

Sismotectónica en Costa Rica

OVSICORI Universidad Nacional

JUNIO, 2022

SISMICIDAD EN COSTA RICA

Un total de 1322 sismos con magnitud local entre 0,1 y 4,8 fueron localizados por la red sismográfica del OVSICORI-UNA durante el mes de junio de 2022. De estos, 20 eventos (correspondiente con el 1,5% del catálogo mensual) fueron reportados como sentidos por la población costarricense mediante las redes sociales del Observatorio en Facebook y Twitter. La información completa de los sismos sentidos, donde se incluye el tiempo de origen, la magnitud, la profundidad y su ubicación epicentral, se puede encontrar en la página web del Observatorio mediante el siguiente enlace:

OVSICORI-UNA: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/sismos-sentidos>.

La distribución espacial de la sismicidad durante junio se puede observar en el mapa de la figura 1. En esta, el tamaño y color de los círculos representa la magnitud y la profundidad de los eventos respectivamente. Los círculos resaltados en color rojo denominados “sismos del mes”, corresponden con eventos que en su mayoría fueron sentidos por la población y que debido a su magnitud, sobresalen por sobre la sismicidad de fondo. Para algunos de estos sismos se presenta además su mecanismo de ruptura (bola de playa), el cual demuestra la cinemática promedio del proceso de ruptura a lo largo de la falla causante.

Para el mes de junio, el día con la mayor cantidad de sismos registrados fue el 9, con un total de 126 eventos, mientras que el día con la menor cantidad de sismos registrados fue el día 26, con tan solo 18 eventos (figura 2). Para este mes, el sismo de mayor magnitud, $M_w=4,8$ ocurrió el 12 de junio y su epicentro se ubicó 10 km hacia el suroeste de Puerto Armuelles en Puntarenas. Este evento se generó a 32 km

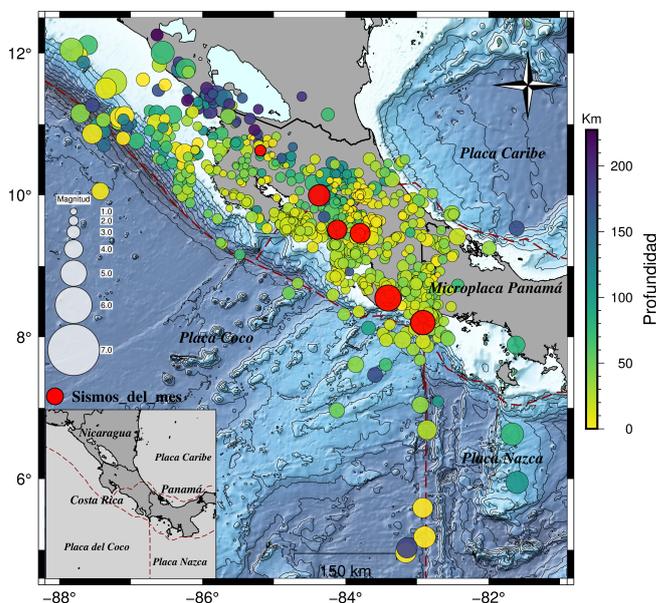


Figura 1: Mapa mostrando la distribución hipocentral de la sismicidad en Costa Rica durante el mes de junio de 2022. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente. Los eventos en color rojo corresponden con los sismos destacados del mes, ya sea por su magnitud, por haber sido percibidos por la población, o bien, ambas condiciones.

de profundidad, ubicándose en la Zona de Fractura de Panamá.

La cantidad acumulada de sismos localizados por la red sismográfica del OVSICORI-UNA durante el mes de junio se detalla en la figura 3. En esta, se observa un incremento acelerado en el número de sismos durante los días 8 y 9, debido a la secuencia sísmica en el distrito de los Ángeles de Pérez Zeledón, en la provincia de San José. Posteriormente la cantidad de eventos incrementa de manera constante en función del tiempo, tal y como se ha observado en los meses anteriores. En su mayoría y con la excepción de la secuencia sísmica ocurrida en Pérez Zeledón, la sismicidad en Costa Rica durante este mes está conformada principalmente por

SISMICIDAD EN EL CANTÓN DE PEREZ ZELEDÓN DURANTE LOS ÚLTIMOS 12 AÑOS

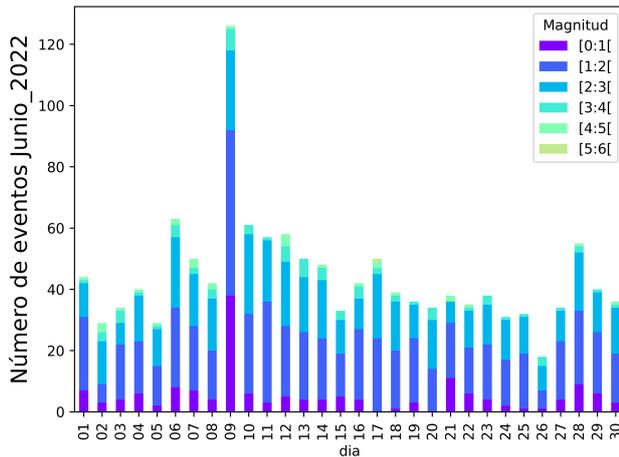


Figura 2: Conteo diario de la actividad sísmica en Costa Rica durante el mes de junio de 2022, localizada por la red sismográfica del OVSICORI-UNA. La distribución de color en cada una de las barras corresponde con el rango de magnitud descrito en la leyenda dentro de la figura.

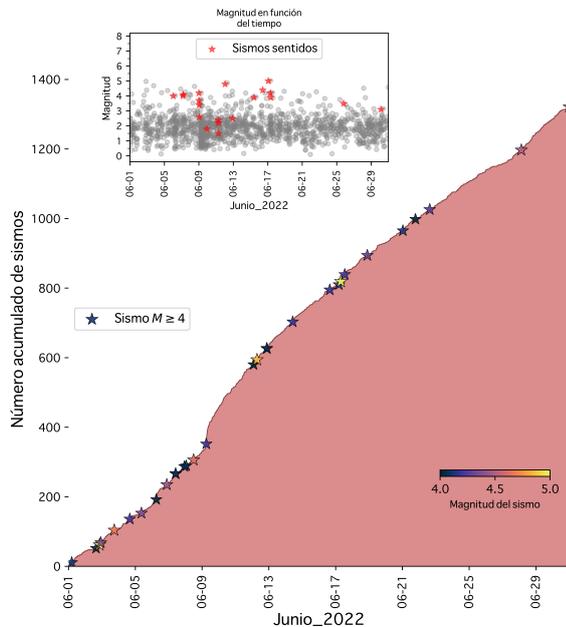


Figura 3: Cantidad acumulada de sismos (curva de color rojo) localizados manualmente por el personal del OVSICORI-UNA durante el mes de junio del 2022. En la figura, las estrellas de color representan la ocurrencia de sismos con magnitudes mayores o iguales a 4,0, de acuerdo con la escala de colores que se observa en la parte inferior derecha. El panel superior muestra la distribución diaria de magnitudes correspondientes a la sismicidad del mes. En este, las estrellas de color rojo resaltan aquellos sismos que fueron sentidos por la población.

sismicidad de fondo.

A continuación se resume la caracterización sismotectónica de la zona de Pérez Zeledón, como región sísmicamente más activa durante el mes de junio de 2022.

Un total de 70 sismos con magnitud local entre 0,0 y 4,2 fueron registrados entre el 7 y 9 de junio en el distrito de los Ángeles de Pérez Zeledón. Esta microsismicidad fue generada a profundidades de entre 5 y 10 km a lo largo de un sistema de fallas locales. La gran mayoría de estos eventos fueron percibidos y reportados por la población de los Ángeles, San Isidro del General y alrededores, despertando la alerta de la población debido al historial sismotectónico del cantón.

La secuencia sísmica, o enjambre en los Ángeles de Pérez Zeledón inició el día 7 a las 00:05 am, hora local, con un sismo de magnitud momento sísmico, $M_w = 3,8$, ubicado a 7 km de profundidad. De acuerdo con la inversión completa de formas de onda, este evento se generó a lo largo de una falla con geometría de tipo normal, con una fuerte componente de desplazamiento de rumbo sinistral. La tabla 1 muestra los parámetros de la fuente sísmica de todos los sismos con magnitudes mayores a 4,0 que han ocurrido en la región de estudio desde 2010, cuando inició la era digital en el Observatorio. Similarmente, la figura 4 muestra la ubicación hipocentral de estos eventos (círculos), donde para cada sismo, el color y tamaño del círculo corresponde con su profundidad y magnitud, respectivamente. Junto con su ubicación hipocentral, se muestra además el mecanismo focal o bola de playa correspondiente, el cual ilustra la geometría de la falla causante.

Representados con círculos de color gris, se muestra también la distribución de la microsismicidad ocurrida en la zona durante el mes de junio. Particularmente, el enjambre sísmico en los Ángeles de Pérez Zeledón se distribuye a lo largo de la cuenca del río División (afluente del río Savegre). Esta región ha sido afectada por sismos locales importantes, los cuales han provocado pérdidas materiales significativas, un ejemplo de esto es el terremoto del 3 de julio de 1983, con magnitud estimada de 6,1, y cuyo epicentro se ubicó 14 km hacia el norte de San Isidro del General (Boschini et al., 1988). Boschini et al. (1988) asigna a la falla Buenavista, que delimita la cuenca alta del río General con rumbo cercano a N-S (figura 4), como la fuente sísmica de este evento. Dicho terremoto llegó a tener intensidades de hasta VIII - IX en escala Mercalli en las regiones cercanas al epicentro, cuya afectación incluyó, además de deslizamientos y destrucción de casas, la pérdida de una vida humana (Morales and Leandro, 1985).

Tanto la cuenca del río División como la del río General, se encuentran contenidas entre la cordillera de Talamanca y la fila Brunqueña. La intensa actividad tectónica generada en la zona de estudio, así como la morfología de la región compuesta por una serie de valles estrechos entre montañas de gran altura, convierten a esta zona en una región altamente vulnerable a importantes procesos erosivos, como deslizamientos e inundaciones (Quesada, 2017), por lo que resulta indispensable comprender mejor el contexto sismotectónico local con el propósito de crear mejores planes de contingencia y atención del riesgo.

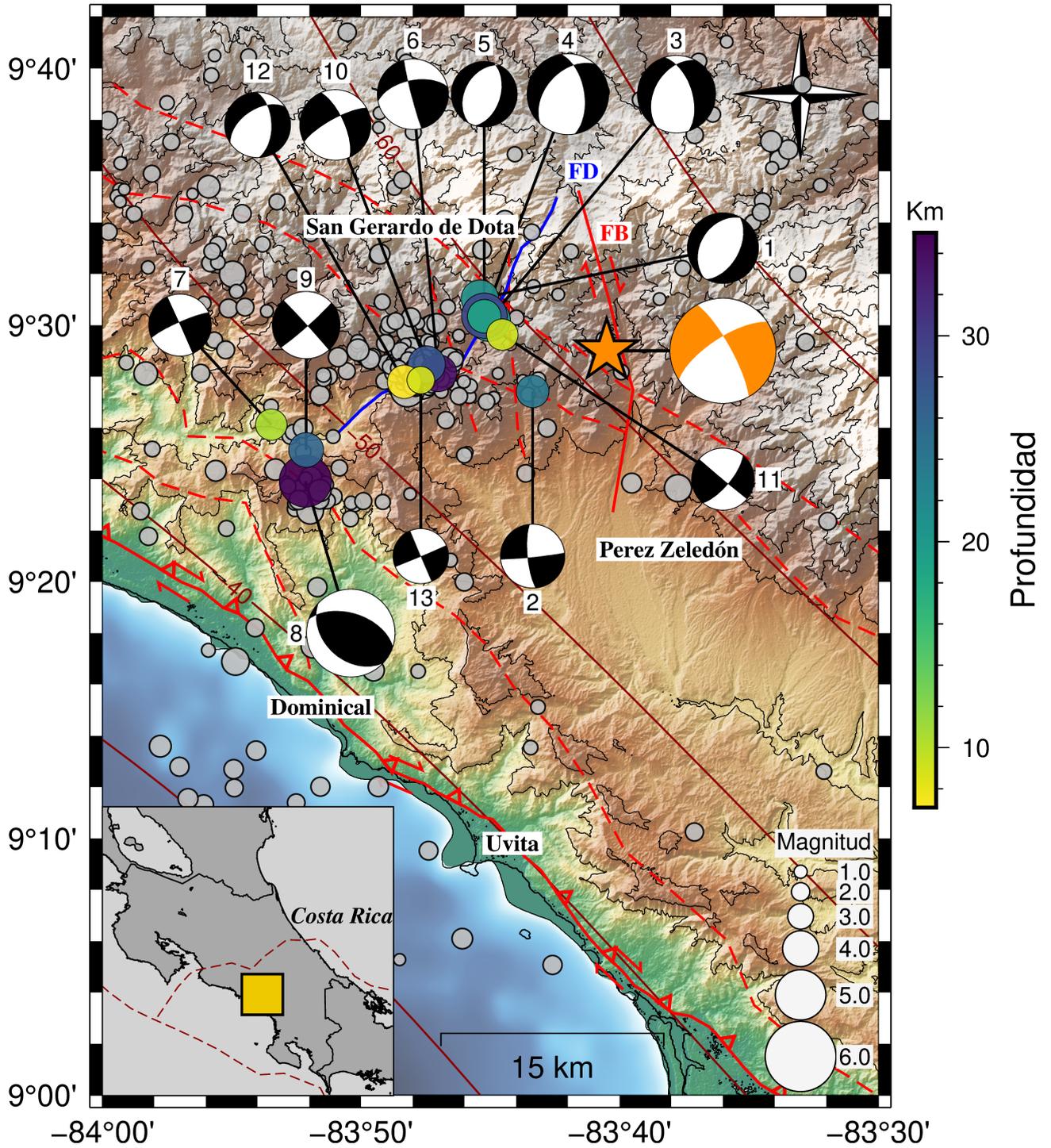


Figura 4: Distribución hipocentral de la actividad sísmica en la región de Pérez Zeledón. En el mapa, los círculos de color gris corresponden con la sismicidad generada en la zona durante el mes de junio de 2022. Los círculos de colores representan la sismicidad con magnitud igual o mayor a $M_l = 4,0$, descrita en la tabla 1. El color de cada sismo corresponde con su profundidad, mientras que el diámetro se encuentra en función de la magnitud del evento. Para estos eventos se muestra además su mecanismo focal, calculado mediante la inversión del tensor de momento sísmico. En color anaranjado se muestra la estrella y el mecanismo focal correspondiente al terremoto de Pérez Zeledón ocurrido el 3 de julio de 1983, con una magnitud $M_s = 6,1$, así como la falla Buenavista (FB), y la falla inferida División (FD).

Evento	Fecha	Hora (UTC)	Latitud	Longitud	Prof. (km)	Mag (M_w)	strike/dip/rake
1	2014-07-16	22:10:04	9,52	-83,76	21	4,1	28/53/-92
2	2014-10-22	15:46:59	9,46	-83,72	24	3,7	84/87/-13
3	2015-04-03	18:32:28	9,50	-83,75	20	4,5	209/43/-52
4	2015-04-03	18:42:36	9,51	-83,75	29	4,7	222/46/-49
5	2015-08-01	12:47:22	9,51	-83,75	18	3,8	208/41/-81
6	2016-01-18	00:46:21	9,47	-83,78	34	4,1	258/58/4,4
7	2016-07-25	00:32:55	9,44	-83,89	10	3,6	246/82/-0,31
8	2016-09-03	22:06:00	9,40	-83,87	35	5,1	288/53/74
9	2016-09-10	05:28:09	9,42	-83,87	25	3,9	48/86/1,5
10	2018-04-27	15:33:41	9,47	-83,79	27	4,1	241/76/-21
11	2021-11-15	12:46:04	9,49	-83,74	9	3,6	130/89/-162
12	2022-06-06	06:05:57	9,46	-83,81	7	3,8	236/52/-46
13	2022-06-09	05:58:45	9,46	-83,79	8	3,2	67/89/-0,4

TABLA 1: SOLUCIÓN DEL MECANISMO FOCAL PARA LOS SISMOS CON MAGNITUD MAYOR O IGUAL A $M_L = 4,0$, OCURRIDOS EN LA REGIÓN DE ESTUDIO, DESDE EL AÑO 2010. EL MECANISMO FOCAL SE CALCULÓ MEDIANTE LA INVERSIÓN DEL TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO REGIONAL.

Existen registros históricos de otros eventos importantes que generaron afectación en la zona, sin embargo su caracterización no ha sido determinada con exactitud (Mora and Peraldo, 2011), a pesar del reconocido potencial de afectación sobre la carretera Interamericana y otras obras de infraestructura pública vitales para el país, la zona de estudio, hasta la fecha, ha sido poco estudiada.

ANÁLISIS SISMOTECTÓNICO DEL NORESTE DE PEREZ ZELEDÓN

Mediante el cálculo del tensor de momento sísmico para todos los eventos con magnitud mayor o igual a $4 M_w$, localizados en la zona de estudio desde el 2010, se puede realizar un estudio de primer orden para comprender mejor el régimen de esfuerzos al NE de Pérez Zeledón. La falla Buenavista (figura 4), asociada con la ocurrencia del terremoto de Pérez Zeledón del 3 de julio 1983 (Boschini et al., 1988), tiene una dirección de rumbo N-S con cierta curvatura. Esta falla es predominantemente dextral con componente normal (mecanismo focal anaranjado, figura 4).

El tensor de momento sísmico resultante para los sismos 1, 3, 4 y 5 (Tabla 1) son del tipo normal, con una componente de rumbo significativa sinistral, de manera que el plano de falla tiene dirección NE-SO. La ubicación de estos eventos coincide con la traza sugerida para la falla División (figura 4), ubicada 4 km hacia el este de la falla Buenavista. En un estudio previo, Mora and Peraldo (2011) sugieren que observaciones de campo apuntan hacia la existencia de una posible falla en esta zona ya que hay indicios de estrías y gradas de fallas que corresponden con un aparente movimiento sinistral. El mecanismo focal 12 se le atribuye un movimiento normal con componente sinistral de esta misma falla, en un segundo tramo de falla ubicado hacia el suroeste de los eventos mencionados anteriormente.

Aguas abajo del río División, cerca de la localidad de Santa Eduvigis, se localizaron los eventos 6, 10, y 13, cuyos mecanismos focales son del tipo dextral. Geomorfológicamente, en la zona se observa un desvío lateral derecho del

río en dirección NO-SE (figura 4), que corresponde con uno de los planos calculados. Esta desviación es paralela a la traza de la falla Longitudinal, ubicada 20 km al suroeste, y cuyo movimiento es del tipo inverso con componente dextral.

La falla Longitudinal es la más larga de Costa Rica, se extiende desde el sur de Quepos hasta Paso Canoas en la frontera con Panamá. Su origen está estrechamente ligado a la compresión generada en el Pacífico sur por la subducción de la cordillera del Coco (proveniente del punto caliente de los Galápagos) en conjunto con la subducción de la Zona de Fracturas de Panamá por debajo de la península de Burica. Dicha compresión se ve reflejada también en una serie de fallas inferidas, paralelas a la falla longitudinal, que compartirían un mismo tipo de movimiento. El tensor de momento sísmico calculado para los eventos 7, 9 y 11 se atribuyen también al movimiento dextral de estas fallas inferidas.

En el caso del mecanismo focal 2, dicho evento está localizado en una zona afectada por varias trazas de falla inferidas con diferentes tipos de movimiento, por lo que no se puede determinar en una primera instancia el plano preferencial. Es por esto que se recomienda realizar estudios de campo complementarios.

De acuerdo con el mecanismo focal del evento 8, ubicada al SO de la secuencia cerca de la población de Savegre abajo, corresponde a una falla del tipo inversa con un rumbo NO-SE, por lo que también sería producto de la compresión ejercida sobre esta zona.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la inversión del tensor de momento sísmico, se puede interpretar que en su mayoría, los fallamientos generadores de la secuencia sísmica de los Ángeles de Pérez Zeledón durante el mes de junio de 2022, corresponden principalmente con un sistema extensivo, que se ubica justamente por detrás de un área comprimida. Además, el movimiento dextral de la falla Buenavista, cuyo rumbo varía en aproximadamente 60 grados a la dirección de empuje (esfuerzo local principal), es producto de los esfuerzos de cizalla generados por la compresión, mientras que el movimiento dextral de la falla Longitudinal y las fallas inferidas paralelas, son producto de la compre-

sión ejercida (esfuerzo regional principal), también con una diferencia de rumbo aproximada de 60 grados, en dirección NNO-SSE por la subducción oblicua de la Zona de Fracturas de Panamá bajo las penínsulas Osa y Burica.

GLOSARIO

Cuenca: Superficie donde se recoge el agua drenada por una corriente de agua (Tarbuck et al., 2005).

Epicentro: Punto en la superficie ubicada directamente sobre el hipocentro (Tarbuck et al., 2005).

Falla inversa: falla en la que el bloque sobre la superficie de la falla se mueve hacia arriba.

Falla normal: falla en la que el bloque por encima de la superficie de la falla se mueve hacia abajo.

Falla de rumbo sinistral: falla, por lo general vertical, en la que un bloque se mueve hacia la izquierda con respecto al otro.

Falla de rumbo dextral: falla, por lo general vertical, en la que un bloque se mueve hacia la derecha con respecto al otro.

Hipocentro: Foco u origen bajo la superficie, a partir del cual inicia el movimiento de la falla, y la irradiación de energía de un sismo (Tarbuck et al., 2005).

Magnitud Momento Sísmico: Medición de la cantidad de momento sísmico liberado durante el sismo. Está basado en una escala logarítmica de momento sísmico, de manera que pueda ser comparada con otras escalas de magnitud (Tarbuck et al., 2005; Lay and Wallace, 1995).

Mecanismos focales (Bola de playa): Es una proyección estereográfica del plano de falla y el plano auxiliar de la falla, que representa las zonas donde ha habido compresión y dilatación, por lo que permiten determinar el mecanismo de ruptura de la falla durante el evento sísmico (Lay and Wallace, 1995).

Momento Sísmico: Energía liberada durante un sismo, calculado a partir del área de ruptura, rigidez de la roca y el desplazamiento promedio de la falla (Lay and Wallace, 1995).

Strike/Dip/Rake: Dirección de rumbo de la falla/ ángulo de buzamiento medido desde el plano vertical hacia abajo/ ángulo de deslizamiento del bloque superior de la falla con respecto al bloque inferior (Tarbuck et al., 2005).

REFERENCIAS

- Boschini, I., Alvarado, G., and Rojas, W. (1988). El terremoto de buenavista de perez zeledón (julio 3, 1983) evidencia de una fuente sismogénica intraplaca desconocida en costa rica. *Revista Geológica de América Central*, 8:111–121.
- Lay, T. and Wallace, T. (1995). *Modern global seismology. Academic Press, Estados Unido.*
- Mora, M. and Peraldo, G. (2011). Análisis macrosísmico del terremoto de buenavista de perez zeledón, 3 de julio de 1983 (ms = 6,1), costa rica. *Revista Geológica de América Central*, 44:41–70.
- Morales, L. and Leandro, G. (1985). Riesgos geológicos asociados al terremoto de buenavista, perez zeledón. *Informe IGN*, page 18.
- Quesada, A. (2017). Geomorfología fluvial e inundaciones en la cuenca alta del río general, costa rica. *Instituto de Geociências*, 40(2):278–288.
- Tarbuck, E., Lutgens, F., and Tasa, D. (2005). *Ciencias de la tierra, introducción a la geología física. Pearson Prentice Hall*, 8.