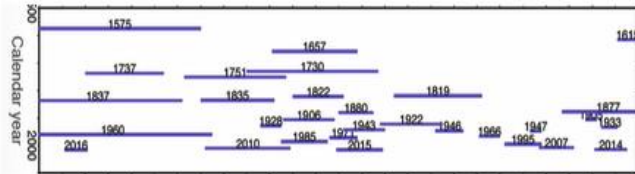


¿Qué es la sismología?

Ciencia que estudia todos los aspectos de los terremotos. Se divide en dos ramas: Una que estudia los sismos (generación y efectos) y otra se enfoca en el estudio de las ondas producidas por los sismos. En el gráfico se puede ver como los terremotos se van repitiendo a lo largo del tiempo, y podemos decir que si hay un lapso muy grande donde no se da algún terremoto, probablemente se esté acumulando mucha energía y se liberará con un terremoto muy fuerte en el futuro.

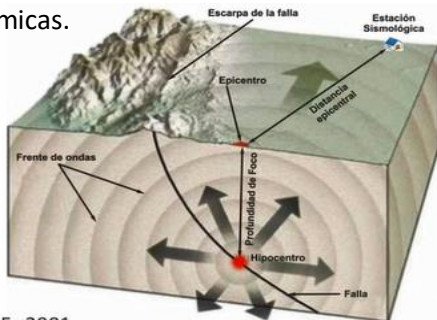


Hoy en día quedan muchas cosas por estudiar acerca de los terremotos, por ejemplo qué cosa controla que un terremoto se propague tanto, y otras preguntas que siguen abiertas.

Los grandes terremotos producen cambios **casi instantáneos** del nivel del suelo. Este movimiento brusco del suelo produce que grandes masas de agua se levanten y puedan generar un **tsunami**. Es este último fenómeno uno de los más peligrosos y que más afecta durante un terremoto.

¿Qué produce un terremoto?

Los terremotos son causados por la liberación rápida de energía acumulada en la corteza de la Tierra. La energía acumulada se libera mediante una fractura en las rocas que genera un deslizamiento en una falla. Este movimiento genera vibraciones que se propagan como ondas sísmicas.

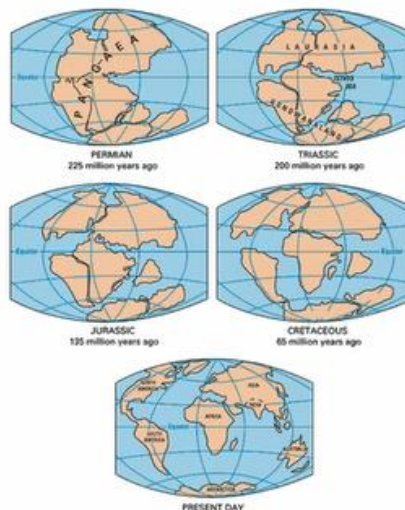


Hipocentro: También llamado foco, es la zona en el interior de la Tierra donde inicia la ruptura de la falla: desde ahí es donde se propagan las ondas sísmicas.

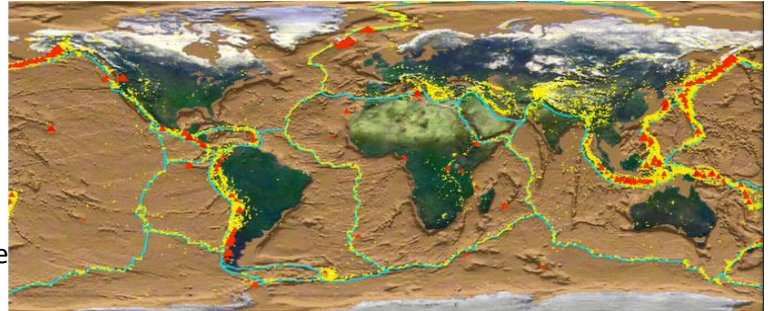
Epicentro: Es el punto en la superficie terrestre situado directamente encima del **hipocentro**.

¿Cuándo se produce un tsunami? Ocurren cuando un sismo produce un gran movimiento vertical en el suelo del fondo marino, que provoca un movimiento de la masa de agua, que al intentar volver a su estado genera grandes olas que pueden incluso viajar a grandes distancias. Esto generalmente ocurre cuando el epicentro es el mar.

Teoría de la deriva continental: Continentes podría encajar como piezas de un rompecabezas. Esto nos indica que los continentes han estado en constante movimiento hasta el día de hoy.

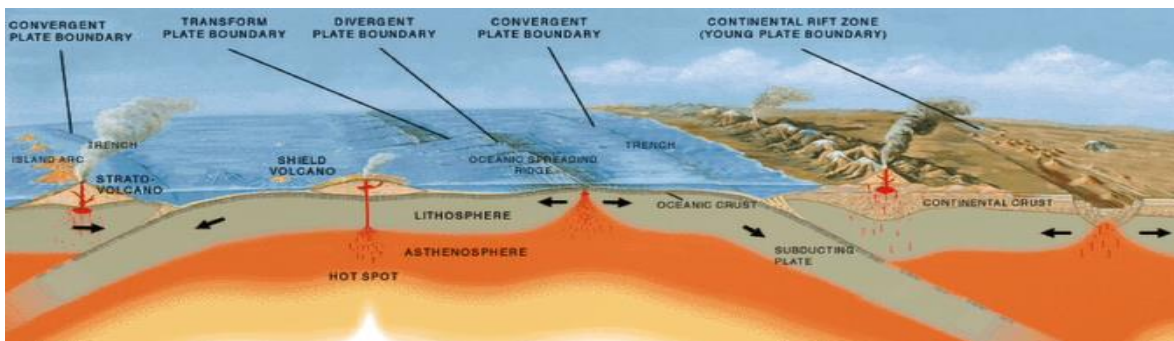


Estas placas al estar en constante movimiento producen constante sismicidad y actividad volcánica. Existe una relación bastante grande entre los bordes de las placas tectónicas y la sismicidad. Es decir la mayoría de los terremotos se concentran en el límite de dos placas tectónicas. También en las zonas de subducción se presentan la mayoría de los volcanes.

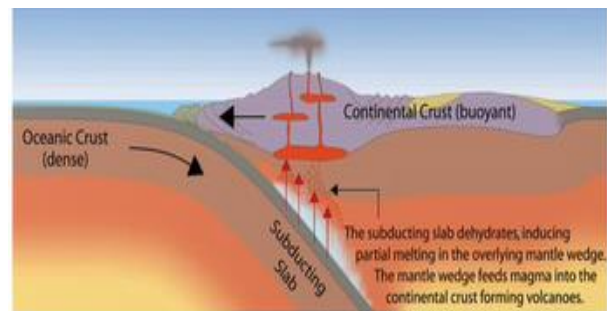


Las dorsales oceánicas separan una placa tectónica de otra (**margen divergente**). Estas son el **motor del movimiento** de las placas, ya que estas al liberar material magmático generan nueva corteza oceánica hacia los costados, y a medida que más lejos de las dorsales se encuentra la corteza más antigua es, y también es más densa.

La placa oceánica al chocar con una placa continental (**margen convergente**), esta se subduce bajo la continental, ya que la placa oceánica es más densa. Si chocan dos placas oceánicas, entonces **subduce la que tiene mayor densidad**. Este caso suele provocar un "Arco de islas" como lo es el caso de Japón. También está el **margen transformante**, se da normalmente en las dorsales oceánicas. Corresponde a un movimiento lateral que se da en las dorsales.

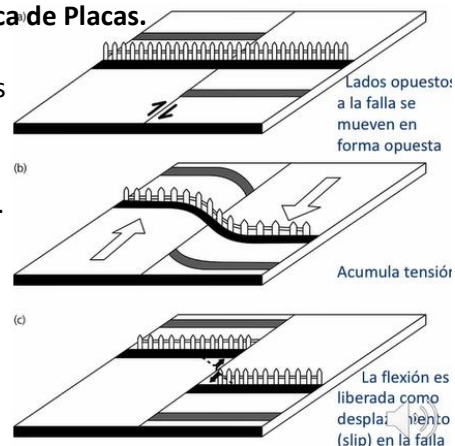


En las zonas de **subducción**, la litósfera oceánica al subducir bajo la litósfera continental llega a grandes profundidades, en donde la roca comienza a fundirse (Se calienta y se deshidrata a medida que se hunde). Una vez que el material está fundido, si se dan las condiciones ese material puede comenzar a subir formando así un **arco volcánico**.



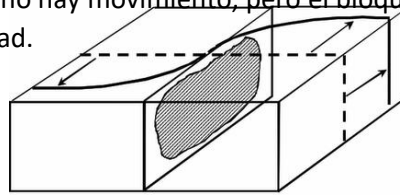
Teoría de rebote elástico: Reid, 1910, dijo que la energía se acumulaba y luego se liberaba bruscamente. Esto fue antes de la **teoría de Tectónica de Placas**.

El terremoto refleja la deformación regional: Bloques en lados opuestos de la falla se mueven uno con respecto al otro, en sentidos opuestos, pero la **fricción** en la falla "bloquea" y evita el deslizamiento. Eventualmente la tensión acumulada es más de lo que pueden soportar las rocas de la falla, y la falla se desliza en un terremoto.

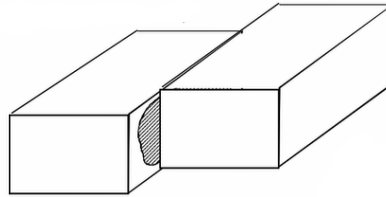


Está dada por dos fases:

El periodo Inter sísmico: En donde la energía se acumula, ya que por fricción queda trabada o 100% acoplada (**locked**). En la falla en sí no hay movimiento, pero el bloque sigue moviéndose por los costados, con cierto tipo de flexibilidad.



El periodo cosísmico: En donde la energía acumulada (que puede estar acumulada fácilmente por más de 100 años) se libera. Esto produce un movimiento brusco, que es el terremoto. La energía acumulada es mayor a la que puede soportar la falla, por lo que finalmente esa energía se libera.



La sismología se ha dividido fundamentalmente en dos categorías:

El estudio de la fuente y sus fenómenos asociados: tipificación y localización de fuentes, energía liberada, geometría, área y desplazamiento de las fallas, etc. (mecanismos de ruptura)

El estudio de la propagación de las ondas y la estructura de la Tierra asociada: identificación de las diferentes capas (corteza, manto, núcleo) y su heterogeneidad, las diferentes propiedades de los materiales, entre otros. (Propagación de ondas)

Ondas sísmicas: Los sismos se producen por la fractura repentina de las rocas, generando ondas sísmicas que viajan por el interior de la Tierra o por la superficie. Estas pueden ser detectadas por **sismógrafos**. El sismógrafo registra las vibraciones de la superficie y entra la amplitud de las ondas y su propagación.

Tipos de onda:

Ondas internas(o de cuerpo): Estas viajan al interior de la Tierra

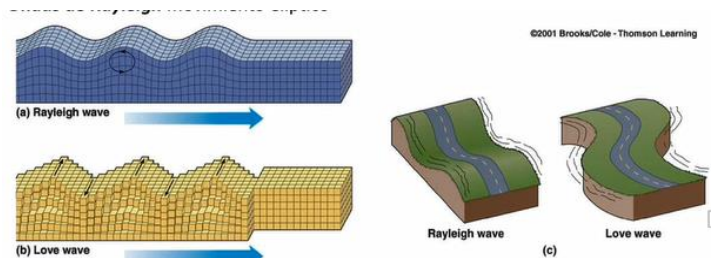
Ondas P (Primarias): viajan a una velocidad de entre 4-7 km/s. **Puede viajar a través de todos los materiales.** La propagación de esta onda va en el mismo sentido al que se mueve (Es una onda longitudinal) Tiene un movimiento que produce la compresión y dilatación de las rocas.

Ondas S (Secundarias): viajan a una velocidad de entre 2-5 km/s. **No se propagan en medios líquidos.** Tienen un movimiento perpendicular a la dirección de propagación.

Ondas superficiales: Cuando las ondas internas llegan a la superficie, se generan las ondas que se propagan por la superficie. Son las causantes de los daños producidos por los sismos en las construcciones. Estas ondas son las que poseen menor velocidad de propagación de las otras dos.

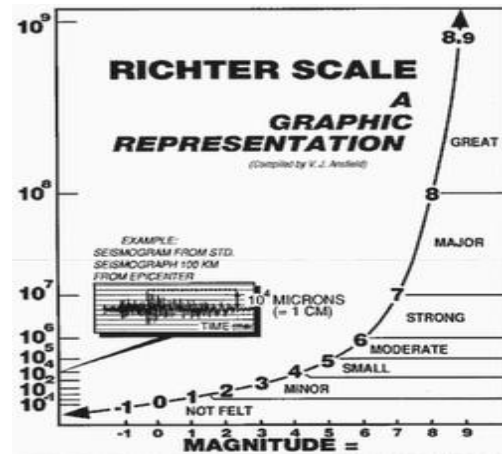
Ondas L (love) tiene un movimiento horizontal.

Ondas Rayleigh tienen un movimiento elíptico.



Utilizando sismogramas, podemos determinar la magnitud y la posición de los terremotos. Viendo la diferencia de tiempos entre las **ondas P y S**, se puede hacer una estimación de la distancia a la que está el epicentro.

Escala Richter: Representa la intensidad de energía liberada en un terremoto. Los valores asignados aumentan de forma logarítmica y no de forma lineal. Un terremoto de intensidad 4 no es el doble que uno de 2, si no que 100 veces superior. **Es una escala en logaritmo base 10.** Cada grado es 10 veces superior que el anterior.



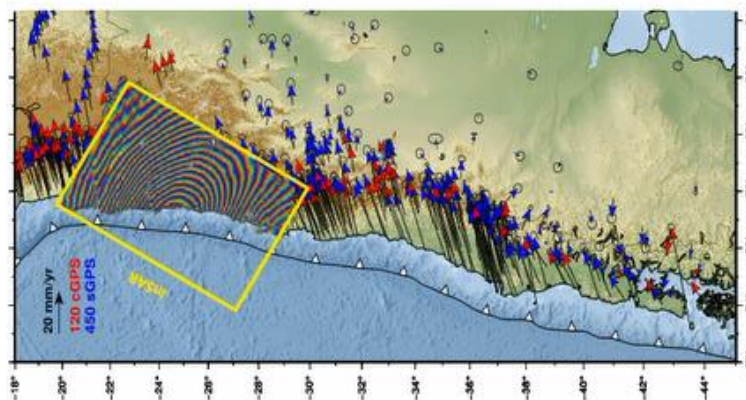
Escala de Mercalli: Es una escala basada en la percepción. Es una escala subjetiva. Depende de los daños que genera, de la calidad de las estructuras, etc.

¿Qué es la Geodesia? Es la rama de las ciencias de la Tierra que estudia de manera cuantitativa la forma de la superficie de la Tierra y la evolución temporal de esta.

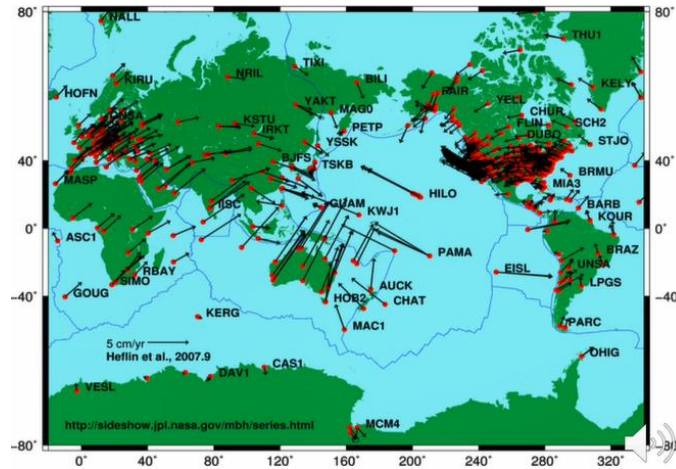
La primera estimación del tamaño de la Tierra se atribuye al griego Eratóstenes. Usó trigonometría simple para calcular la longitud de la circunferencia mayor de la Tierra

Geodesia aplicada a la Tectónica Activa: Rama de las ciencias de la Tierra que estudia de manera cuantitativa la forma y evolución de la superficie de la Tierra debido a procesos tectónicos actualmente activos, así como el estudio de dichos procesos. Por ejemplo los cambios en la forma de la superficie terrestre debido a los movimientos de las placas tectónicas, ocurrencia de terremotos, procesos de deformación asísmica, vulcanismo, forzamiento hidrológico, etc.

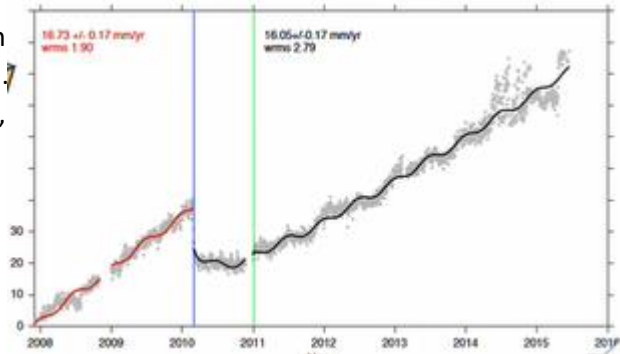
Geodesia espacial: Herramientas principales: GPS y satélites INSAR. Los GPS entregan con mucha precisión los movimientos de la corteza terrestre, entrega coordenadas cada un segundo. Es muy preciso (incerteza de milímetros). El INSAR envía una señal electromagnética desde el satélite, rebota en la Tierra y vuelve al satélite. Esto permite estimar la distancia entre el satélite y la superficie de la Tierra. Entonces con el paso continuo de estos satélites puede ir comparando como ha cambiado la superficie de la Tierra. La desventaja de la tecnología INSAR es su frecuencia de actualización. Ya que para actualizar la información sobre la superficie de la Tierra necesita dar una vuelta completa a la Tierra, y este demora aproximadamente entre 6 a 12 días. Entonces puede haber información entre esos días que no es captada. Tiene una precisión espacial mejor que la del GPS, pero tiene una frecuencia de actualización de información mucho menor.



Gracias a los datos de GPS se pudo cuantificar como es el movimiento de las placas tectónicas. Cada vector muestra la dirección en que se mueven y como varían respecto al tiempo.

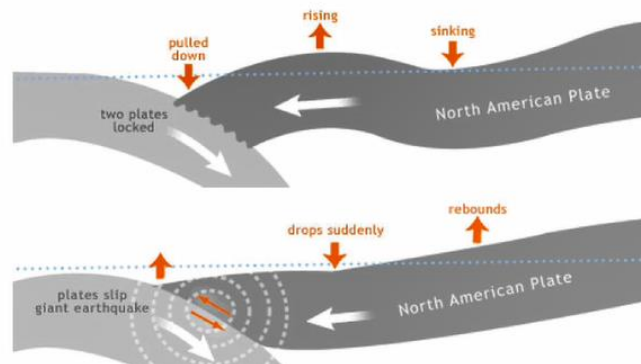
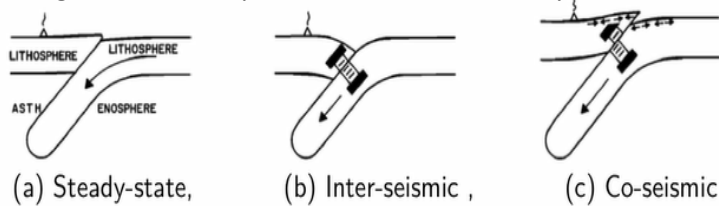


Este gráfico muestra los datos obtenidos por un GPS en el año 2010 (En la componente vertical). Se ve como había una tendencia de ir subiendo, hasta el terremoto que baja abruptamente, y luego de esto la tendencia de ir subiendo se detiene por un tiempo (tiempo de acomodo) hasta que luego sigue su tendencia de seguir subiendo con el paso del tiempo.



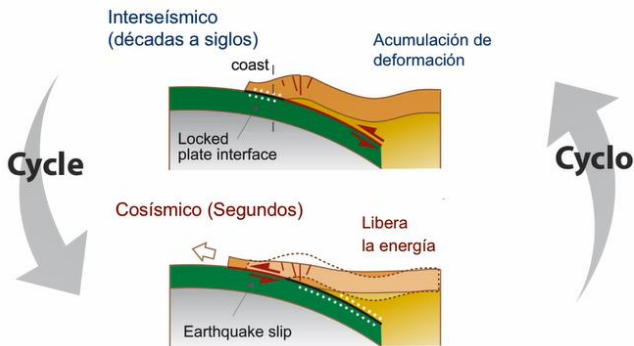
Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR): Es una poderosa y moderna herramienta que permite obtener desplazamientos de la superficie de la Tierra, así como infraestructuras y edificios, muros, etc. Con una precisión milimétrica. Puede hacer observaciones de superficies grandes (más de decenas de kilómetros cuadrados).

Grandes Terremotos de Subducción: La fricción de la placa oceánica siendo subducida genera una fricción con la placa continental. **Queda acoplada**, generando una gran deformación en la placa continental, acumulando así energía durante años, décadas e incluso siglos, hasta que no puede aguantar más la energía acumulada, provoca un deslizamiento y se libera en un gran terremoto.

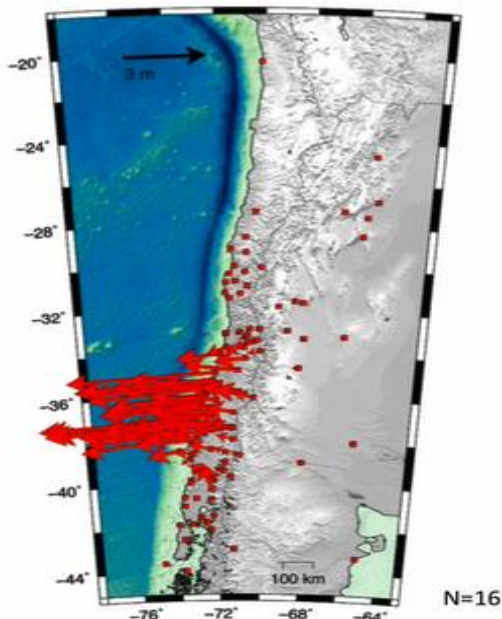
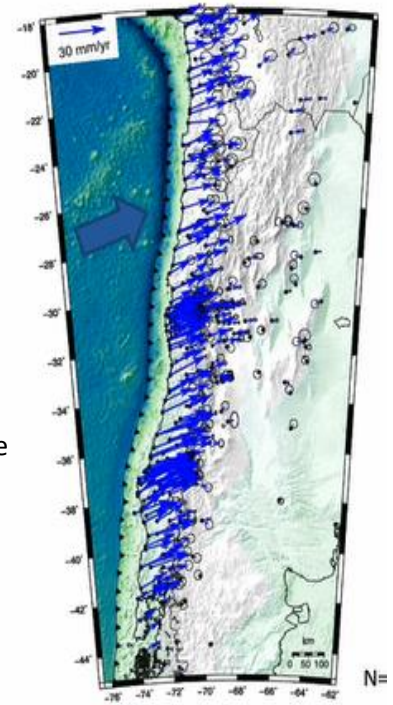


Los Inclínómetros permiten ver la inclinación de puntos sobre la superficie de la tierra. Ayuda a ver como era la deformación antes, durante y después de un terremoto. Antes de los terremotos, es una deformación constante, casi lineal de la inclinación. En esta etapa es una constante acumulación de energía. Durante el terremoto hay un salto brusco, en sentido opuesto al periodo intersísmico. El periodo post sísmico la deformación decae de forma exponencial, no de manera lineal, para luego ya ir decayendo linealmente otra vez.

Ciclo Sísmico en las zonas de subducción:



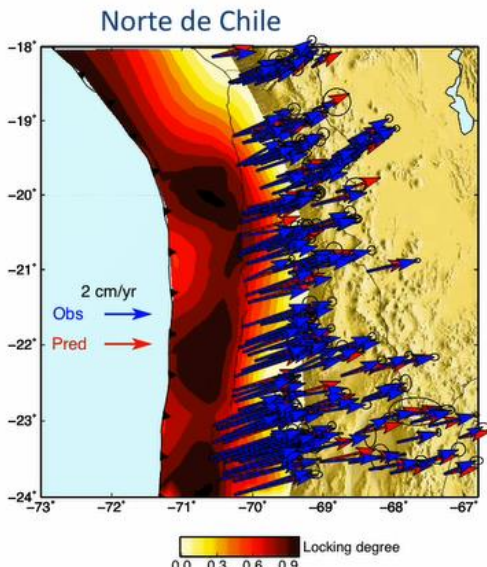
Con sistema GPS podemos ver el movimiento constante de la placa continental hacia el Este. (Yendo hacia Argentina). Las flechas tienen mucha mayor magnitud en zonas cercanas a la costa, ya que es en la zona donde está acoplada la placa continental. Luego esa energía que se está acumulando se liberará en un terremoto. **La mayor deformación está en zonas cercanas a la costa.** Y en zonas que están en la costa se ven flechas de distinta magnitud, esto nos dice cuan acopladas está la placa en ese lugar. **Si el grado de acumulación es mayor, entonces la deformación será también mayor.** Esto nos dice cuanta energía está siendo acumulada para el próximo terremoto.



Este gráfico muestra la deformación luego del terremoto. Se puede observar que los vectores van en sentido opuesto al sentido de acumulación de energía. Es decir, en este punto la placa no soportó más la energía acumulada y la liberó hacia la costa. Produciendo deformaciones de incluso 5 metros en cuestión de segundos.



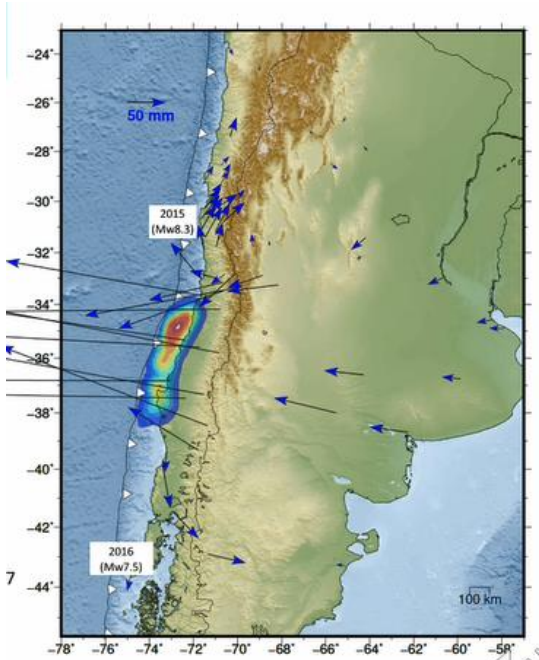
Con los datos de GPS que entregan la deformación de la placa continental, se pueden realizar modelos matemáticos que estimen el **grado de acoplamiento** en profundidad.



En las zonas más rojas y oscuras significa que el grado acoplamiento es mayor. Esto quiere decir que el continente está acoplado en un porcentaje muy alto. Es decir, todo el movimiento de subducción va acumulando energía. En cambio en las zonas que tiene un color más amarillo, quiere decir que el grado de acoplamiento es menor, y que solo un porcentaje del movimiento de subducción de la placa oceánica es transferido al movimiento de la placa continental. Por lo que hay menos deformación. **El otro porcentaje no acumula energía elástica.**

Esto nos puede ayudar a decir, y predecir de cierta manera, en dónde se producirá probablemente un gran Terremoto, basándose en el grado de acumulación de energía. El gran problema es que no sabemos en que momento ocurrirá el terremoto. Aún no se sabe que mecanismos influyen en la liberación de la energía, ni cual es el limite de energía que soporta una placa antes de romper.

Luego de que ocurre un gran terremoto, se ven consecuencias de este incluso años después, en donde se sigue deformando en el sentido opuesto al de la acumulación de energía. Produce no solo una deformación en la zona del Terremoto, si no que produce una deformación a **escala continental.**



Este modelo muestra la deformación **post sísmica** del terremoto en Chile 2010, 6 años después de que este ocurrió. Se puede ver una deformación en el sentido del terremoto, y además deformación en zonas de argentina, en el norte y en el sur de Chile, y se logra evidenciar una deformación que gira en sentido horario, en el norte de Chile, y en el sur, una deformación que gira en sentido antihorario. Y justamente en estas zonas fue donde ocurrió el terremoto del año 2015 en la serana y el terremoto del año 2016 de Chiloe. No se sabe si es coincidencia o existe realmente alguna relación en esto.

Esto demuestra que queda aún mucho por estudiar acerca de los terremotos.