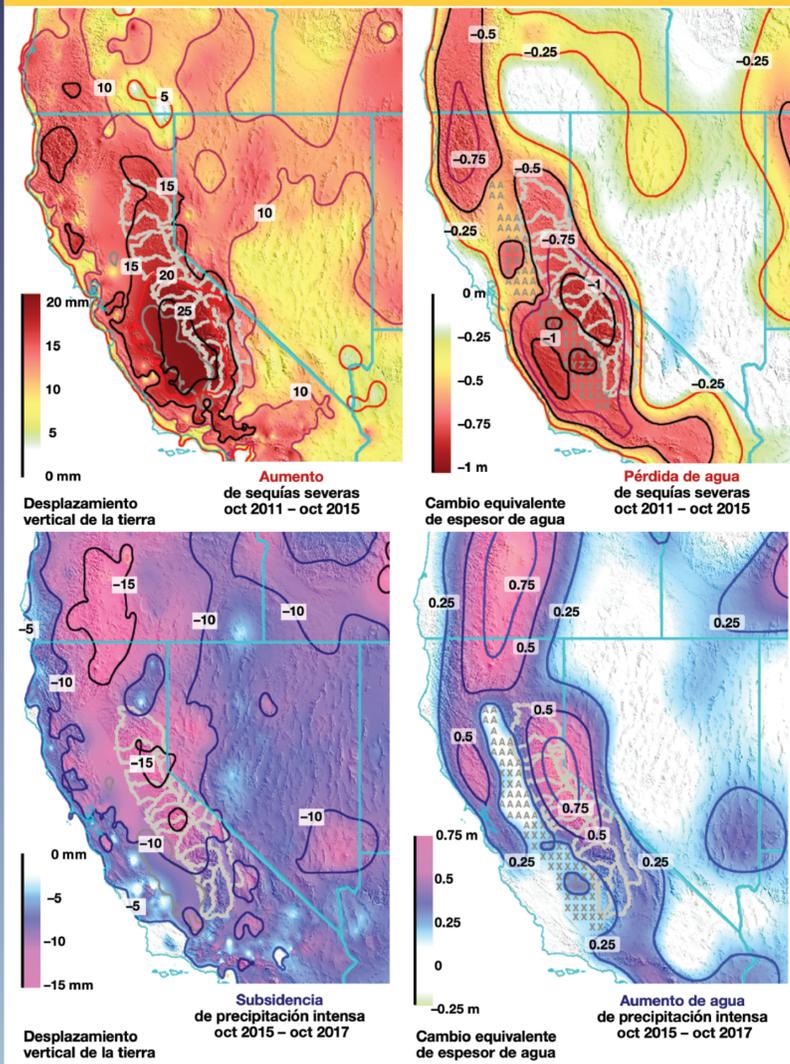


# Monitoreo de aguas subterráneas con geodesia

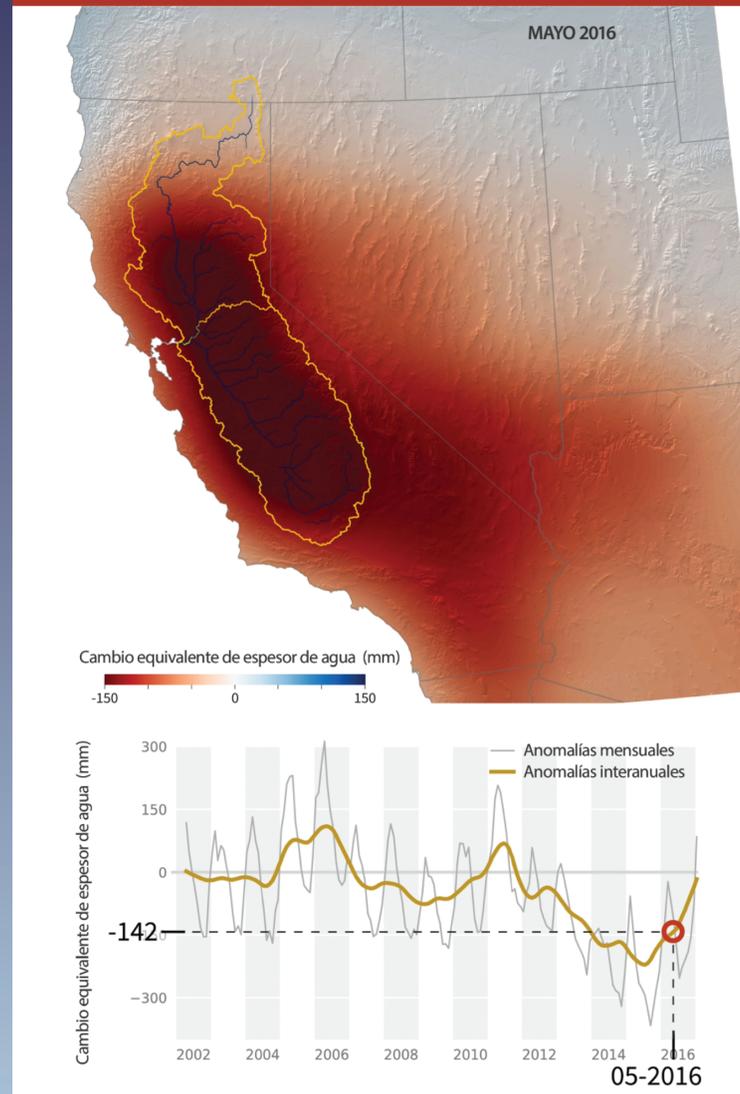
## GPS



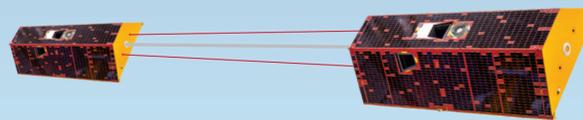
Las estaciones del **Sistema de posicionamiento global** de alta precisión pueden medir la ubicación con más precisión que un teléfono. A medida que el suelo debajo de ellos se mueve, estos son lo suficientemente sensibles como para detectar cambios menores a 1 milímetro anual. Miden el movimiento vertical además del horizontal, lo que significa que también pueden monitorear el agua subterránea.

Esto se debe a que el peso agregado del agua adicional comprime el lecho de roca de la corteza terrestre, y hace que la superficie descienda ligeramente. (Esto se conoce como, "subsistencia"). La superficie rebota cuando el agua desaparece durante la estación seca o durante una sequía más prolongada. En este ejemplo podemos ver el movimiento medido del lecho rocoso (Izqda), así como el esperado cambio de agua subterránea (Dcha) durante una sequía de varios años, y durante un período promedio de mayor precipitación.

## Gravedad

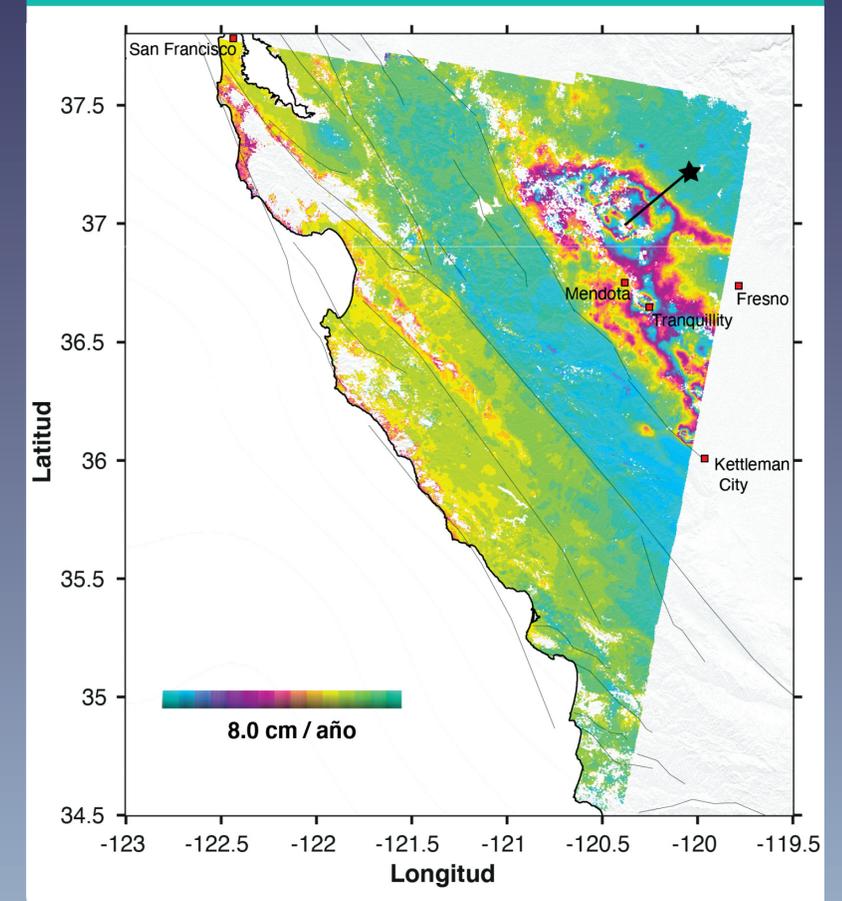


La misión **GRACE** (Experimento de recuperación de gravedad y clima) de la NASA es en realidad un par de satélites que vuelan en formación, midiendo con precisión el espacio existente entre ellos. La atracción gravitacional de la Tierra no es uniforme debido a las variaciones que se suceden en la masa, ya sea un lecho de roca, agua o hielo glacial; cualquier lugar debajo de la superficie. Estas variaciones hacen que los satélites aceleren o disminuyan su velocidad ligeramente, lo que conlleva a que el espacio entre ellos aumente o disminuya temporalmente.



Esto permite a que a lo largo del tiempo, la misión GRACE mida los cambios de masa a medida que se derrite un glaciar, o se agota el agua subterránea. En el mapa superior vemos los resultados de la primera misión GRACE (luego de que en el 2018 fuera reemplazada por GRACE-FO) midiendo en el tiempo el cambio del agua subterránea en el área de California, delineada en amarillo. Este mapa en particular muestra cuán seca estaba la zona en mayo del 2016 después de la sequía que muestran los mapas GPS.

## InSAR



**InSAR** significa, Radar interferométrico de apertura sintética (Interferometric Synthetic Aperture Radar). Los satélites rebotan las señales del radar fuera de la superficie de la Tierra y usan el retraso en el retorno de la señal para medir la distancia con extrema precisión. Esta técnica produce un mapa 3D de alta resolución de la superficie que muestra cada colina y cada valle. Al comparar todos los mapas 3D hechos por múltiples pases de un satélite, como el satélite Sentinel-1A de la Agencia Espacial Europea que vemos aquí, podemos ver si algo se ha movido o cambiado de forma.



En este ejemplo, vemos cambios en la superficie de cierta parte de California, entre 2015 y 2017. En lugares como el Valle Central de California, el uso excesivo del agua subterránea conlleva a que la superficie descienda de elevación levemente. Esto ocurre porque el agua ocupa los pequeños espacios entre las partículas de sedimento que ayudan a mantener las partículas separadas. Cuando se elimina el agua, el sedimento puede compactarse mucho más, ocupando menos espacio en general.

Los mapas de InSAR a menudo utilizan una paleta única con los colores del arco iris, la cual ayuda a resaltar las pequeñas diferencias. A medida que la vista se pasee por el mapa, se puede ver que en vez de representar un número específico con cada color, la escala de 8 centímetros que resalta de hundimiento está representada por una secuencia completa de colores. Si sigue la línea a partir de la estrella negra en el mapa, cruzará tres repeticiones del arco iris hasta llegar a un área que sufrió un hundimiento anual aproximado de 24 centímetros, el movimiento más grande en el área.

## ¿Qué es la geodesia?

Geodesia es la ciencia de la forma de la Tierra que mide los cambios que se suscitan en su superficie, campo gravitacional y rotación. Estas mediciones nos ayudan a hacer cosas como detectar terremotos, estudiar la tectónica de placas, rastrear glaciares que disminuyen, monitorear deslizamientos de tierra e incluso ayudar a mantener a vehículos de desplazamiento autónomo en la carretera.



Para ver un video corto que anima y explica todo esto más detalladamente, escanee este código QR con su teléfono o busque en YouTube: "midiendo GPS de sequía".

