

FALLAS GEOLÓGICAS

En geología, una *falla* es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura (Bates y Jackson, 1980).

Esencialmente, una *falla* es una discontinuidad que se forma debido a la fractura de grandes bloques de rocas en la Tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas.

El movimiento causante de esa dislocación puede tener diversas direcciones: vertical, horizontal o una combinación de ambas.

El desplazamiento de las masas montañosas que se han elevado como consecuencia del movimiento provocado por fallas, puede ser de miles de metros como resultado de los procesos devenidos durante largos períodos de tiempo.

La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada *plano de falla* y su formación va acompañada de un deslizamiento tangencial de las rocas respecto a ese plano.

Cuando la actividad en una falla es repentina y brusca, se puede producir un gran terremoto, provocando incluso una ruptura en la superficie terrestre. Lo que genera y se evidencia en la superficie del terreno es una forma topográfica llamada *escarpa de falla*. Estos vestigios de la falla en la superficie tienden a desaparecer por la acción de la erosión, provocados por la lluvia y el viento, y por la presencia de vegetación o actividad humana.

Fallas activas e inactivas

Se considera que una falla es activa ya sea cuando ha tenido movimientos históricos, por ejemplo en los últimos 10.000 años, o bien en su pasado geológico reciente, considerando los últimos 500.000 años. Si bien las fallas que sufren desplazamientos cuando sucede un terremoto son activas, no todas las fallas activas generan terremotos, algunas son capaces de moverse asísmicamente, es decir sin que esté asociada a ninguna actividad sísmica (ALI, Keiiti, LEE, William H. K.).

A pesar de que no hay ninguna definición de *falla activa* que haya sido universalmente aceptada, se puede generalizar que: La actividad de una falla estaría definida, en líneas generales, por la forma en que se acumula el desplazamiento en el tiempo geológico. Una falla activa sería una falla que acumuló algún desplazamiento en un pasado reciente.

Si bien no hay una regla fija sobre qué escala de tiempo geológico se debe considerar la actividad de una falla, en particular, el WSSPC (Western States Seismic Policy Council)

consorcio de científicos estatales y privados del oeste de EEUU, define tres clases de fallas activas:

1. *Falla activa del Holoceno*: una falla que se ha movido en los últimos 10.000 años.
2. *Falla activa del Cuaternario tardío*: una falla que se ha movido en los últimos 130.000 años.
3. *Falla activa del Cuaternario*: una falla que se ha movido en los últimos 1.600.000 años.

El deslizamiento puede ser repentino en forma de saltos lo que da lugar a sismos, seguido de periodos de inactividad.

Los sismos más grandes han originado desplazamientos verticales del terreno, que se evidencian en superficie, del orden de los 8 a 12 m.

El deslizamiento también puede darse de manera lenta y continua, solo perceptible después de varios años de mediciones, realizadas con instrumentos tales como los GPS. Este tipo de fallas son del tipo asísmicas o reptantes, mientras que las de liberación repentina de energía se caracterizan como fallas sísmicas.

Clasificación de fallas de acuerdo a su movimiento

Si bien hay varios tipos de fallas, se puede decir que existen tres tipos de fallas principales, según sea la dirección del desplazamiento de las rocas que cortan:

Falla normal: Este tipo de fallas se generan por tensión horizontal. Las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares al acimut de la falla (línea de ruptura superficial), y el movimiento es predominantemente vertical respecto al *plano de falla*, el cual típicamente tiene un ángulo de 60 grados respecto a la horizontal. El bloque que se encuentra por encima del *plano de la falla* se denomina *techo*, y se desliza hacia abajo; mientras que el bloque que se encuentra por debajo del plano de la falla se denomina *piso*, y asciende.

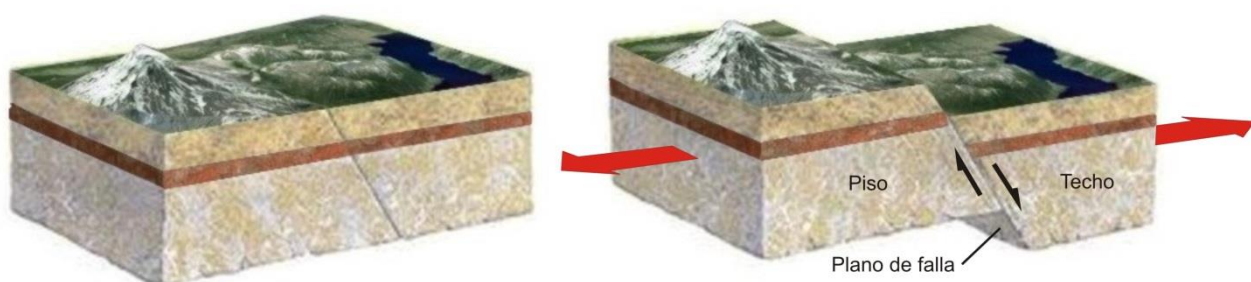


Figura 1: Esquema de una *falla Normal*.



Figura 2: Diferentes fallas normales.

Falla inversa: Este tipo de fallas se genera por *compresión* horizontal. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene típicamente un ángulo de 30 grados respecto a la horizontal. El bloque de *techo* se encuentra sobre el bloque de *piso*. Cuando las fallas inversas presentan un buzamiento (inclinación) inferior a 45°, éstas también toman el nombre de *cabalgamiento*.

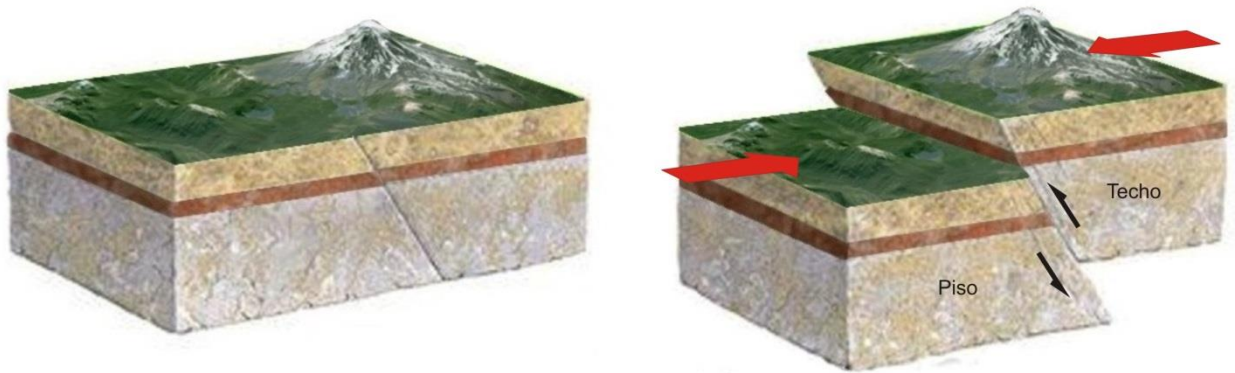


Figura 3: Esquema de una falla Inversa.

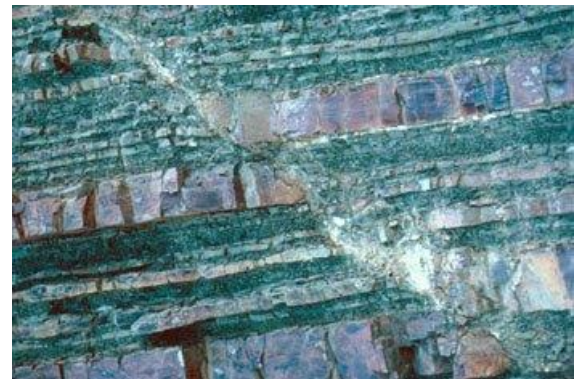


Figura 4: Diferentes fallas inversas.

Falla de desgarre o de desplazamiento de rumbo: Estas fallas se desarrollan a lo largo de planos verticales y el movimiento de los bloques es horizontal, son típicas de límites transformantes de placas tectónicas. Se distinguen dos tipos de fallas de desgarre: laterales derechas y laterales izquierdas. Laterales derechas o dextrales, son aquellas en donde el movimiento relativo de los bloques es hacia la derecha; mientras que en las laterales izquierdas o sinestrales, el movimiento es opuesto a las anteriores. También se las conoce como fallas transversales.

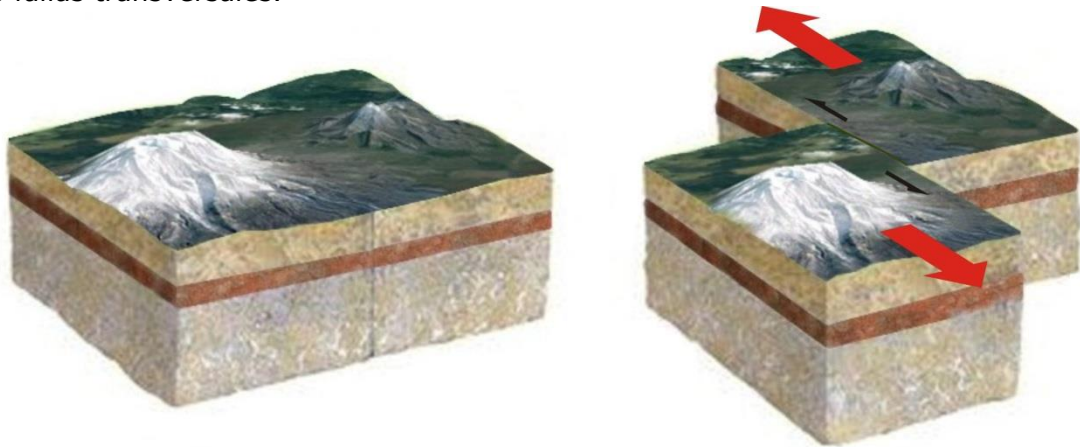


Figura 5: Esquema de una falla de desplazamiento.



Figura 6: Diferentes fallas de desplazamiento. Fotos superiores: Trazas de fallas en campos sembrados: Fotos inferiores, izquierda: Rotura debida al terremoto de Izmit, Turquía (1999). Derecha: Falla Altyn Tagh (China).

Un ejemplo típico de falla de desplazamiento es el sistema de San Andrés, en el sur y centro de California en EEUU (Figura 8). Esta gigantesca falla es el área de contacto entre dos grandes placas tectónicas: la del Pacífico y la de Norteamérica (Figura 7), y ha generado los sismos de San Francisco (M=8,2) en 1905, Los Ángeles (M=6,5) en 1993, Héctor Mine (M=7,1) en 1999 y últimamente San Luis Obispo (M=6,2) en 2004.

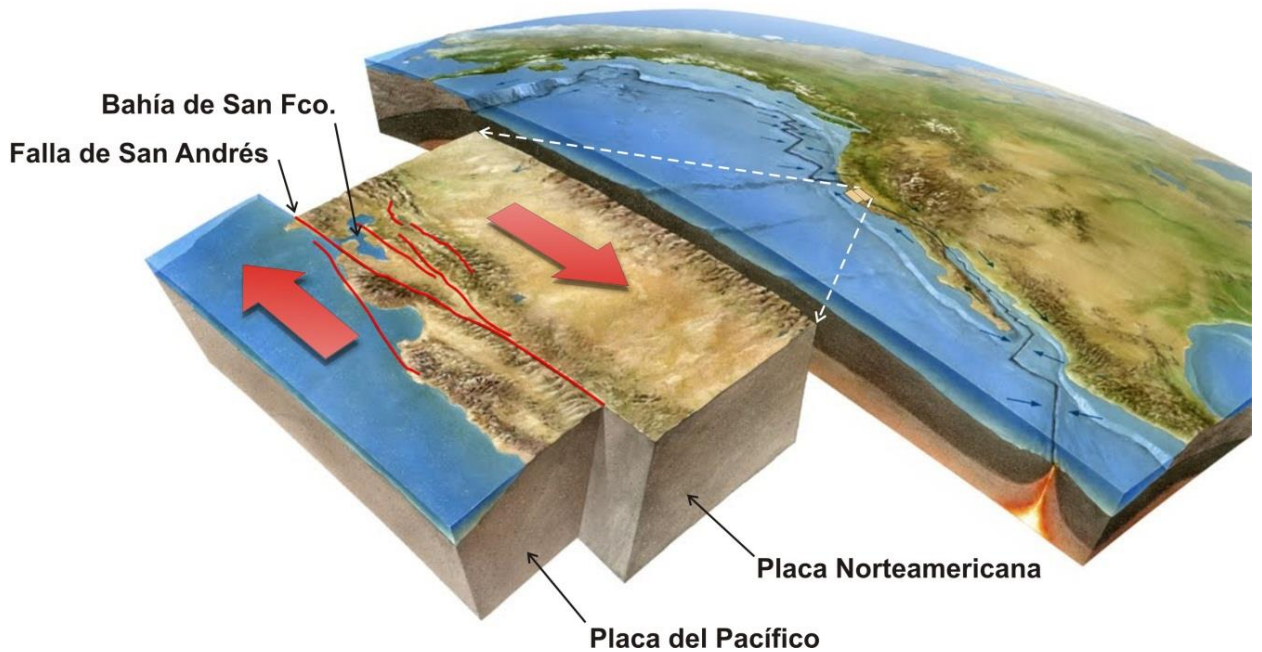


Figura 7: Esquema de la falla de San Andrés (EEUU).



Figura 8: Fotografía aérea de la falla de San Andrés.

Fallas en la provincia de San Juan

En la Tabla 1 se detallan las fallas activas existentes en la provincia de San Juan, asociadas a sus terremotos históricos; y en la Figura 9 se encuentran graficadas.

FUENTE	TERREMOTO HISTÓRICO ASOCIADO
FALLAS ACTIVAS	
① – Punilla-La Bolsa	27-10-1894
② – Pismanta	----
③ – El Tigre	----
④ – La Cantera	----
⑤ – Maradona-Deheza	11-06-1952
⑥ – Precordillera Oriental	15-01-1944
⑦ – Niquizanga	23-11-1977
⑧ – Las Chacras	----

Tabla 1: Fallas activas existentes en la Provincia de San Juan. (INPRES-Publicación Técnica N° 17, 1992).

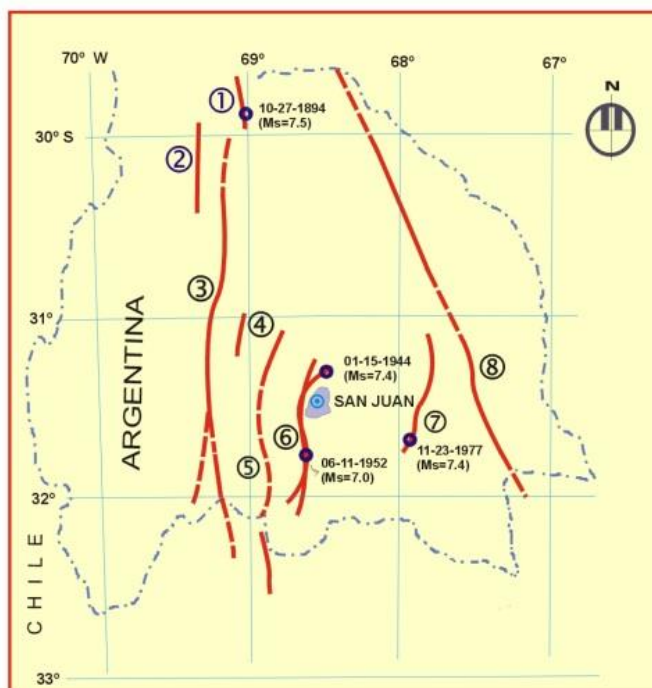


Figura 9: Provincia de San Juan: Representación de las fallas activas y terremotos históricos. (INPRES-Publicación Técnica N° 18,-1993). Las líneas continuas indican la traza de la falla con evidencias en superficie, mientras que las líneas a rayas destacan la traza inferida de la falla, debido a la ausencia de evidencias superficiales.

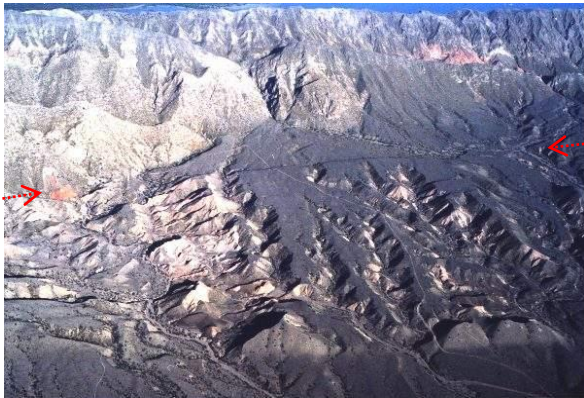
La Figura 10 ilustra una vista aérea de las fallas de La Laja, Zonda, Marquesado y del Tigre. La traza en superficie de cada una de ellas está indicada por flechas de puntos de color rojo.



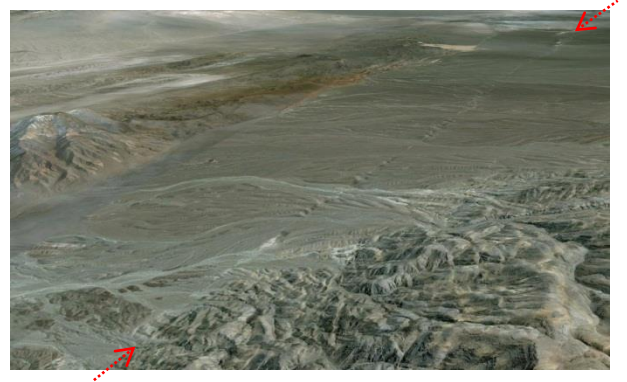
a) Falla de La Laja.



b) Falla de Zonda.



c) Falla de Marquesado.



d) Falla del Tigre.

Figura 10: Imágenes aéreas de las fallas de La Laja, Zonda, Marquesado y del Tigre, en la provincia de San Juan.

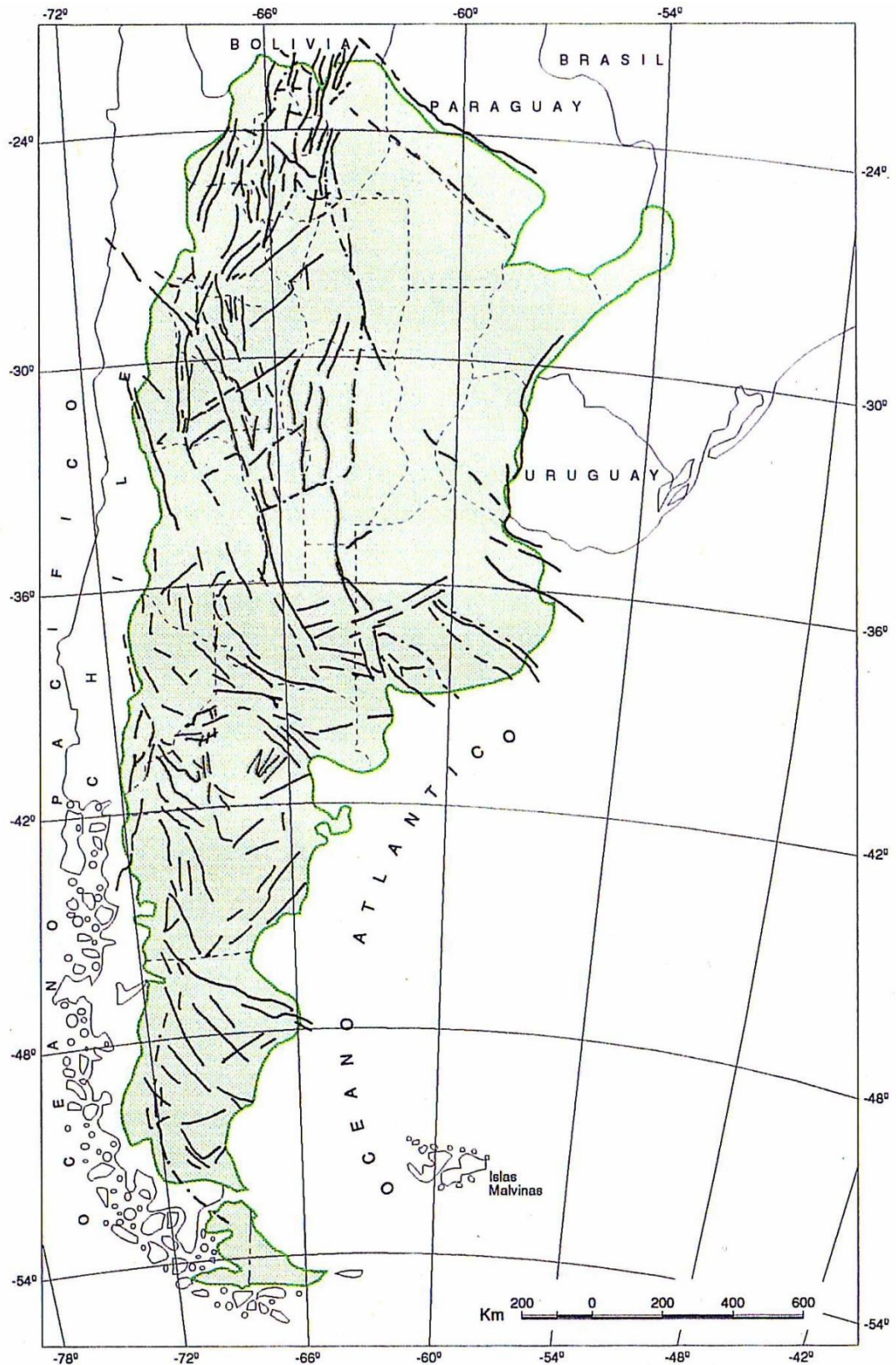


Figura 11: Principales fracturas y lineamientos estructurales en Argentina (INPRES-1994). Las líneas continuas indican la traza de la falla con evidencias en superficie, mientras que las líneas a rayas destacan la traza inferida de la falla, debido a la ausencia de evidencias superficiales.

Pliegues y Plegamientos

Los *pliegues* o *plegamientos*, son deformaciones de estratos geológicos (capas) con forma ondulada. Los pliegues surgen como consecuencia del esfuerzo de compresión sobre las rocas, que en lugar de fracturarse, se pliegan (Figura 12).

Cuando los estratos afloran a la superficie se puede ver cómo suben hasta un arco, o descienden hacia un seno. Los pliegues superiores con forma abovedada se llaman anticlinales y tienen una cresta y dos ramas inclinadas que descienden hacia senos contiguos, donde pueden formarse los pliegues inversos en forma de cuenco, llamados sinclinales.



Figura 12: Esquema de un plegamiento y las fuerzas actuantes.



Figura 13: Diferentes tipos de plegamientos.

BIBLIOGRAFÍA

BOLT, Bruce A. "EARTHQUAKES". W. H. Freeman and Co. New York. 1993.

INPRES; "Conciencia Sísmica" N° 1, San Juan, Argentina (1989).

INPRES; "Publicación Técnica N° 17", San Juan, Argentina (1992).

INPRES; "Publicación Técnica N° 18", San Juan, Argentina (1993).

LEE William H.K.; KANAMORI Hiroo; JENNINGS Paul; KISSLINGER Carl. "International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology". Academic Press, 01-07-2003.

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. "Atlas de Deformaciones Cuaternarias de los Andes". Publicación Geológica Multinacional N° 7. 2009.

UDÍAS, Agustín; MEZCUA Julio. "Fundamentos de geofísica". Alianza Editorial. Madrid. 1997.