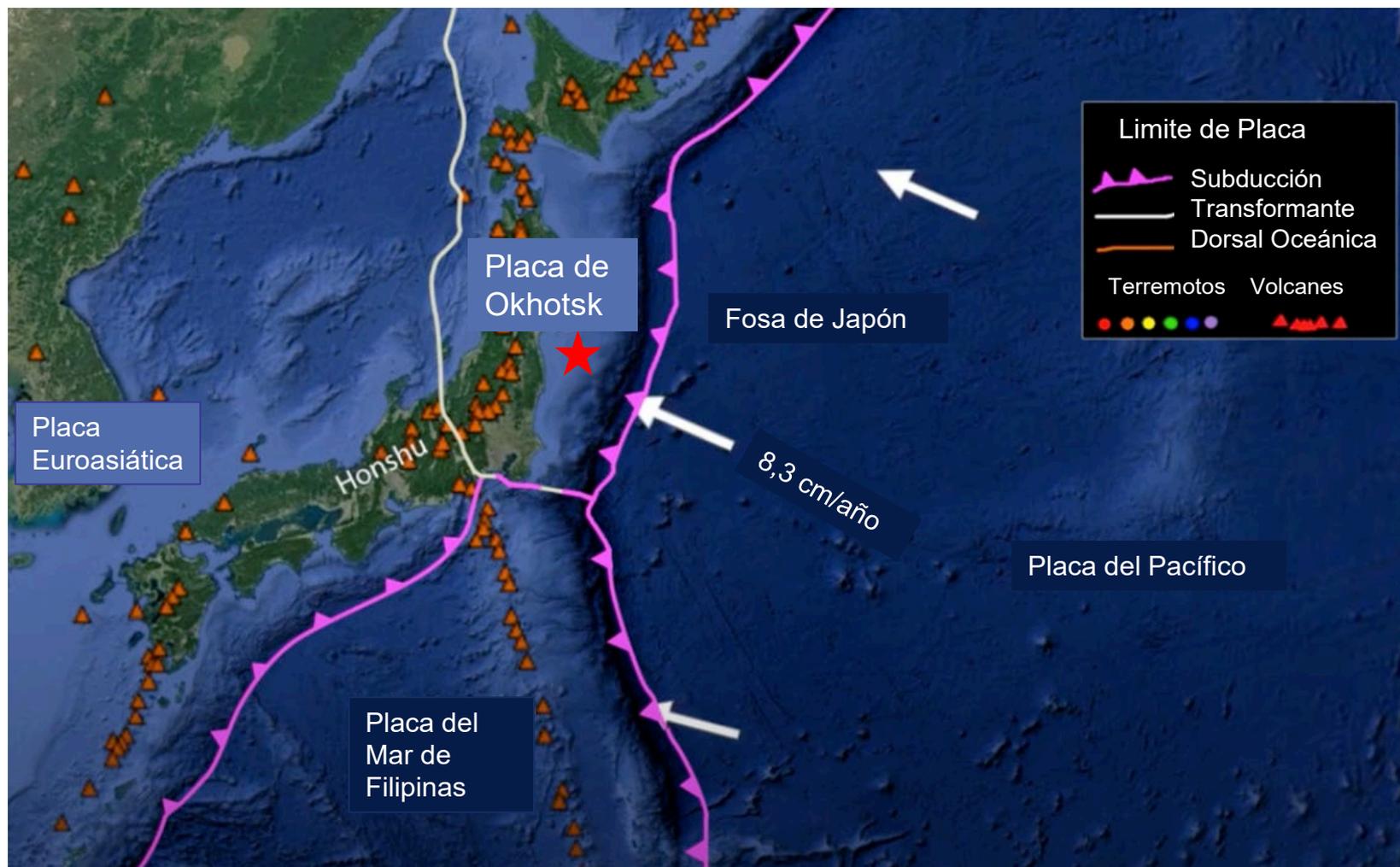
MMI	Temblor Percibido
X	Extremo
IX	Violento
VIII	Severo
VII	Muy Fuerte
VI	Fuerte
V	Moderado
IV	Ligero
II-III	Débil
I	Imperceptible



USGS Intensidad de Movimiento Estimada del Terremoto M 9,1

# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC



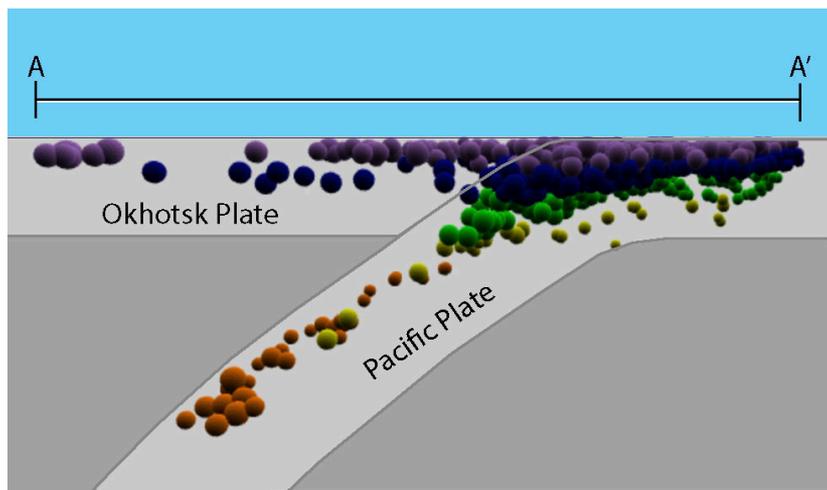
En el norte de Honshu, la Placa del Pacífico se subduce por debajo de la Placa de Ojotsk a una velocidad de 8,3 cm / año. El epicentro de este terremoto de magnitud 9,1 es mostrado por la estrella roja.

# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

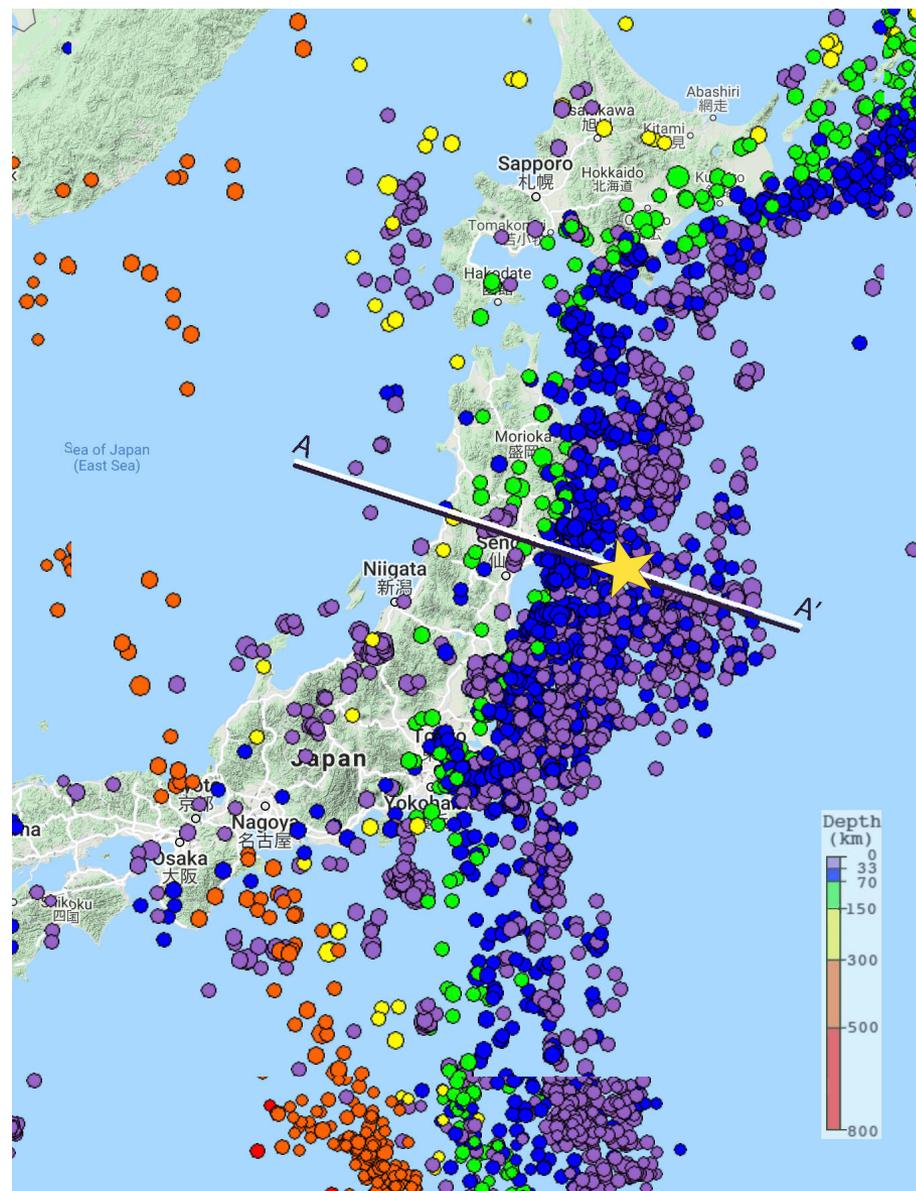
Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

El mapa de la derecha muestra la actividad histórica de terremotos > M 5 cerca del epicentro (estrella) desde 1990 hasta el presente.

Como se muestra en la sección transversal, los terremotos son poco profundos (violetas) en la Fosa de Japón y aumentan en profundidad hacia el oeste a medida que la Placa del Pacífico se sumerge más profundamente debajo de Japón.



Sección transversal de sismicidad que muestra el límite de la placa de mega empuje que se sumerge debajo del norte de Honshu.

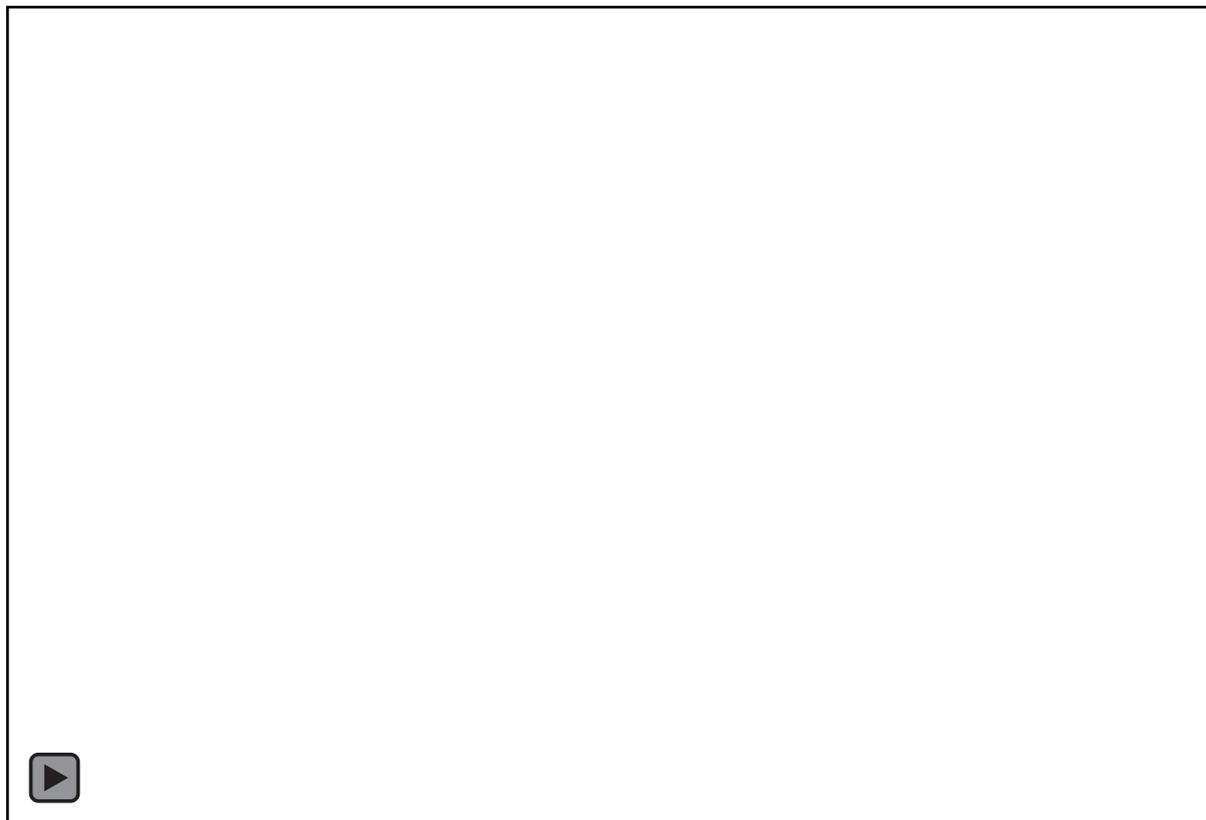


Imágenes creada con el navegador de terremotos de IRIS

Animando 21 años de sismicidad regional mayor que la magnitud 5. La estrella roja destaca una réplica reciente de 2021, la estrella negra destaca el terremoto M 9,1 del 2011.

Este terremoto fue precedido por una serie de grandes sismos durante los dos días anteriores, comenzando el 9 de marzo con un evento de M 7,2 aproximadamente a 40 km del M 9,1.

En los 10 años que siguieron, las réplicas han continuado y ahora se cuentan por miles.



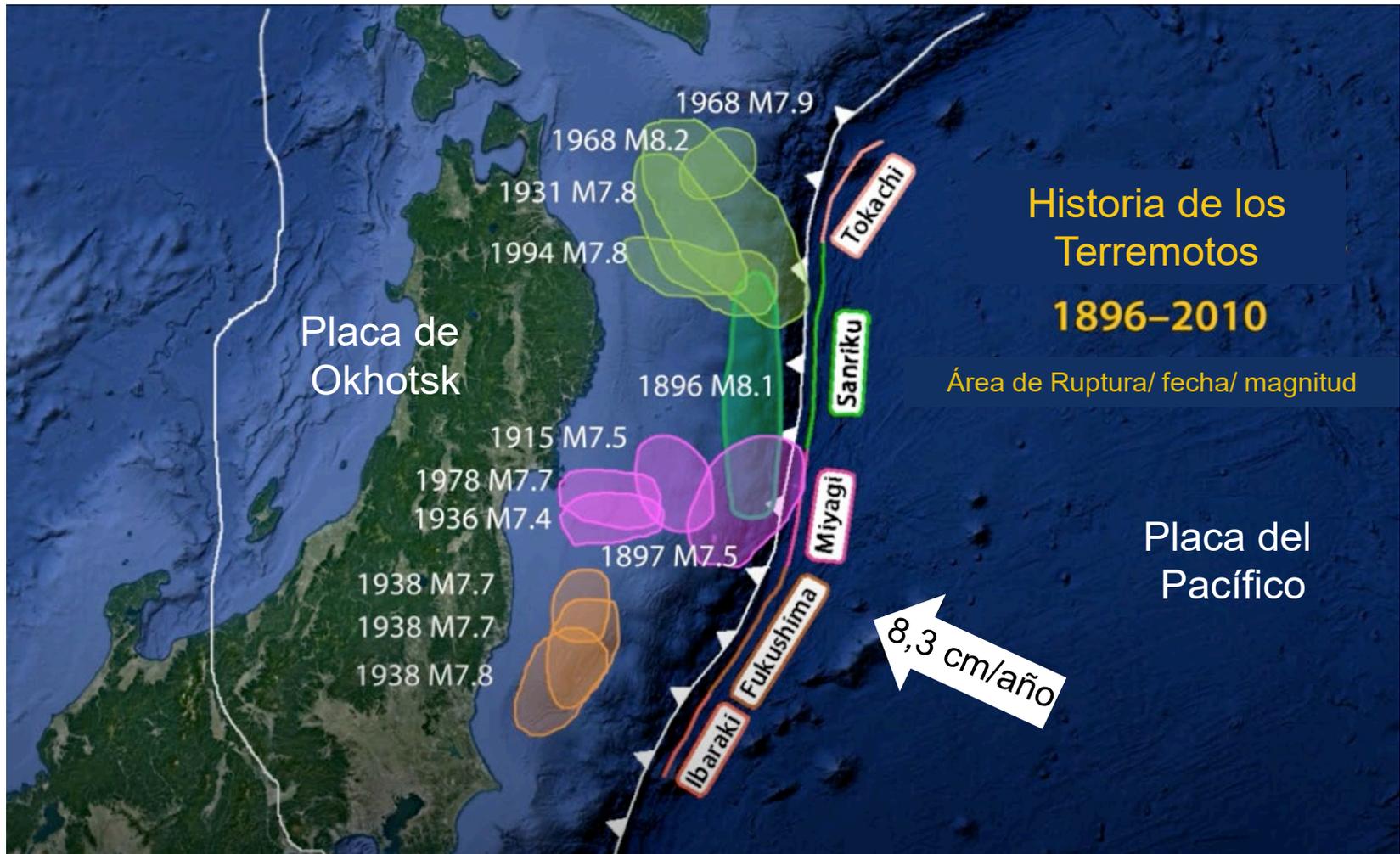
*Animación* creada con el navegador de terremotos de IRIS

Una animación que explora la configuración tectónica de Japón.



# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

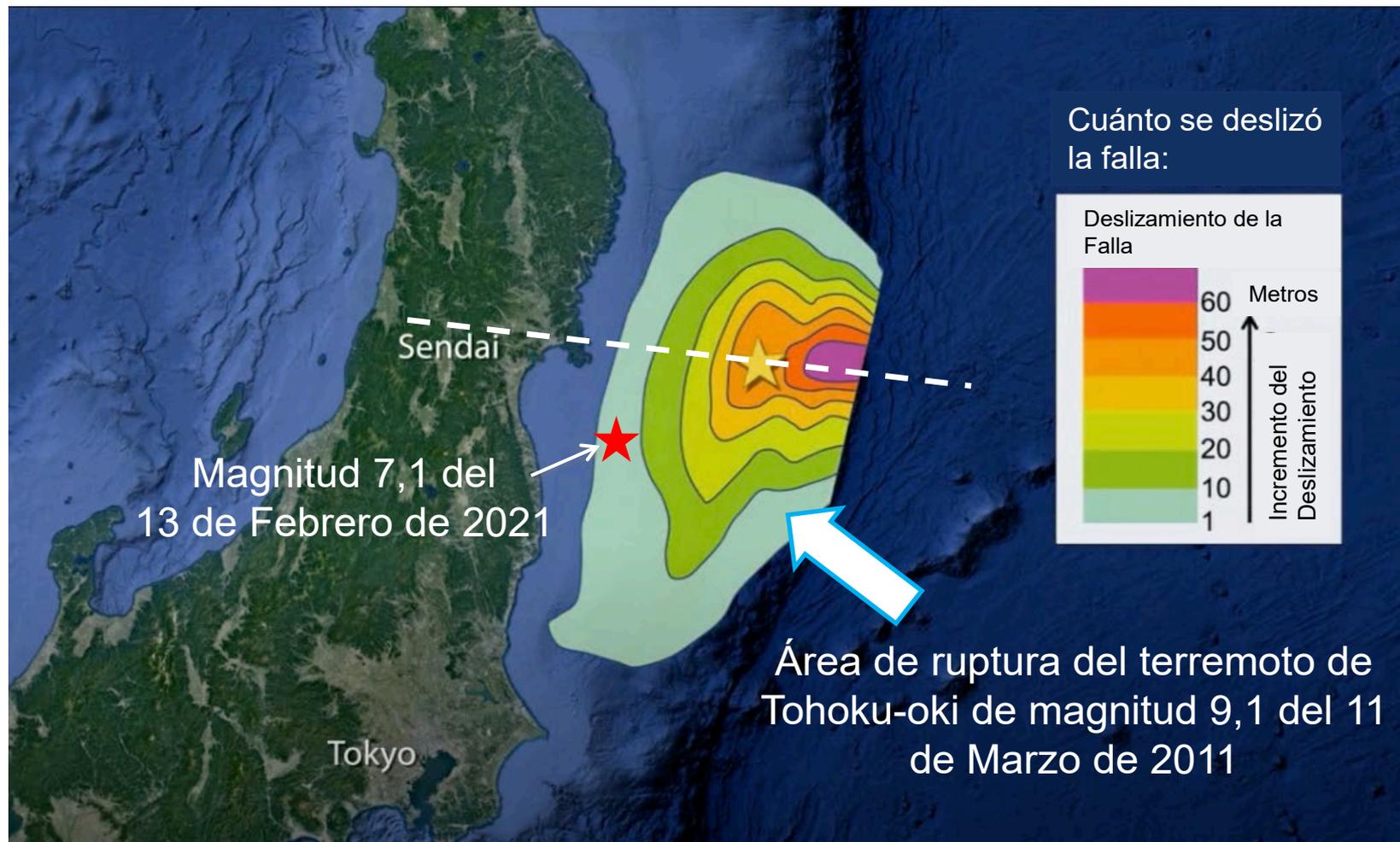
Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC



En este mapa, el año, la magnitud y el área de ruptura son mostrados para terremotos de magnitud 7,4 y mayores en el límite de placa de subducción Pacífico-Ojotsk desde 1896 hasta 2010, justo antes del terremoto de magnitud 9,1 del 2011.

# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC



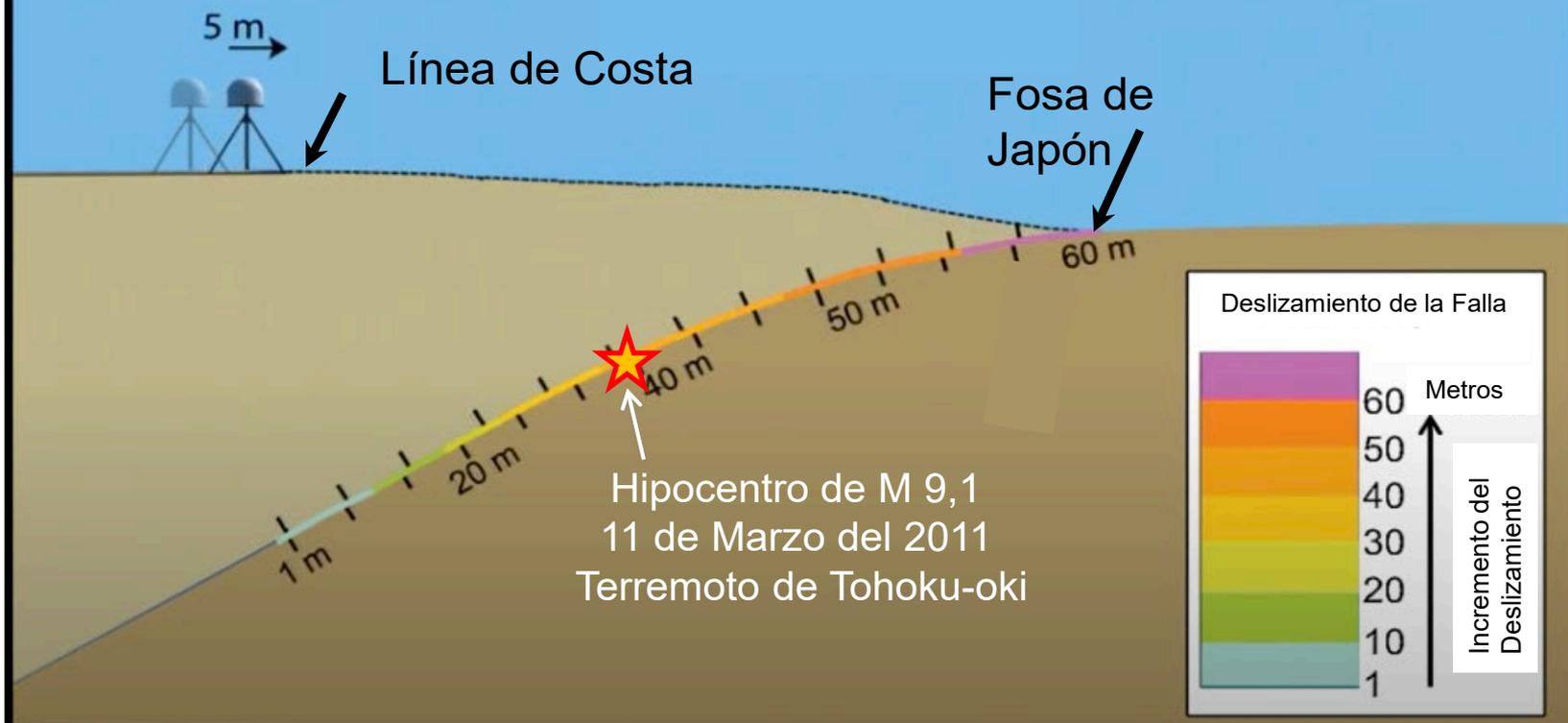
El 11 de marzo de 2011, el terremoto M 9,0 de Tohoku-oki provocó la ruptura de un área de 500 km de largo por 200 km de ancho del límite de placa de mega-empuje del Pacífico y Ojotsk. El deslizamiento de la falla alcanzó más de 60 metros cerca de la Fosa de Japón. Este gran terremoto, el más grande en la historia de Japón, y el tsunami resultante cobraron la vida de casi 20.000 personas y causaron daños materiales por aproximadamente 200.000 millones de dólares. En la siguiente diapositiva se muestra una sección transversal a lo largo de la línea punteada.

# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

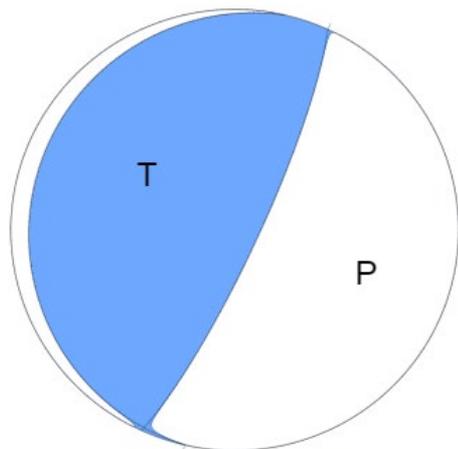
## Sección transversal del hipocentro del terremoto de Tohoku-oki del 11 de Marzo de 2011

Movimiento de la estación GPS durante el terremoto de M 9,1 Tohoku-oki



El deslizamiento de la falla durante el terremoto M 9,1 Tohoku-oki se muestra en esta sección transversal a través del hipocentro a ~ 25 km de profundidad. El deslizamiento de la falla fue de 40 metros en el hipocentro y aumentó a más de 60 metros en la Fosa de Japón. El deslizamiento de la falla disminuyó la caída desde el hipocentro a aproximadamente 1 metro a ~ 50 km de profundidad.

El mecanismo focal es cómo los sismólogos trazan las orientaciones de esfuerzos tridimensionales de un terremoto. Debido a que un terremoto ocurre como deslizamiento en una falla, 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 determinada a partir de ondas sísmicas registradas determina el tipo de falla que produjo el terremoto.

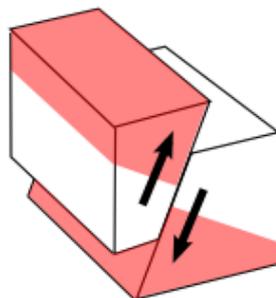


En este caso, la ubicación del terremoto y el mecanismo focal indican que se debió a una falla de empuje en el límite de placa entre la Placa del Pacífico en subducción y la Placa de Ojotsk predominante.

Solución Tensor Momento Sísmico  
Fase W , USGS

El eje de tensión (T) refleja la dirección de tensión de compresión mínima. El eje de presión (P) refleja la máxima dirección de esfuerzo de compresión.

## Inversa/ Empuje/ Compresión



Modelo de  
bloque



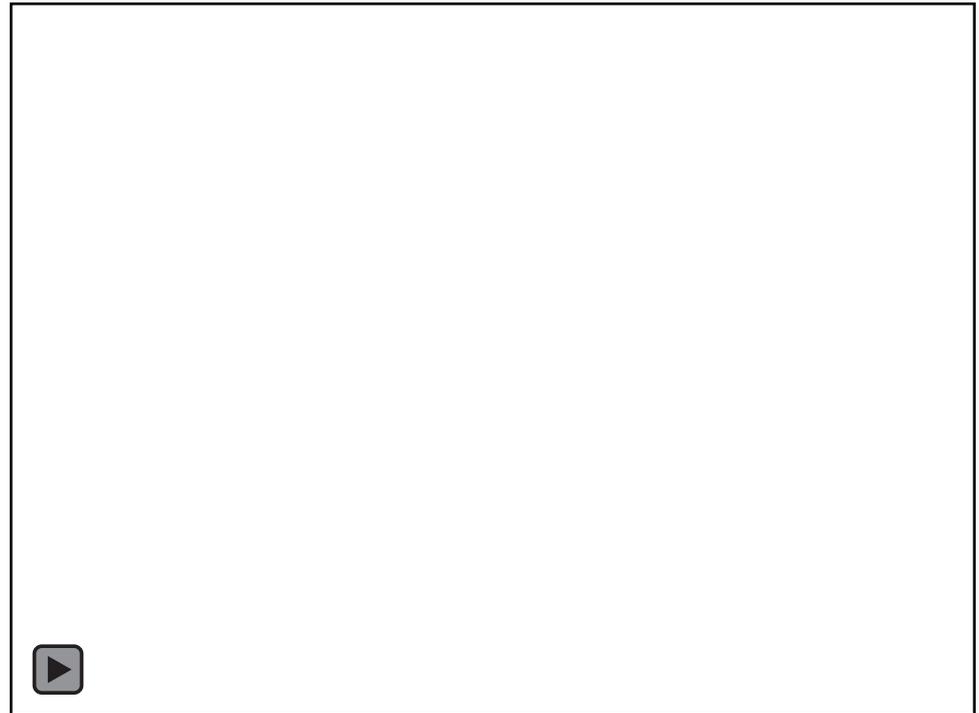
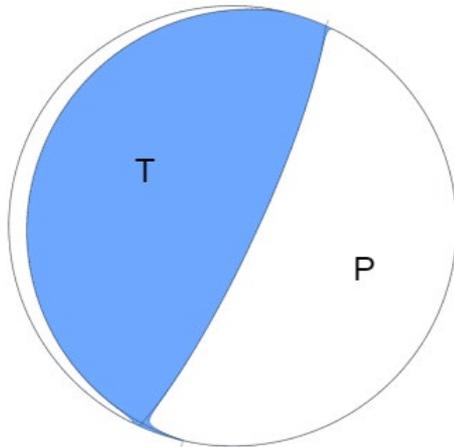
Esfera Focal



Proyección de la  
Esfera Focal en 2D

Esta animación explora el movimiento de una falla inversa y cómo se representan las fallas inversas en un mecanismo focal.

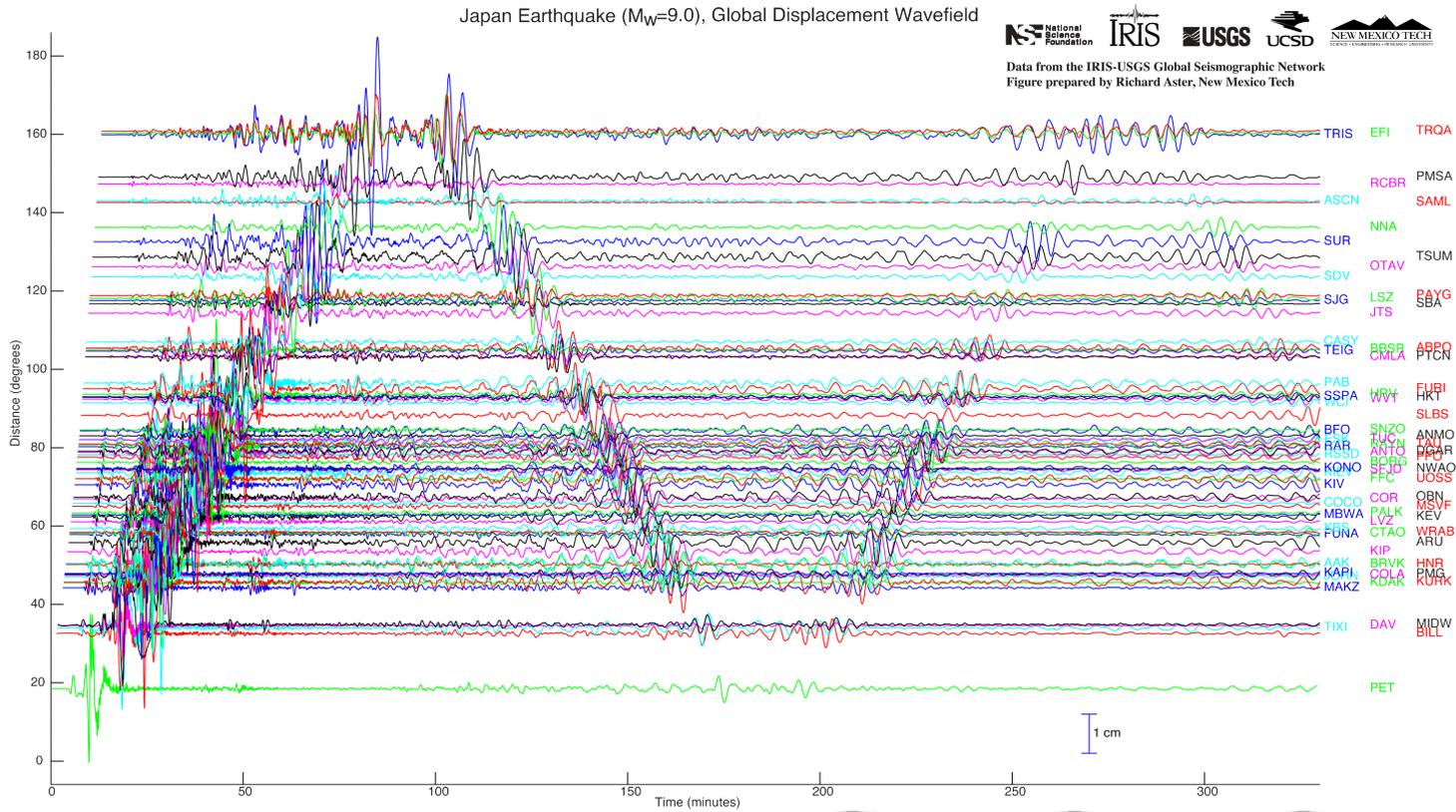
Recuerde, esta fue la solución del mecanismo focal para este terremoto. Se estimó mediante un análisis de las formas de onda sísmica observadas, registradas después del terremoto, observando el patrón de los "primeros movimientos", es decir, si las primeras ondas P que llegan empujan hacia arriba o hacia abajo.



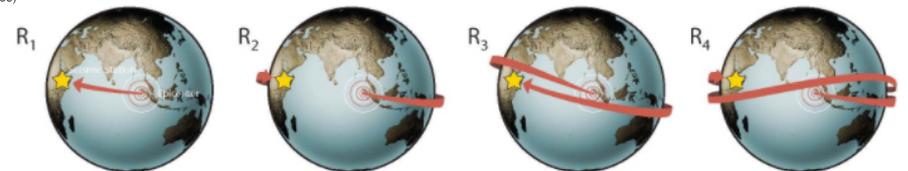
# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

Este conjunto de sismogramas muestra el movimiento vertical de la superficie de la Tierra debido a las ondas sísmicas generadas por el terremoto. Los sismogramas se grafican con respecto al tiempo desde el inicio del terremoto en el eje horizontal y se ordenan verticalmente según la distancia al epicentro en grados.



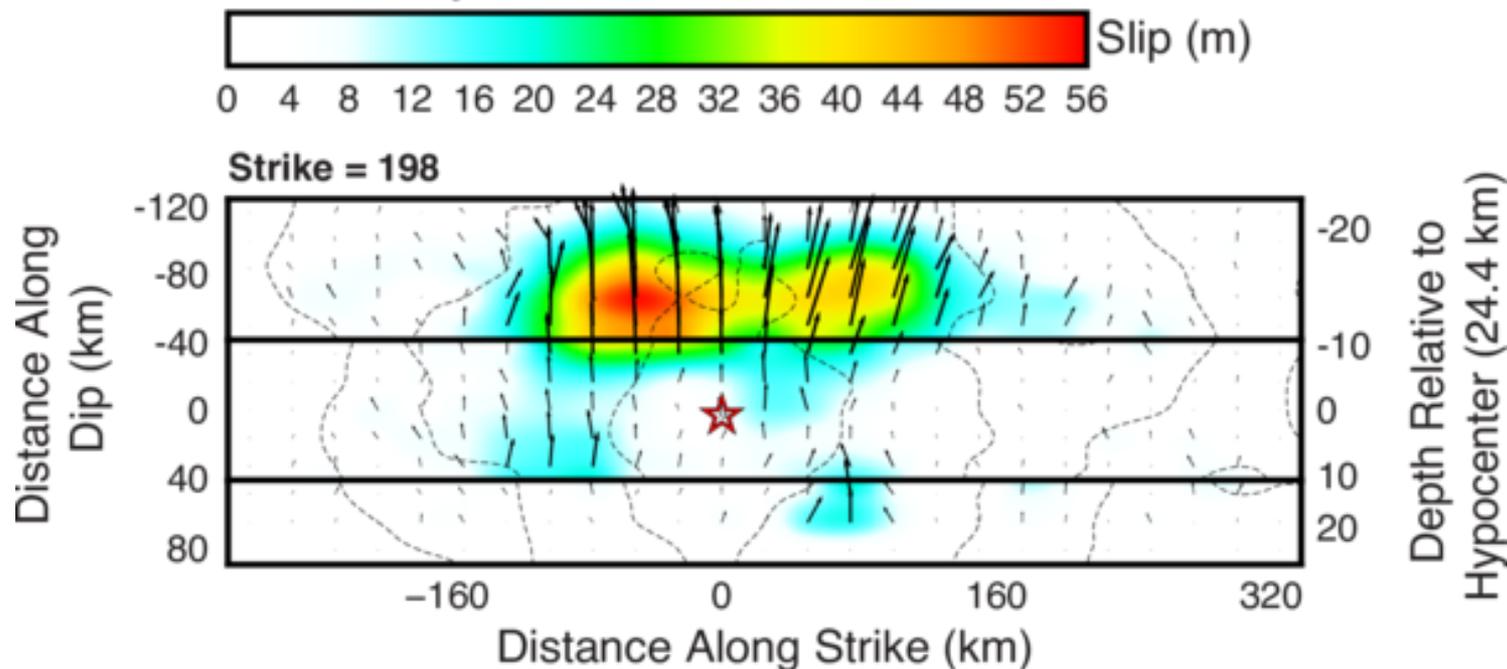
*Trayectos de las ondas superficiales de los terremotos a medida que viajan varias veces alrededor de la Tierra*



Este "mapa" del deslizamiento en la superficie de la falla del terremoto M 9.1 de Japón muestra cómo el desplazamiento de la falla se propagó hacia afuera desde un punto inicial (o foco) a unos 24 km por debajo de la superficie de la Tierra. La ruptura se extendió a más de 500 km a lo largo de la falla y desde la superficie de la Tierra hasta profundidades de más de 50 km.

**Rupture Front Contours  
Plotted Every 40 s**

*Imagen Cortesía del Servicio Geológico de los EE.UU.*

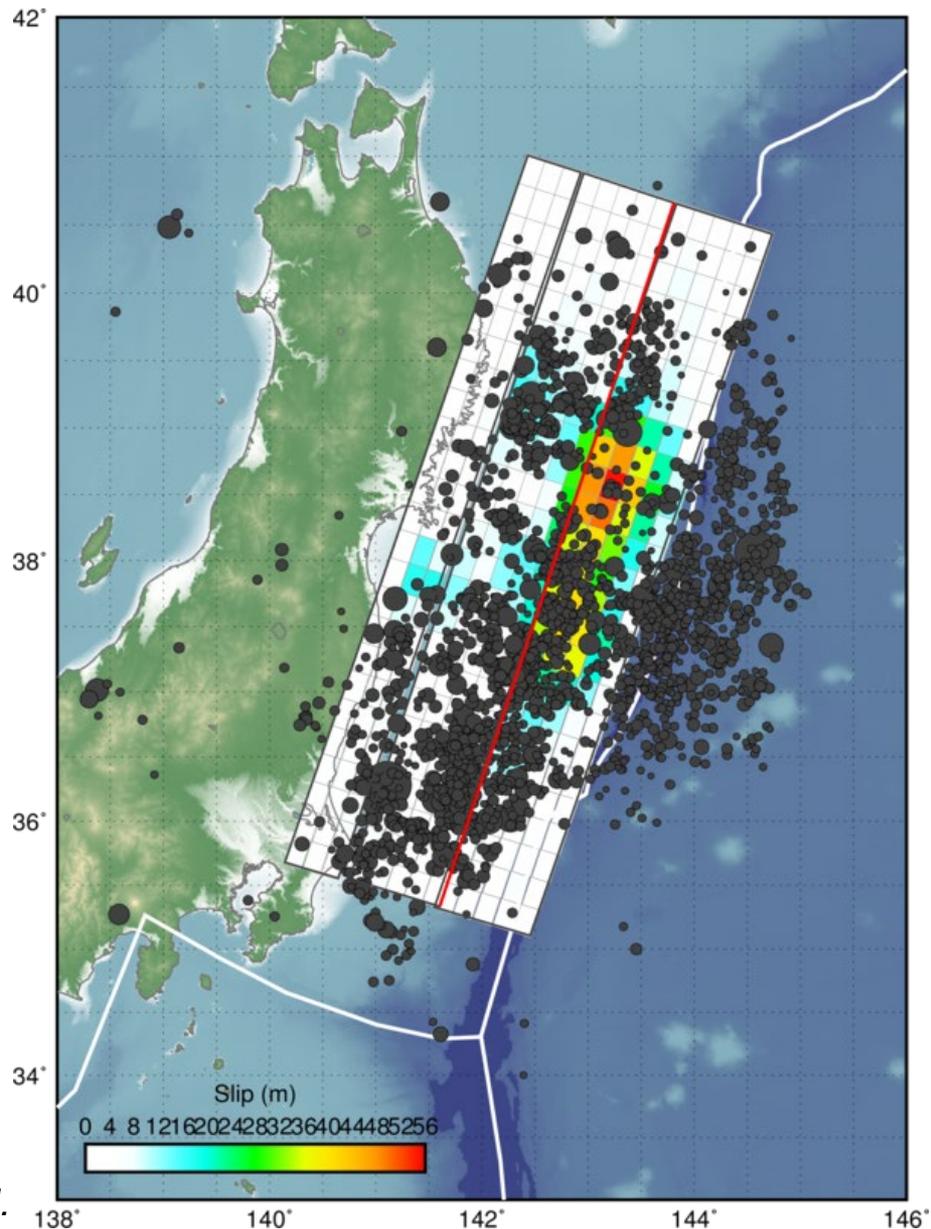


*Distribución de deslizamiento de fallas en la zona de ruptura de mega-empuje. El hipocentro se muestra con la estrella roja. Las distancias de deslizamiento de la falla están codificadas por colores y la dirección del movimiento de la pared colgante con respecto a la pared fija se indica mediante flechas negras. Los contornos discontinuos muestran el perímetro de la zona de ruptura moviéndose hacia afuera desde el hipocentro a intervalos de 40 segundos.*

La superposición de la distribución del deslizamiento en un mapa permite visualizar el tamaño de la ruptura de este terremoto.

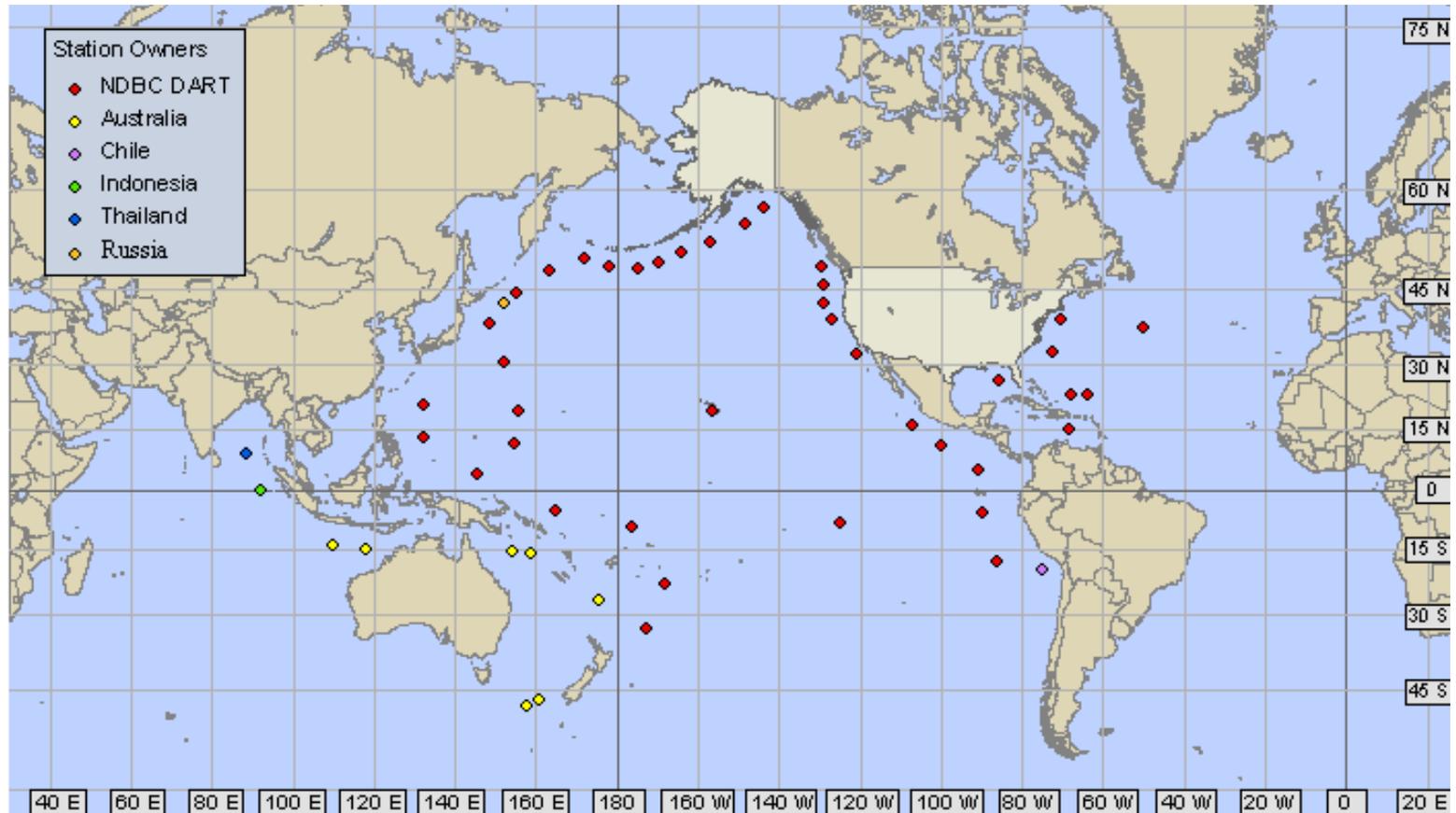
Los círculos grises son ubicaciones de réplicas, dimensionadas por magnitud.

El deslizamiento no fue uniforme en la falla. Después de un terremoto, la tensión en la falla cambia. Las réplicas ocurren debido a estos cambios de estrés y, a menudo, ocurren sobre o cerca de la falla principal.



# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC

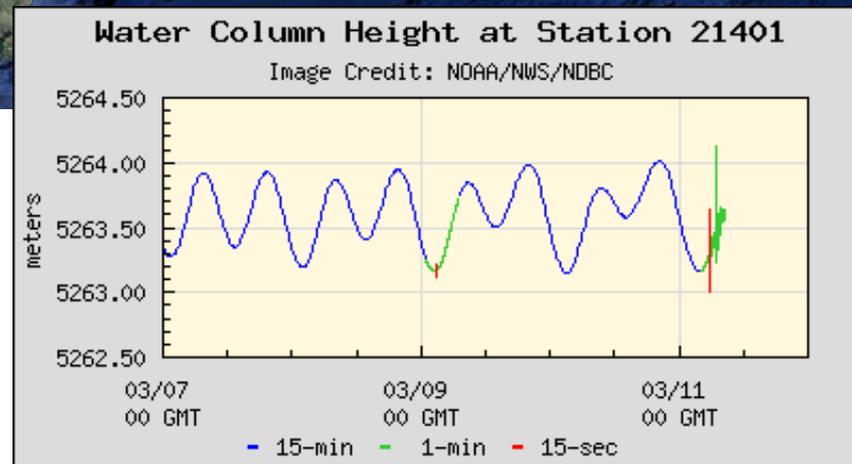
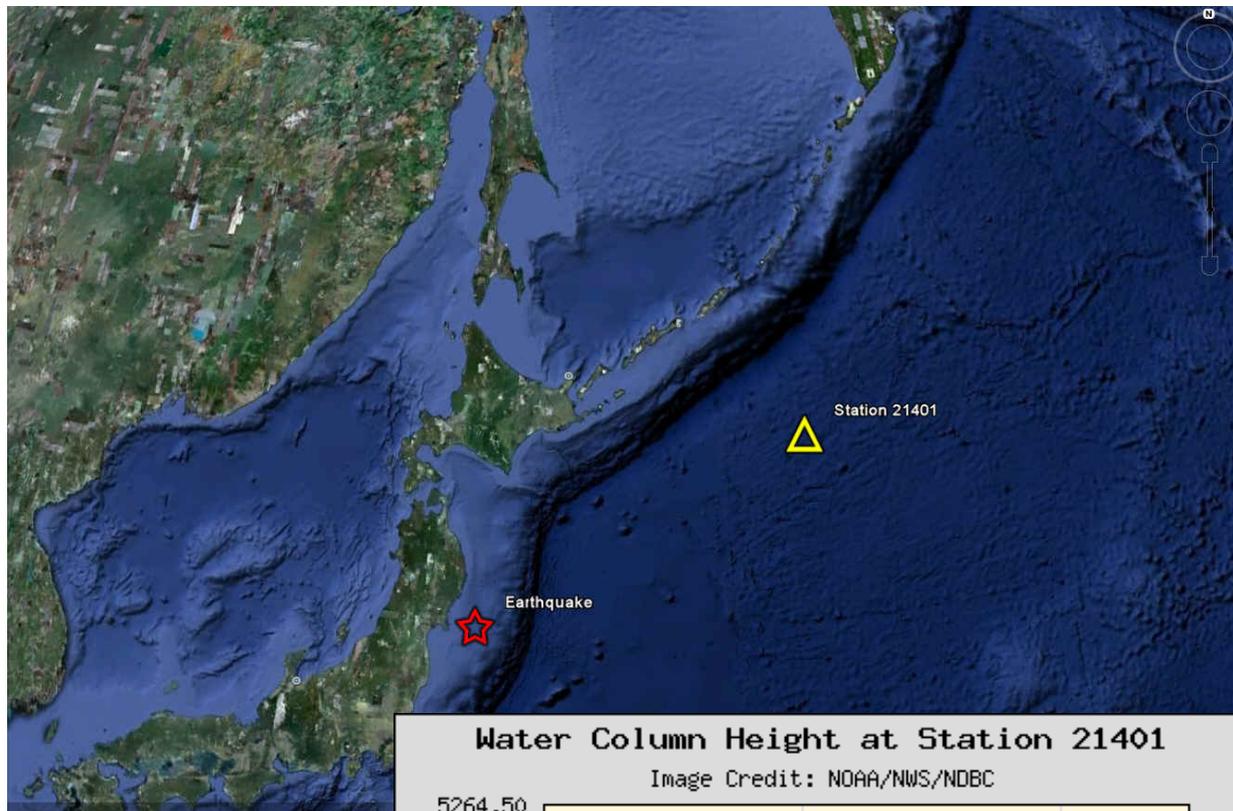


Ubicación de las estaciones DART que comprenden la red operacional del Centro Nacional de Datos de Balizas (NDBC) de NOAA.

Los sistemas de monitoreo de tsunamis se han implementado estratégicamente cerca de regiones con un historial de generación de tsunamis. La medición de la altura de las olas a medida que se propagan hacia el océano abierto se utiliza para pronosticar los tiempos de llegada de los tsunamis y las alturas en costas distantes.

Los grandes terremotos poco profundos en las zonas de subducción a menudo causan tsunamis porque compensan el fondo del océano. El terremoto M 9,1 del 11 de marzo del 2011 generó un tsunami masivo porque elevó el fondo del océano hasta 10 metros.

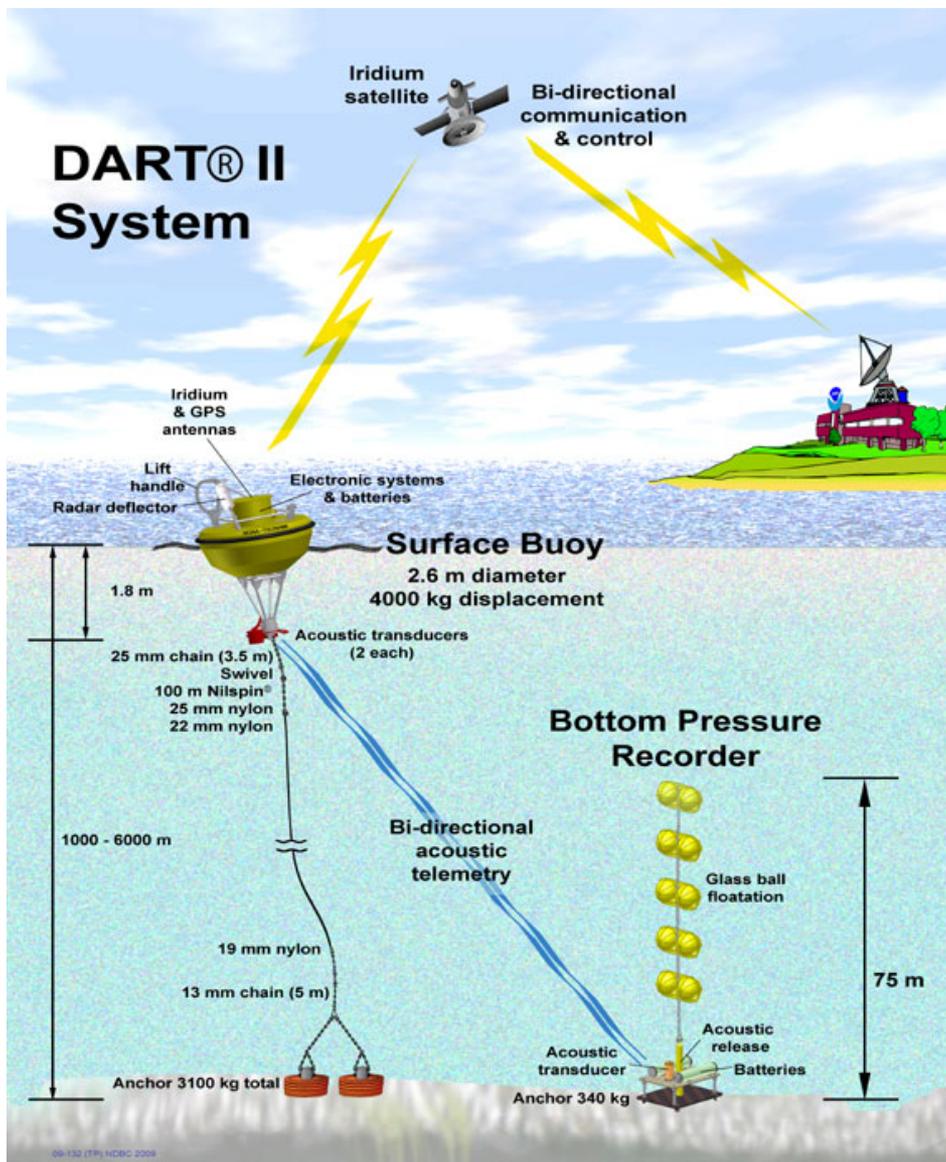
Las mediciones de DART cercanas permitieron avisos de la hora de llegada de los tsunamis y la altura de las olas alrededor del Océano Pacífico.



*El cambio de altura de la columna de agua que activó el sistema. Las oscilaciones azules son mareas, mientras que las líneas verdes muestran las olas del tsunami que pasan por la estación DART.*

# Magnitud 9,1 CERCANÍA COSTA ESTE DE HONSHU, JAPÓN

Viernes, 11 de Marzo, 2011 a las 05:46:23 UTC



El sistema DART II® consiste de un sistema de registro de presión en el fondo del mar (BPR) capaz de detectar tsunamis tan pequeños como 1 cm, y una boya superficial anclada para comunicaciones en tiempo real.

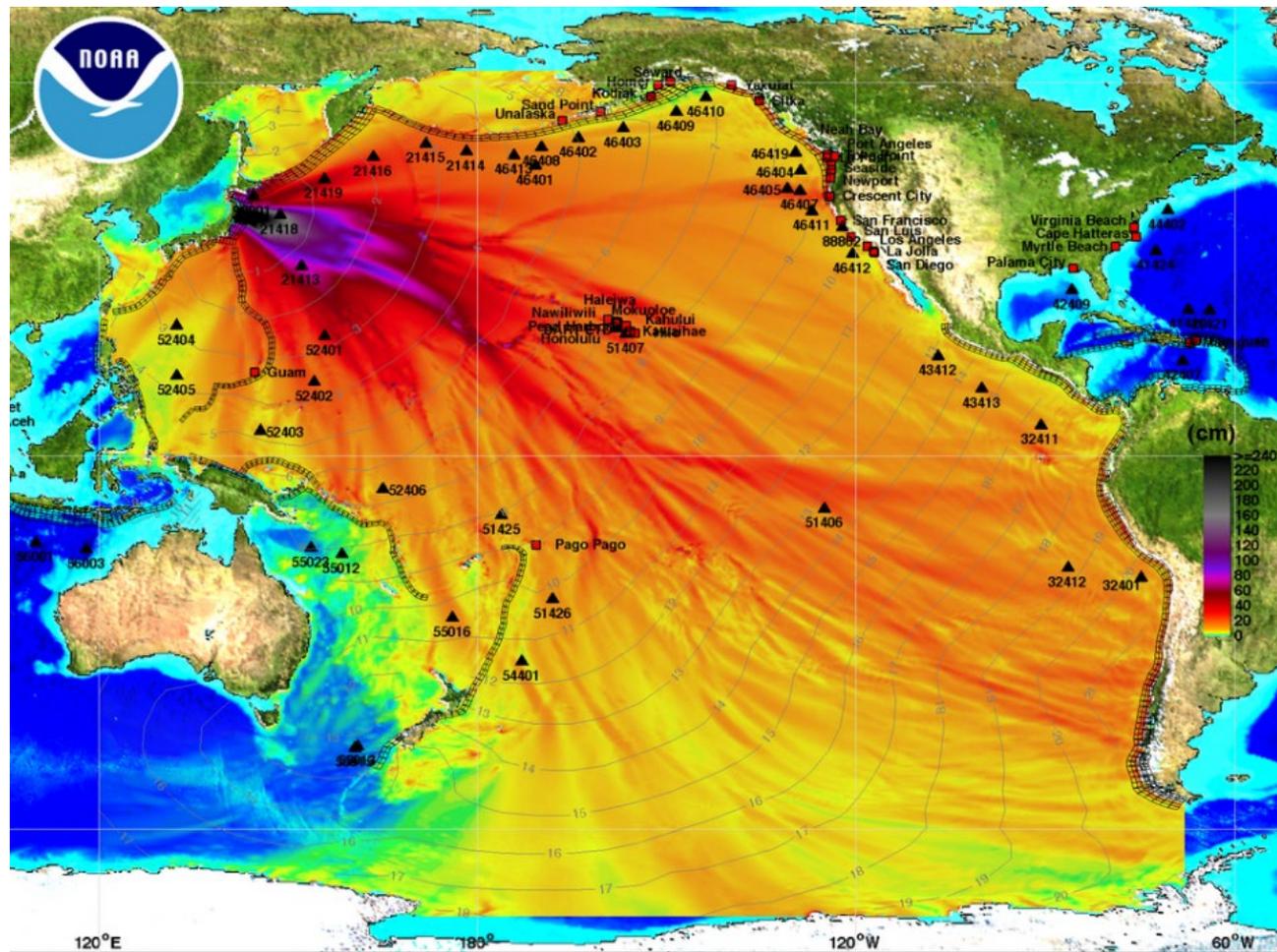
DART II® tiene comunicación bidireccional entre el BPR y el Centro de advertencia de Tsunami (TWC) usando el sistema Iridium de comunicación satelital comercial. La comunicación bidireccional le permite al TWCs configurar las estaciones en modo de evento en anticipación de posibles tsunamis o recuperar los datos de alta resolución (intervalos de 15-s) en bloques de una hora para análisis detallados.

El sistema DART II® transmite datos de modo estándar, conteniendo veinticuatro observaciones de las alturas del nivel del mar estimadas en intervalos de 15 minutos, una vez cada 6 horas.

Después de este terremoto, se emitió una alerta de tsunami en todo el Pacífico. Las curvas de nivel de este mapa muestran el tiempo de viaje del tsunami en horas y los colores indican la altura de las olas en centímetros. Vea la leyenda de la altura de las olas en la cima de América del Sur.

La batimetría del fondo del océano afecta la altura de las olas porque un tsunami mueve el agua de mar hasta el fondo del océano.

En mar abierto, las olas del tsunami pueden viajar a velocidades de hasta 800 km por hora (500 millas por hora), tan rápido como un avión a reacción.



## Japón

El tsunami destruyó o dañó gravemente muchas ciudades costeras de Japón. El tsunami causó la muerte a más de 17.000 personas, todas menos dos en Japón.

## Indonesia

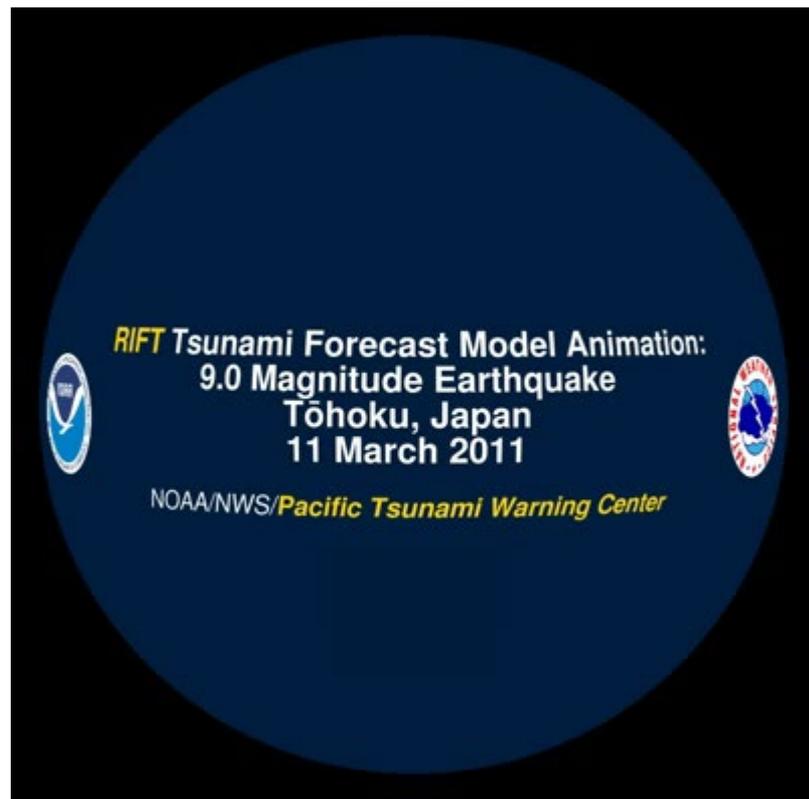
Una persona murió y varias casas fueron destruidas en Jayapura, Indonesia por el tsunami (altura de ola 2 m).

## EE.UU

Una persona murió al sur de Crescent City, California (altura de ola 247 cm). Varias casas, barcos y muelles fueron destruidos o dañados en Santa Cruz, California; Brookings, Oregón; Hale`iwa, Kailua Kona y Kealakekua, Hawaii.

## Sudamérica

Edificaciones resultaron dañados en las Islas Galápagos, Ecuador (altura de ola de 208 cm). Varias casas fueron destruidas en Perú. Varios edificios y embarcaciones fueron destruidos en Chile.

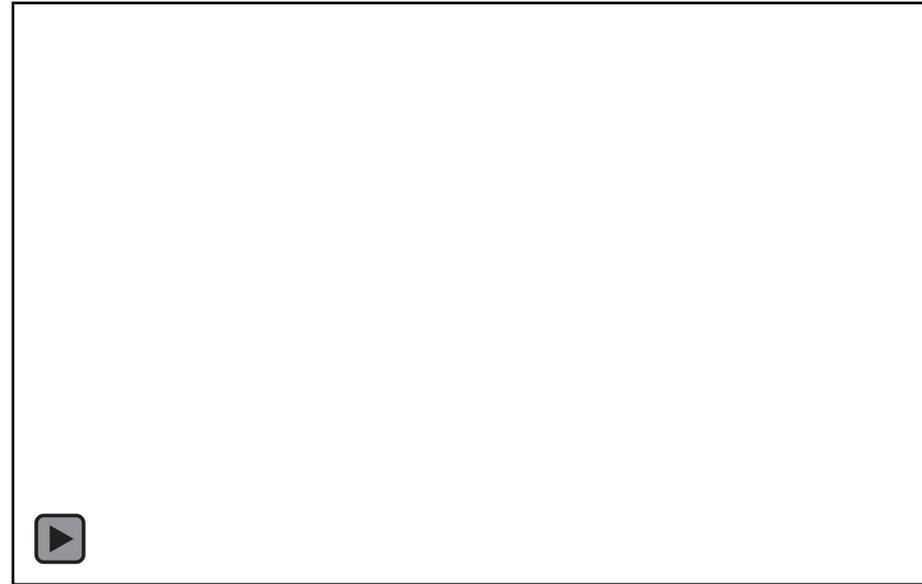


Esquema de colores de peligro de la costa  
azul-verde - sin peligro  
amarillo-anaranjado - riesgo bajo  
rojo - peligro significativo  
rojo oscuro - peligro severo

El terremoto y el tsunami del 11 de marzo del 2011 fue una tragedia. La investigación desde que ocurrió este terremoto ha demostrado que la combinación de observaciones de GPS y sismómetros puede determinar el deslizamiento de fallas durante terremotos de zonas de subducción de magnitud 8 o 9 dentro de los dos minutos desde el comienzo del terremoto. Tales determinaciones rápidas y precisas de deslizamientos de fallas son particularmente importantes para las alertas de tsunamis. La combinación de observaciones de GPS y sismómetros es una nueva disciplina emergente llamada "sismogeodesia".

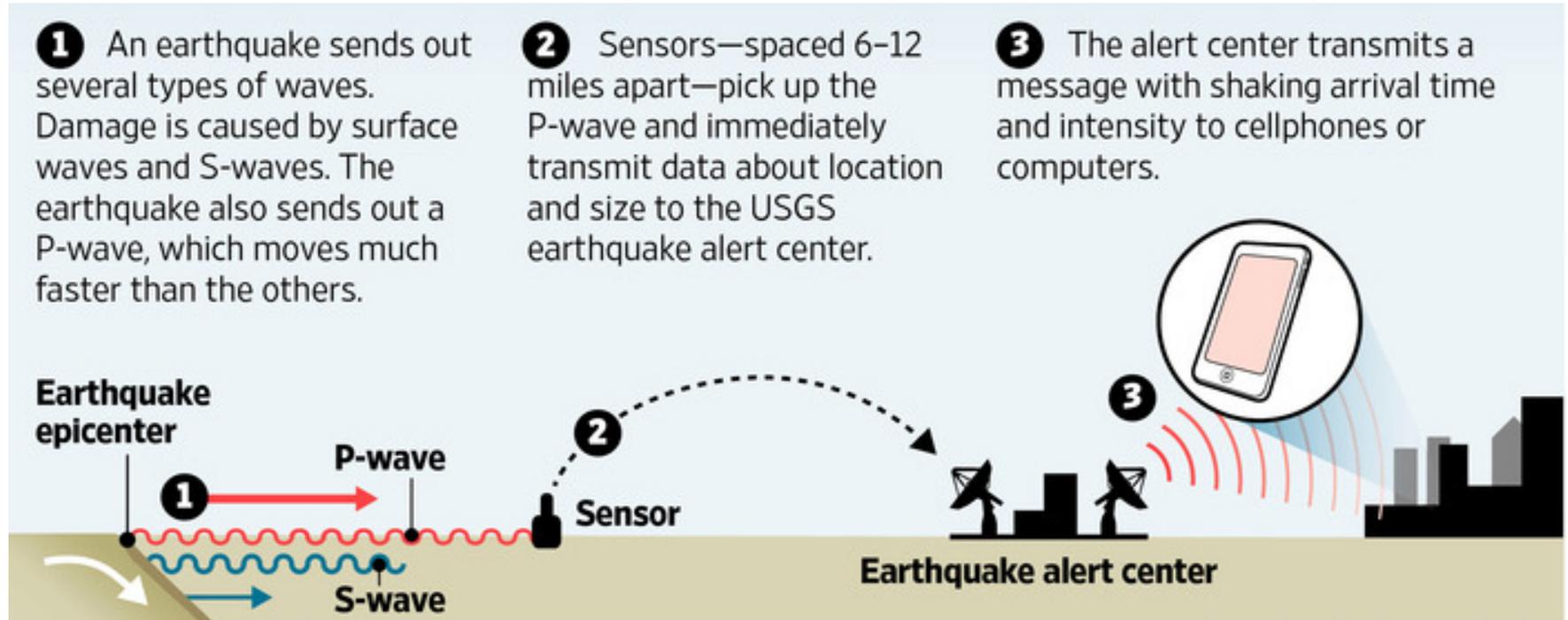
Estos son dos clips cortos de una animación más larga que explora las lecciones aprendidas del terremoto y tsunami de Japón del 2011.

<https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/762>

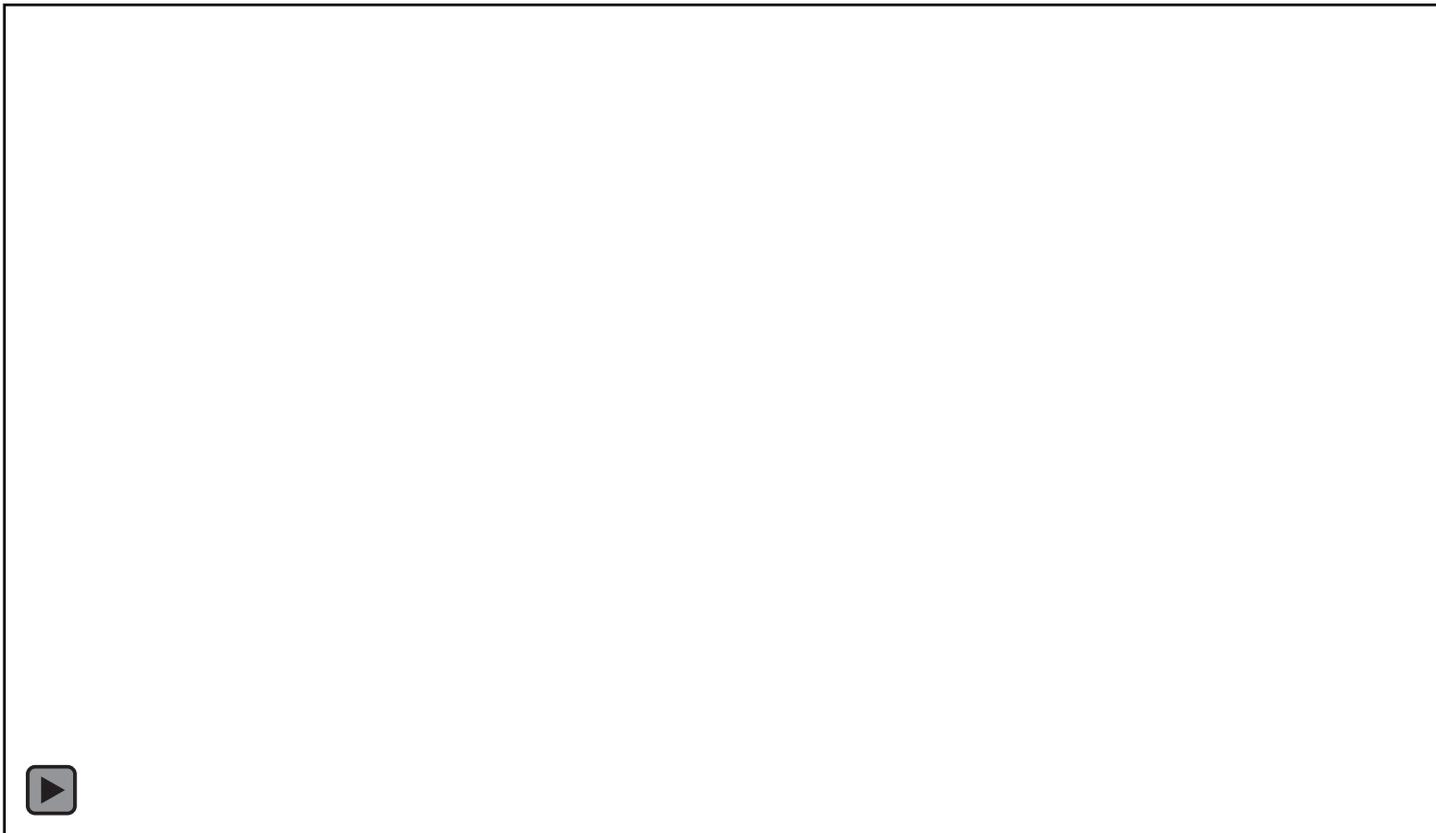


Otro avance para proteger la vida y la infraestructura crítica es el Sistema de Alerta Temprana ShakeAlert® (EEW por sus siglas en Inglés), que ahora está operando en California, Oregón y Washington. EEW no es una predicción de terremotos. Los sismómetros en el campo detectan un terremoto que ya ha comenzado y los datos del mismo se envían a un Centro de procesamiento ShakeAlert.

ShakeAlert calcula rápidamente la ubicación, el tamaño y el temblor esperado del terremoto. Si el terremoto se ajusta al perfil correcto, el USGS emite un mensaje ShakeAlert que los socios de distribución utilizan para desarrollar y enviar alertas a las personas y los sistemas automatizados.



Con esta animación, explore cómo funciona el sistema ShakeAlert y cómo incluso unos pocos segundos de advertencia pueden ayudar a las personas y a los sistemas automatizados a prepararse para un terremoto.



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

¿Qué hace si siente temblores o recibe una alerta activada por ShakeAlert? Es posible que solo tenga unos segundos de advertencia antes de que comience el temblor. ¡Usa ese tiempo para protegerte!



AGACHECE donde este sobre sus manos y rodillas.

- Esta posición lo protege de ser derribado y también le permite mantenerse agachado y gatear para refugiarse si está cerca.



CUBRASE su cabeza y cuello con un brazo y una mano

- Si hay una mesa o un escritorio resistente cerca, gatea debajo de él para refugiarte
- Si no hay un refugio cerca, gatee junto a una pared interior (lejos de las ventanas)
- Manténgase de rodillas; inclinarse para proteger órganos vitales



SUJETESE hasta que deje de temblar

- Bajo refugio: agarre su refugio con una mano; prepárate para moverte con él si cambia
- Sin refugio: agárrase de la cabeza y el cuello con ambos brazos y manos.

## Momentos de Enseñanzas son un servicio de

Las Instituciones de Investigación Incorporadas para la Sismología  
Educación & Alcance Público

y

La Universidad de Portland

Por favor enviar comentarios a [tkb@iris.edu](mailto:tkb@iris.edu)

Para recibir notificaciones automáticas de nuevos Momentos de  
Enseñanzas suscribirse en [www.iris.edu/hq/retm](http://www.iris.edu/hq/retm)

