



Sismos por Fallas Locales Reportados como Fuertes en Panamá Central, Panamá

Local Faults Earthquakes Reported as Strong in Central Panama, Panama

Eduardo Camacho Astigarrabía

Universidad de Panamá. Departamento de Física. Panamá.

eduardo.camachoa@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-7415-6786>

Mayubel Alvarado

Universidad de Panamá. Departamento de Física. Panamá.

mayubell.alvarado-v@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-7017-956X>

Recibido:8/8/2023 Aceptado: 18/10/2023



DOI <https://doi.org/10.48204/reict.v3n2.4679>

RESUMEN

La región de Panamá Central, esta surcada por varias fallas activas de desplazamiento de rumbo o transcurrentes, que representan una amenaza sísmica para las ciudades de Panamá, Colón, La Chorrera, Arraiján y el Canal de Panamá. El primer sismo que causó daños en ciudad de Panamá ocurrió 1541. Igualmente, el sismo del 2 de mayo de 1621 causó graves destrozos a las estructuras de mampostería de la ciudad y se originó en la falla Pedro Miguel, que es una falla de desplazamiento de rumbo dextral, que se extiende de norte a sur cuasi paralela al Canal de Panamá. A partir de datos de intensidades Mercalli Modificada (MM) registrados por la estación sismológica Balboa Heights Panamá (BHP) para sismos superficiales desde 1913 hasta 1976 y por la estación de la Universidad de Panamá (UPA), en los años siguientes, se desarrolló una ecuación para el cálculo de magnitud M_s a partir de la intensidad. Así mismo, se describe, a partir de fuentes originales, los eventos sísmicos

por fallas locales ocurridos en la Región Central de Panamá y alrededores, que fueron sentidos como fuertes ($I \geq V$ MM) o causado daños en la Cuenca del Canal de Panamá, desde 1547.

PALABRAS CLAVE: Panamá Central, fallas locales, sismicidad histórica, relación magnitud-intensidad

ABSTRACT

The Central Panama region is crisscrossed by several active strike-slip or transcurrent faults, which represent a seismic threat to the cities of Panama, Colón, La Chorrera, Arraiján and the Panama Canal. The first earthquake causing damage in Panama City occurred in 1541. The earthquake of May 2, 1621, caused serious damage to masonry structures and originated on the Pedro Miguel fault, which is a of a dextral strike slip fault, which extends from north to south almost parallel to the Panama Canal. Based on data of Modified Mercalli (MM) intensities recorded by the Balboa Heights Panama seismological station (BHP) for surface earthquakes from 1913 to 1976 and by the University of Panama station (UPA), in subsequent years, an equation was developed for the calculation of magnitude M_s from intensity. Likewise, we describe from original sources seismic events since 1547, due to local faults that occurred in the Central Region of Panama and surrounding areas, which were felt as strong ($I \geq V$ MM) or caused damage in the Panama Canal Basin.

KEYWORDS: Central Panama, local faults, historical seismicity, magnitude-intensity relationship

INTRODUCCIÓN

El Istmo de Panamá está ubicado en la microplaca de Panamá, donde en su límite norte la placa Caribe subduce bajo Panamá (Camacho et al., 2010; Goswami et al., 2019; Bourke et al., 2023); al este converge con el bloque Norandino como resultado de una colisión arco-continente (Gonzales et al., 2023). Jarrin et al., (2023) han propuesto que la falla Uramita y el Cinturón Deformado del Este de Panamá, constituyen el límite oriental de la microplaca de Panamá, acomodando 6 y 15 mm/año de movimiento relativo respectivamente; al sur la dorsal del Coco y la placa de Nazca, con las extensiones septentrionales de la Zona de Fractura de Panamá: zona de fractura de Coiba, Balboa y Panamá y la dorsal de Coiba, subducen bajo Panamá oblicuamente y con ángulo bajo (Mac Kay & Moore, 1990; Moore & Sender, 1996); más al este, al sur del Golfo de Panamá, el límite tectónico con la placa de Nazca lo constituye una falla de transformación con rumbo lateral izquierdo, la falla del sur de Panamá (Westbrook et al., 1995); y al oeste la microplaca de Panamá se extiende hasta el cinturón deformado de Costa Rica Central (Marshal et al., 2000).

La convergencia entre la microplaca de Panamá y la placa Sudamericana a una tasa de 25 mm/año, (Trenkamp et al., 2002) causa que el interior del istmo de Panamá se deforme por plegamiento y fallamiento. Panamá Central no se deforma como una zona de límite de placas, si no como una zona de cizallamiento o ‘‘shear zone ‘‘, en donde hay algunas fallas activas, que se expresan en el paisaje, y otras no, pero igualmente fueron activas en algún momento (Rockwell, Bennet et al., 2010; Rockwell, 2022).

Muchas de las principales fallas de Panamá Central han sido identificadas desde hace mucho tiempo a partir de la geología y la geomorfología, pero no se consideraron como activas durante el Holoceno (Woodring, 1957; Stewart et al., 1980). Esta idea cambio, cuando Pratt et al., (2002), realizaron un estudio geofísico submarino en la Bahía de Limón, al noreste de la Ciudad de Colón, que determino la existencia de fallamiento activo de tipo transcurrente de rumbo NE-SW, que pueden ser producto de la subducción de la placa del Caribe bajo la microplaca de Panamá.

Estudios paleosismológicos de las fallas principales de Panamá Central, realizados por Earth Consultants International (ECI) en 2005 y en 2007, y validados por William Lettice & Associates (WL) en 2007, concluyen que las fallas de Pedro Miguel y Limón son fallas de deslizamiento lateral derecho y la falla Río Gatún de deslizamiento lateral izquierdo. Estas investigaciones sugieren que cada una de estas fallas han generado terremotos de $M_w \geq 6.5$, de forma independiente, en los últimos 500 años. Las tasas estimadas de deslizamiento para estas fallas sugieren que los períodos de retorno de estos eventos son de unos pocos cientos de años y las mismas también evidencian desplazamientos de varios metros durante los últimos mil años, que son mucho mayores que los reportados anteriormente.

Según (ECI, 2005), la falla del Río Gatún es una falla activa de rumbo lateral izquierdo con evidencia de ruptura de la superficie desde aproximadamente 1670 con desplazamientos de un solo evento de aproximadamente 0,7 m. Si los desplazamientos promedio de esta falla son típicamente de 0,7 m, con una tasa de deslizamiento de 3 mm/ año, los períodos de retorno promedio serían aproximadamente 225 años (Rockwell, Gath et al., 2010).

Según Rockwell, et al., (2010), la falla Limón es una falla activa de rumbo lateral derecho con evidencia de un evento que causó ruptura en superficie después de 1680 d. C., y evidencia depósitos desplazados más de 30 m por múltiples sismos durante los últimos 3000 a 5000 años, que sugieren una tasa de deslizamiento de unos (8 ± 2) mm/año. Ellos también estiman para los últimos 1400 años un valor de (7 ± 3) mm/año. Estos valores parecen un poco elevados y debiesen ser reevaluados.

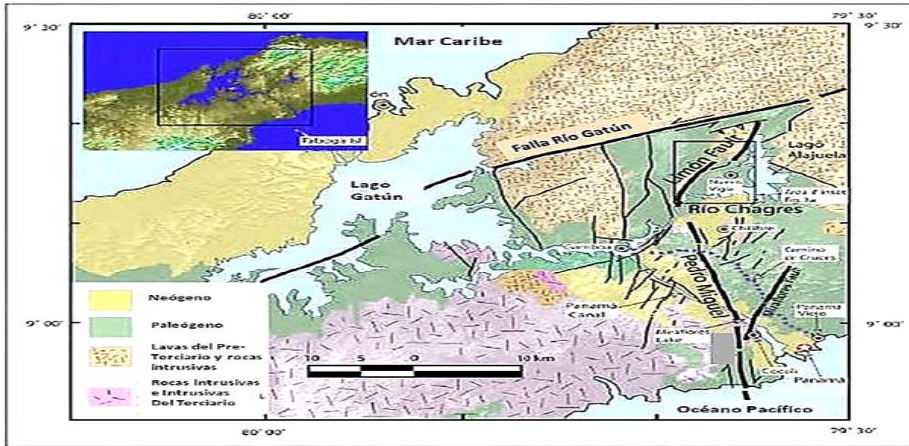
La falla Pedro Miguel (Figura 1) es una falla de rumbo lateral derecha con evidencia de eventos de ruptura en superficial durante el Holoceno tardío y probablemente históricos. En esta falla se observa un aparente desplazamiento histórico del tipo lateral derecho de 2 a 4 m., a 13 km al norte de las esclusas de Pedro Miguel, en una sección del antiguo Camino de Cruces, que es atravesada por la traza cartografiada de la falla. El camino desplazado indica que el evento más reciente ocurrió en los últimos 470 años aproximadamente; quizás coincidiendo con el terremoto de 1621 que ocasionó daños en la ciudad de Panamá y generó una gran cantidad de réplicas. (Rockwell, Gath et al., 2010). El informe de ECI (2007) sugiere que esta falla probablemente se extiende, paralela a la margen occidental del canal de Panamá, mar afuera hasta la isla de Taboga. Hacia el norte, la falla se extiende hasta muy cerca de la población de Chilibre, lo que hace que la longitud en tierra de esta falla sea de al menos 30 km. Mediciones recientes han reevaluado la tasa de deslizamiento de esta falla entre 2 y 3 mm/año (Rockwell, 2022).

Las fallas Pedro Miguel y Limón parecen formar un sistema de fallas que se extiende desde el flanco sur de la Sierra Maestra, en la provincia de Colón, en dirección sur a lo largo de al menos 40 km y que podrían interactuar generando sismos grandes ($M_w \geq 7.0$),

En el Golfo de Panamá, cercano al Archipiélago de Las Perlas existe una zona de falla inversa con buzamiento hacia el este, la Falla de Las Perlas o San Miguel, que se extiende con rumbo NNW-SSE desde el Archipiélago de las Perlas, atravesando la Bahía de Panamá (Cowan et al., 1999) y que se considera generó el sismo “*de Pelé*” del 13 de enero de 1971.

Figura 1.

Vista área de la falla Pedro Miguel (ECI, 2007). En la imagen de la derecha se nota su cercanía a la ciudad de Panamá y el canal de Panamá.



En la Figura 2, aparecen las principales fallas activas de tipo transcurrentes o de rumbo en Panamá Central.

Figura 2.

Principales fallas activas en Panamá Central (Adaptado de Rockwell et al., 2010)



La presencia de fallas, con abundante evidencia de actividad en tiempos históricos, en la región de Panamá Central; y en especial las altas tasas de actividad en las fallas de Pedro Miguel, Río Gatún y Limón son potencialmente muy significativas para la evaluación de la amenaza sísmica en la región adyacente al canal de Panamá y el diseño de edificaciones y líneas vitales nuevas, así como para las evaluaciones del riesgo sísmico asociado en las ciudades en Panamá Central.

Al momento de evaluar los daños y efectos causados por los sismos históricos es fundamental tomar en cuenta las tipologías constructivas. La gran mayoría de las edificaciones en Panamá Central hasta mediados del siglo XX eran en su mayoría de madera, quincha o paja, con techos ligeros. Estas estructuras son eficaces como material antisísmico debido a su elasticidad, absorben las vibraciones evitando que se propaguen por el resto de la estructura y en caso de colapso no provoca demasiados daños. Se ha evidenciado que estas estructuras tienen mucha mayor resistencia a los sismos en comparación a las estructuras de adobe o mampostería sin refuerzo. Un magnífico ejemplo de esto se observa en la Figura 3.

Figura 3.

Efectos a estructuras de mampostería sin reforzar, madera y un bohío bambú y techo de palma, en un mismo sitio, durante el sismo del 25 de diciembre 2003.



Obsérvese como las estructuras de madera y palma sufrieron daños mucho menores que la edificación de mampostería sin refuerzo.

Sismos recientes a nivel mundial han demostrado que las tipologías constructivas tradicionales son más adecuadas para resistir los sismos, que muchas de las tipologías consideradas como modernas en la actualidad, las cuales son mucho más vulnerables (Alih et al., 2019; Carbajal et al., 2005; Idham, 2019; Kumar et al., 2017; Poletti et al., 2015, Şahin Güçhan, 2007).

Lo expresado anteriormente explicaría porque los sismos en Panamá Central, con magnitudes $M \geq 6.0$, no causaron daños más extensos en tiempos históricos. Igualmente se ha encontrado que las atenuaciones en Panamá Central son similares a las de California Central, que son relativamente rápidas (Camacho, 2022). Todo lo anterior debiera alertarnos sobre los daños de sismos futuros en

esta zona debido a la incorporación de arquitecturas no tradicionales, que si no están edificadas de acuerdo con normas sismorresistentes podrían sufrir daños de consideración.

METODOLOGIA

Los estudios de sismicidad histórica son muy útiles para ampliar la ventana de tiempo que cubren los catálogos sísmicos utilizados para evaluar la amenaza sísmica de un sitio o emplazamiento.

Para los eventos registrados de 1909 a 1930 se utilizó la fórmula de magnitud por duración (Camacho, 1991), de los sismógrafos horizontales Bosch-Omori que operaron en BHP hasta 1934.

$$M_s = 0,847 \log T - 0,003 D + 4,895 \quad (1)$$

Donde M_s es la magnitud de la onda superficial, T es la duración del evento en segundos y D la distancia epicentral en kilómetros.

Cuando los parámetros sísmicos provienen de otras fuentes la referencia se incluye entre paréntesis.

Una de las grandes dificultades al momento de evaluar la sismicidad histórica de sismos sin registros sismográficos o sismogramas, está en el cálculo de su magnitud. Para solventar esta dificultad se desarrolló una relación de cálculo de la magnitud sísmica a partir de observaciones de intensidad eventos anteriores a 1909.

Relación para el cálculo de magnitud M_s empleando la intensidad en BHP o UPA

Para el desarrollar una fórmula de intensidad-magnitud, se aplicó una regresión lineal múltiple a los datos de intensidades Mercalli Modificada (MM) de 26 sismos superficiales reportados por la estación sismológica de Balboa Heights (BHP) y que estuvo ubicada en el edificio de la administración del Canal de Panamá en ciudad Panamá, desde 1904 hasta 1977 a los cuales les reporto la intensidad Mercalli Modificada (MM) y dos sismos ocurridos posteriormente reportado por la estación sismológica de la Universidad de Panamá (UPA), que opera en la colina universitaria

del campus Octavio Méndez Pereira de ciudad de Panamá, desde 1979. Es importante mencionar que la Compagnie Universelle du Canal Interocéanique de Panamá instaló el primer sismógrafo de todas las Américas en el Ateneo de la ciudad de Panamá. Posteriormente los equipos se trasladaron a Ancón y el monitoreo sísmico continuó con algunas interrupciones hasta 1909, cuando los norteamericanos instalaron instrumentos nuevos en BHP.

En la Tabla 1 aparecen los sismos empleados para realizar la regresión linear múltiple, con sus coordenadas, profundidad, distancia epicentral y magnitud. Obteniéndose la relación siguiente:

$$M_s = -0.5054 (I) + 1.089 (\ln R) - 1.39. \quad (2)$$

Donde I es la intensidad MM, R es la distancia epicentral y M_s la magnitud de ondas superficiales.

Tabla 1.

Valores utilizados para la regresión de intensidad y magnitud observados en BHP

Fecha						Parametros Sísmicos						
Año	Mes	Día	h	m	s	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud	MMI	R (Km)	ln R
1913	10	2	4	23	28	7,500	-80,080	10	6.6	6	185.0	5.22
1914	5	26	3	23		9,200	-78,000		7.2	5		
1916	4	26							7.0	5	320.0	5.80
1934	7	18				8,000	-82,780	25	7.6	5	350.0	5.86
1936	5	5	8	20					6.5	5	96	4.56
1939	10	20	20	7		8,000	-83,000		6.0	4	394.0	5.98
1941	12	5	20	47		8,400	-83,200		7.5	4	406.0	6.00
1943	5	2	18	18	47.0	7,000	-80,000	25	7.1	5	201.0	5.35
1951	1	5				7,000	-81,000		6.7	3		
1952	5	16				6,700	-78,900		6.9	4		
1956	3	13	14	13	10.0	7,000	-82,000		6.7	4	348.0	5.95
1956	12	16	2	41	52.0	6,500	-78,000		6.5	3	324.0	5.78
1957	7	10	10	4	8.0	8,000	-82,500		6.5	3	342.0	5.83
1960	5	12	23	32	32.0	7,500	-81,000		6.5	4	229.0	5.43
1965	8	2	15	34	21.4	7,400	-78,700	20	5.5	3	199.0	5.29
1969	12	23	12	20	53.3	10,000	-78,800		5.0	3	140.0	4.94
1970	12	4	9	51	16.1	9,800	-79,700	20	5.2	4	92.0	4.52
1971	1	20	4	45	.1	8,785	-79,166	16	5.6	6	43.0	3.76
1974	7	13	1	18	23.0	7,740	-77,630	4	7.3	4	252.0	5.53
1975	1	25	7	8	42.0	7.15	-77,760	33	6.5	3	283.0	5.65
1976	7	11	1	41	51.0	7.37	-78,070	17	7.3	4	241.0	5.48
1978	7	1				9,320	-78,120	12	5.7	4		
1985	1	5				10,170	-80,020	33	6.1	4		
2002	3	16	21	52	10.0	9.00	-78,970	10	5.3	5	62.0	4.13
2003	8	13	8	29		9,397	-79,927	16	5.3	4	70.0	4.25

SISMOS CORTICALES SENTIDOS COMO FUERTES EN PANAMA CENTRAL

Seguidamente se describen, a partir de fuentes originales, los eventos sísmicos por fallamiento local, ocurridos en la Región Central de Panamá y alrededores, que se han sentido fuertemente o causado daños (Intensidad $\geq V$ MM) en la Cuenca del Canal de Panamá, desde 1541.

1541. 21 de noviembre.

En la ciudad de Panamá se sintió un terremoto lo suficientemente fuerte como para haber sido registrado. Este fue el único acontecimiento fuerte del que los habitantes de la ciudad guardaron algún recuerdo (Sosa, 1969). También se reportaron algunos daños por causa de este sismo (Morin Couture, 2008).

1621, 2 de mayo, 16:30 horas

La ciudad de Panamá La Vieja tenía una superficie de 441,854 m² (Berrio Lem, (1991) y aproximadamente 5000 habitantes (Anderson, 1911, Sosa y Arce, 1911).

En 1610 la ciudad de Panamá La Vieja: “tenía una plaza grande y dos pequeñas, una catedral, cinco conventos, un hospital, siete casas reales y prisión, tribunal y cárcel, el cabildo, dos ermitas, trescientas treinta y dos hermosas casas cubiertas de tejas, cuarenta casitas, ciento doce chozas de paja, dos puentes, mercado de carne y un matadero. Todas las casas eran de madera, excepto ocho que estaban construidas de piedra” (Anderson, 1911).

Requejo Salcedo (1647), canónigo de la Catedral de Panamá, narra este terremoto:

“El domingo 2 de mayo... entre las nueve y las diez de la mañana se sintió el primer terremoto mientras me encontraba en el sacristía. Los que estábamos ahí lo sentimos mucho pero no hizo daño... pues el primer terremoto fue corto y pasó rápido.

A las 4:30 o 4:45 de la tarde vino el segundo terremoto y fue tan violento y sacudió tanto los edificios que parecía que la tierra se abriría y se los tragaría. Las casas de madera hacían un gran ruido y se sacudían violentamente, y a la gente que estaba afuera les parecía que iban a caer al suelo.

La gente salió corriendo a las calles y plazas tan rápido como pudo durante este movimiento.

Esta vez los daños fueron grandes, y aunque como testigo ocular pude decir mucho de lo que vi durante estos días, ya que el Padre Juan de Fonseca..., hizo un informe extenso y exacto, sólo me referiré a algunas de las cosas que Lo descubrí en este trabajo.

Al describir este terremoto, el mencionado Padre Fonseca afirma que... el terremoto duró más de un cuarto de hora de este fuerte terremoto, que fue entre las cuatro y cinco de la tarde, hasta que anocheció, hubo más temblores, no tan largo ni tan violento, sino de sólo uno, dos o tres carcaj... Por esta razón, no había nadie que se aventurara a esconderse durante la noche.

----- Después de la mala, ... habiendo recibido noticia... de que se había derrumbado el Convento de las Monjas y la casa del Juez Juan de Santacruz.

-----Estoy seguro de que debe haber habido unos setenta terremotos de este tipo esa noche.

Durante el lunes, martes y miércoles hasta el jueves la tierra sacude con estos terremotos...Desde el jueves 16 del mes...y hasta el 25 de mayo fueron tres o cuatro cada día, pero luego empezaron a disminuir. Durante más de quince días durante estos terremotos nadie se atreve a entrar en las casas. Las plazas, playas y terrazas se llenaron de camas y tiendas de campaña en preparación para los terremotos que se avecinaban.

Ninguna de las casas de madera, aunque temblaban y hacían mucho ruido, y muchas de sus tejas se soltaron y cayeron al suelo, se derrumbaron, y hay aquí casas que existen desde el tiempo de la fundación de la ciudad. Su madera está carcomida por termitas y gusanos, sus pilares se han podrido y sus paneles han sido carcomidos por los barrenadores de la madera y solo se sostienen con los puntales que se les han agregado... más bien, ese fue el destino de los nuevos que Eran tan sólidos como la roca, pues prácticamente todas las casas de piedra de la ciudad estaban inclinadas y los mayores daños recayeron sobre ellas.

(.....) La catedral, que había sido hecha de madera..., se inclinó más que nunca después del terremoto, hasta quedar prácticamente apoyada en los muros de piedra y argamasa recién construidos” (la iglesia estaba siendo reconstruida en piedra). “No hay duda de que se habrían estrellado contra la Tierra si no hubieran tenido apoyos.

El Convento de Santo Domingo no sufrió graves daños. Los daños a San Francisco no se pueden reparar con menos de 3.000 pesos; el de la Compañía de Jesús con menos de 1.000 pesos.

El Convento de las Monjas de la Concepción fue el más dañado--- El coro alto, techo y paredes de la iglesia se derrumbaron--- La estimación de los daños visibles a esta institución se cifra en más de 20.000 pesos. Un poco más de 20 casas de la ciudad, hechas de piedra, argamasa y ladrillo, sufrieron daños por el terremoto”.

Debido a que no existen reportes de daños en la costa caribeña de Panamá, específicamente en la ciudad de Portobelo ni en Natá, ubicada a 120 km al suroeste de la ciudad de Panamá en la costa del Pacífico, consideramos que el epicentro de este terremoto fue muy superficial y se ubica en la Costa pacífica del Istmo de Panamá.

En la Figura 4 aparece el mapa de intensidades para el sismo de 1621.

Figura 4.

Distribución de intensidades para el sismo de 1621



Estudios de paleosismología (ECI, 2007) sugieren que este sismo se originó en la falla Pedro Miguel.

En la figura 5 se observa deformación en el antiguo trazado del camino de cruces atribuida a este sismo

Figura 5.

Desplazamientos en el camino de Cruces. En el recuadro superior izquierdo se observa como lucia este camino en 1914 y en el resto de la figura como luce en la actualidad (Rockwell, 2022).



Asumiendo, para el sismo de 1621, un foco en la falla Pedro Miguel con distancia epicentral $R=30$ km, una intensidad sentida $I = VIII$ MM en Panamá La Vieja, se empleó la relación desarrollada anteriormente para el cálculo de magnitud M_s a partir de la intensidad sentida

obteniéndose para este sismo una magnitud de ondas superficiales:
 $M_s = (6.4 \pm 0.4)$.

1844

El New York Daily Times del 26 de julio de 1854, reporta de un sismo fuerte ocurrido en el año 1844, que fue igual de fuerte que el del 10 de julio de 1854.

1849, 11 de enero

Un sismo fuerte causo pánico y gran alarma entre los emigrantes de paso para California (New York Municipal Gazette, 1849). Es importante resaltar que para abril de ese año se reportaban 1,500 emigrantes en ciudad de Panamá (New York Daily Tribune, 1849a). En marzo de 1849 la ciudad de Panamá tenía un total de 7,000 residentes nativos y 500 norteamericanos (New York Daily Tribune, 1849b)

Es probable que este sea el mismo sismo que se reportó anteriormente como ocurrido en 1844 y al que hace alusión el New York Daily Times del 26 de julio de 1854.

1854, 10 de julio, 12:30 A.M.

Este sismo, que duro de 6 a 8 segundos inicio con un sonido seguido de fuertes retumbos que ocasionaron rajaduras y alarma entre los residentes de la ciudad de Panamá, a muchos de los cuales despertó (New York Daily News, 1854). La gente se lanzó a las calles aterrada. La casa del cónsul inglés fue la que sufrió mayor daño. Así mismo, este sismo fue seguido por una tormenta de rayos y truenos y algunas personas reportaron que sintieron el sismo por unos 20 segundos (Daily Picayune, 1854),

En la isla de Taboga el sismo duro varios segundo más y también causo rajaduras de paredes y la caída de objetos, por lo que en general se sintió más fuerte que en ciudad de Panamá (New York Daily News, 1854). El Daily Picayune (1854), reporta que en Taboga se observó una inusual elevación del nivel del mar Debido a este último hecho consideramos que este sismo se originó en una falla local en la bahía de Panamá, o en un posible segmento de la falla Pedro Miguel, que se extendería hasta las cercanías de la isla de Taboga.

1854, 18 de julio

Un sismo ocurrió en Panamá causando daños leves (Charleston Courier, 1854; The Floridian, 1854). podría ser una réplica del sismo del 10 de julio de ese mismo año.

1873, 13 de octubre, 18:15.

sismo fue reportado por el Panama Star & Herald el 16 de octubre de 1873: "En esta ciudad (Ciudad de Panamá) el choque se sintió fuertemente como a las seis y cinco minutos, siendo la noche oscura y el cielo nublado. Se sintió a bordo de los barcos. en el puerto, a lo largo de la línea del ferrocarril y en Aspinwall (Colón). Un escrito correspondiente de San Pablo, una de las estaciones, dice: "Tuvimos dos sacudidas bastante Este severas con un intervalo de sólo uno o dos segundos entre ellas. El segundo impacto fue más severo y estuvo acompañado de un sonido retumbante parecido a un trueno. Un hombre que pasó por el puente de Barbacoas en ese momento dice que la vibración fue tan grande que tuvo miedo de que el puente cediera". En Aspinwall... se han sentido más severamente que en Panamá. La gente allí estaba muy asustada y el miedo a un maremoto se sumó a la emoción".

El hecho que se hayan oído un sonido retumbante como un trueno sugiere que este sismo fue causado por una falla local cercana a Colón, que podrían ser la falla Gatún o la falla Limón,

1884, 5 de noviembre, 11:30 p.m.

Desde ciudad de Panamá se reporta: “ *A very slight earthquake shock was felt in this city at about 11:30 p.m. on the 5th instant. The motion was also noticed in Colon and at various places along the line.*” (Star & Herald, 1884).

1909, 30 de septiembre, 08:02 am, 9,8 N, 78,4 W, Ms6,0.

El Washington Post (1909a) reportó que este sismo fue precedido por cuatro sismos locales que fueron registrados en los sismógrafos de la compañía del Canal de Panamá el 28 de agosto, entre 11 a.m y 5 p.m. Después del sismo, se registraron réplicas por un lapso de 20 minutos. El sismo fue sentido con mayor fuerza en la vertiente Pacífica de Panamá (Washington Post, 1909b).

“Seismic disturbances were recorded on the instruments at Ancon observatory on August 28 and 30. On the 28th, four distinct shocks were recorded, all of minor intensity, the first occurring about

11 a.m., and the last, at a little past 5 p.m.; none of these being accompanied by any preliminary tremors.

This disturbance was felt by many persons at various points in the zone, and almost immediate inquiries were made from Ancon, Alahuela and Gatun. At the latter place, the clock in the fluviograph station was stopped, presumably by the disturbance.

No building in Panama or Colon, or in the Canal Zone villages was damaged by the earthquake. (Canal Record, 1909).

"Pens thrown off. Felt in Balboa Heights Panama and Nombre de Dios". (BHP, 1909). "The quake was also felt at Aguadulce, in Cocle Province, and at Pacora, Province of Panama, points more than 100 miles apart. In Colon the shock was slight, and no damage was done" (New York Times, 1909).

"The quake was also felt at Aguadulce, in Cocle Province, and at Pacora, Province of Panama, points more than 100 miles apart. In Colon the shock was slight, and no damage was done" (New York Times, 1909).

The administration buildings of both the government and the Commission here and at Ancon were so severely shaken that the clerks left their desks hurriedly for the street. They soon returned when, however, it was seen no damage has been done and the first shock was not followed by a second." (Los Angeles Times, 1909).

1915, 26 de enero

La Prensa (1915) reporta el 26 de enero, que durante los tres últimos días han ocurrido en esta ciudad tres temblores cortos pero fuertes, que han alarmado grandemente a sus habitantes. El tercer sismo fue el más fuerte y ocurrió el 26 de enero sintiéndose a todo lo largo de la región del canal de Panamá.

El sismo causo daños leves, pero produjo gran ansiedad y pánico en la población de la ciudad de Panamá (Los Angeles Evening Herald, 1915).

1930, 30 de julio, 1:53 p.m.

El Diario de Panamá (1930) reporta que a la 1:53 de la tarde del 30 de julio se sintió un sismo de fuerte intensidad, acompañado por ruidos subterráneos y retumbos, haciendo que gran cantidad de gente se asomara a los balcones.

En Colón la gente se lanzó a las calles muy alarmadas, pero fue sentido con mayor intensidad en la vertiente Pacífica del canal de Panamá (The New York Times, 1930).

La estación sismológica BHP localizo este sismo a 80 km al SW de ciudad de Panamá y le asigno una intensidad de VI RF (The New York Times, 1931).

Se ha determinado que los ruidos producidos por sismos superficiales se perciben mayormente cuanto más cerca se esté del epicentro (Tosi et al., 2012). El hecho que personas en ciudad de Panamá hayan percibido ruidos subterráneos sugiere que el sismo pudo ser causado por una falla local y que el epicentro fue cercano.

1936, 5 de mayo, 3:21:29 p.m.

La estación BHP reporto que esta fecha ocurrió un sismo a una distancia epicentral de 80 km causando alarma general y fue acompañado por un ruido fuerte e impulse repentino. Esto hizo que la mayoría de la gente pensaran en una explosión fuerte. Este sismo no causó daños y se le asigno una intensidad de V MM.

La ventanas vibraron, los perros ladraban como locos y la gente se refugió en las plazas en donde permanecieron hasta que anocheció. Algunos edificios del canal sufrieron rajaduras. En Chame, San Carlos y Punta Mala fue sentido mucho más leve, pero no fue sentido en Chepo, ubicado 50 km al este de ciudad de Panamá (Star & Herald, 1936).

1971, 20 de enero, 11:45 am, 8.76°N, 79.18°W, h = 20 km, Ms5.6 (BRK), Ms5.8 (PDE) Este sismo también conocido como el sismo de Pelé, porque ocurrió la noche que el famoso futbolista Pelé jugo en Panamá. Su epicentro se ubicó a 46 km al SE de la ciudad de Panamá y con una profundidad de 20 km. Debido a que se sintió con más fuerza en la Isla San Miguel consideramos que su epicentro

está en el Golfo de Panamá y probablemente se originó en la falla Las Perlas. Pennington (1982) estimó su mecanismo focal que es del tipo inverso con una componente de deslizamiento lateral izquierdo.

La estación sismológica de Balboa (BHP), Zona del Canal de Panamá, registró en un lapso de quince días, 30 réplicas de las cuales 5 fueron sentidas por la población. Muchos residentes de la ciudad de Panamá se despertaron y otros salieron de sus casas. Las paredes se agrietaron, las ventanas de vidrio y tuberías de agua se rompieron, además se cortó la electricidad (Acres, 1982). La intensidad asignada para la ciudad de Panamá fue de VI MM y la sentida cerca del epicentro en el archipiélago de Las Perlas es VLL MM. En la Figura 6 aparecen imágenes publicadas en algunos periódicos de algunos de los daños causados por este sismo en ciudad de Panamá. El hospital Gorgas, actual hospital oncológico sufrió daños severos, por lo cual los norteamericanos instalaron los dos enormes amortiguadores o "dampers" que se construyeron a ambos extremos de esta estructura hospitalaria (Sadek et al., 1996), uno de los cuales se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

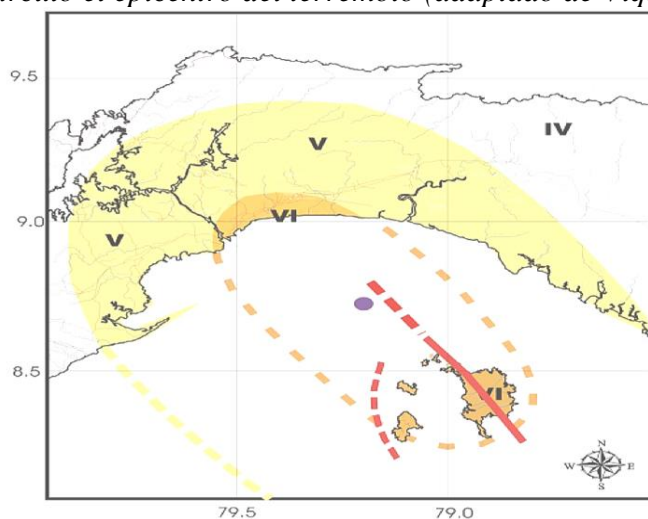
Uno de los dos amortiguadores de fricción instalados a ambos extremos de la estructura del Hospital Gorgas, a raíz del terremoto de 1971 (Panama on.com, 2023)



En la Figura 7 se muestra la distribución de intensidades para este evento estimadas a partir de reportes de periódicos (El Panamá América, 1971; La Hora, 1971; La Estrella de Panamá, 1971; El Matutino, 1971 y La Crítica, 1971).

Figura 7.

Distribución de intensidades del sismo de 1971, la línea roja indica la falla de San Miguel y el círculo el epicentro del terremoto (adaptado de Viquez y Camacho 1993)



Los sismos de Arraiján del 28 de abril y 19 de julio de 2023

A partir del año 2000 con el mejoramiento de la vigilancia sísmica en Panamá Central con la instalación de la red sismológica de la Autoridad del Canal de Panamá y la densificación de estaciones de la red sismológica de la Universidad de Panamá, se registran periódicamente pequeños sismos producidos por fallas locales, que la gran mayoría de las veces no son percibidos por la población. Después del sismo de 1971, en Panamá Central no había ocurrido un sismo local sentido como fuerte ($I \geq VMM$), sin embargo, el 28 de abril y el 19 de julio de 2023 ocurrieron sendos sismos con epicentros próximos a la rivera oeste del canal de Panamá, en el Distrito de Arraiján, Panamá Oeste, que causó algo de temor en la población.

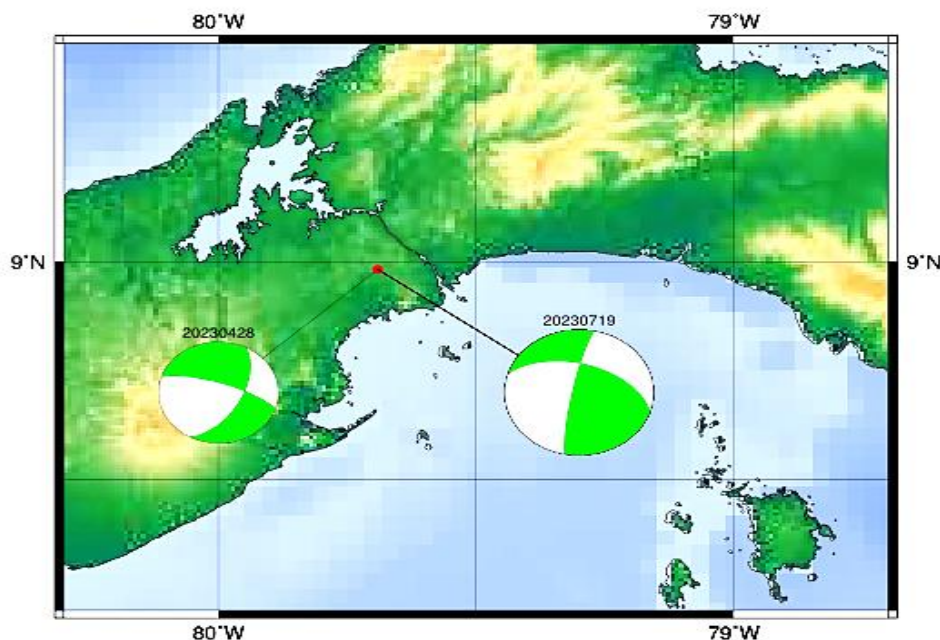
El sismo del 28 de abril tuvo una magnitud $M_w 2.9$ y fue sentido con una intensidad máxima de IV MM en Veracruz y Panamá Pacífico. El sismo del 19 de julio fue precedido por un sonido como disparo y retumbos. Se le calculó una magnitud de $M_w 3.6$ y fue percibido con una intensidad máxima

de V MM en Nuevo Chorrillo, Arraiján, Panamá Pacífico, La Hacienda y San Vicente de Bique. Los movimientos en los barrios adyacentes al canal de Panamá fueron sentidos en dirección E-W.

En la figura 8 aparece la ubicación y los mecanismos focales de estos sismos, todos de tipo trascurrente similar al desplazamiento de la falla Pedro Miguel, aunque también podrían haberse originado en una falla trascurrente lateral derecha paralela a la Pedro Miguel.

Figura 8.

Sismos de Arraiján del 28 de abril y el 19 de julio de 2023 y sus mecanismos focales de tipo trascurrente con deslizamiento lateral derecho. Mapa elaborado usando GMT (Wessel et al., 1998)



CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes de esta investigación son las siguientes:

1. Contrario al sentir popular, a lo largo de la historia en la zona interoceánica de Panamá se han percibido y registrado muchos sismos que eran reportados en los periódicos de la época.

2. El evento del 2 de mayo de 1621 es un eventos producido por una falla local, que con gran probabilidad es la falla Pedro Miguel al cual se le ha estimado una magnitud de ondas superficiales $M_s = (6.4 \pm 0.4)$.
3. A pesar de que históricamente la sismicidad en la región interoceánica del istmo por fallamiento local es relativamente baja, al compararla con el occidente de Panamá y otras zonas del país, ésta ha sido afectada por eventos destructivos al menos en una ocasión, como es el caso de sismo de mayo de 1621.
4. Históricamente las intensidades reportadas para sismos en la región de Panamá Central han sido bajas, lo que se puede a las atenuaciones altas de ondas sísmicas y al uso de tipologías arquitectónicas tradicionales, como son la madera, quincha, ranchos o bohíos de cañazas, carrizo o caña brava, con techos de palma o paja, que dejaron de emplearse a mediados del siglo XX
5. La proximidad de la falla Pedro Miguel a centros urbanos e infraestructura importante aumentan el riesgo sísmico en la zona interoceánica de Panamá.
6. Sólo se necesita un evento superficial provocado por una falla local, cerca de centros de alta densidad de población y edificaciones, de magnitud moderada para causar daños devastadores. Los terremotos por falla local como los de Managua del 23 de diciembre de 1972 con una magnitud $M_w 6.2$ y el terremoto de San Salvador del 13 de febrero de 2001 con una magnitud $M_w 6.6$ son un buen ejemplo de esto.
7. En Panamá, las autoridades y los encargados de la planificación deben promover el desarrollo medidas de mitigación y reducción del riesgo sísmico y así mismo, hacer cumplir de forma estricta el Reglamento Estructural Panameño (REP, 2020).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo brindado por la Autoridad del Canal de Panamá. Eduardo Camacho Astigarrabía agradece los apoyos brindados, a lo largo de estos años, por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), que contribuyeron grandemente a la realización de estas investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acres International Limited (Dappolonia), (1982). Evaluación sísmológica del proyecto. Central Hidroeléctrica Tarazará.
- Anderson, C. (1911). Old Panama and Castilla del Oro, Press of Sudwarth Company, Washington, 558 pp.
- Alih, S.C., & Vafaei, M., (2019). Performance of reinforced concrete buildings and wooden structures during the 2015 Mw 6.0 Sabah earthquake in Malaysia, *Engineering Failure Analysis*, **102**, 351-368, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.04.056>.
- Archivo General de Indias. Panamá 30, 102 y 104.
- Archivo Nacional de Panamá. Estantería 69, Cajón 2, Legajo 32, Tomo XIII D. 260.
- Archivo Nacional de Panamá. Librería 69, Cajón 3, Legajo 32, Tomo XIV Doc. 261.
- Audiencia de Panamá (1607). Descripción de Panamá y su Provincia, en: Relaciones Relatos Históricos y Geográficos de Centroamérica, Tomo VIII, Librería General de Victoriano Suárez, Madrid, 1908, 136-159
- Berrío Lem, V. (1991). Nuestra Señora de la Asunción de Panamá: la historia de tres ciudades. inédito).
- B., H., P., 1909: Balboa Heights Panama Files, registro de registros sísmográficos de 1909.
- B., H., P., 1910: Balboa Heights Panama Files, registro de registros sísmográficos de 1910.
- B., H., P., 1930: Balboa Heights Panama Files, registro de registros sísmográficos de 1930.
- Blume, J., A., and Associates Research Division (1967). Compilation of Seismic Data: Panama and Adjoining Land and Sea Areas, NVO- 99-22, prepared for the Atlantic Pacific Interoceanic Canal Commission, Contract AT (26-1)-99, 40 pags.
- Bourke, J. R., Levin, V., Arroyo, I. G., & Linkimer, L. (2023). Evidence for Caribbean plate subduction in southern Costa Rica. *Geology*, 51(4), 408-412. <https://doi.org/10.1130/G50796.1>
- Camacho, E., (1991): El catálogo de sismos históricos de la República de Panamá (1516-1990) in J., Tanner editor: Report of the First Technical Workshop Seismic hazard project, February 4-8, Panama City, I. P. G. H., Mexico, 123 pp.
- Camacho, E., (2022). *Atenuación de intensidades y ondas coda en Panamá Central*, (Diapositivas de PowerPoint). XIV Congreso Geológico de América Central, San José, Costa Rica

- Camacho E., Hutton, W., Pacheco, J. (2010). A New Look at Evidence for a Wadati Benioff Zone and Active Convergence at the North Panama Deformed Belt. *Bull. Seismo. Soc Am.* **100**, 343-348. <https://doi.org/10.1785/0120090204>.
- Carbajal, F., Ruiz, G., & Schexnayder, C., J. (2005). Quincha Construction in Peru. *Pract. Period. Struct. Des. Constr.* **10**:56-62: DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0680(2005)10:1(56)
- Castillero, E. (1973). El terremoto del día de La Cruz. *Revista Lotería* **209**, 95-97.
- Charleston Courier, 1854, 24 de julio. Charleston, South Carolina.
- Cowan, H., Machette, M., Haller, K., & Dart, R. (1999). Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Panama and Its Offshore Regions, Open File Report 98-779, U. S. Geological Survey.
- Daily Picayune (1854), 21 de julio, p2, New Orleans, Louisiana, Estados Unidos de América.
- Earth Consultants (2005). Paleoseismic investigations of the Gatun and Limon faults in Central Panama.(ACP Tender No 43205).
- Earth Consultants (2007). Paleoseismic trenching of the Pedro Miguel Fault in Cocoli, located immediately southwest of the Panama Canal. (ACP Tender No. CDO178690KRP).
- El Diario de Panamá (1930). 30 de julio.
- El Matutino, (1971), 20 de enero
- El Panamá América, (1971); 20 de enero
- González, R., Oncken, O., Faccenna, C., Le Breton, E., Bezada, M., & Mora, A. (2023). Kinematics and convergent tectonics of the Northwestern South American plate during the Cenozoic. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **24**, <https://doi.org/10.1029/2022GC010827>
- Goswami, A., J. Pindell, R. N. Erlich, K. Reuber, and B. W. Horn, (2019). Regional structure and petroleum potential of the North Panama deformed belt: *GeoGulf Transactions*, v. 69, p. 365–372.
- Idham, N. C. (2019). Indonesian Architecture and Earthquake Vulnerability: The Development of Building Safety through the Civilization. MATEC Web of Conferences 280, 01004, <https://doi.org/10.1051/mateconf/20192800> ICSBE 2018
- Jorgensen, K. M. (1966). Seismological History of the canal Zone and Panama, Panama Canal Company, Meteorological and Hydrographic Branch **12**, 12pp., 1map
- Kirkpatrick, R., Z., (1920). Earthquakes in Panama up to January 1, 1920, *Bull. Seism. Soc. Am.* **10**, 120-128.

Kirkpatrick, R., Z., (1931). Earthquakes in Panama, *The Military Engineer* **23**(132), 544-545.

Kumar, N., Verma, A., & Kumar, S. (2017). Earthquake Resistant Building Construction, *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering* **3**(4).

Jarrin, P., Nocquet, J.M., Rolandone, F., Audin, L., Mora-Páez, H., Alvarado, A., Mothes, P., Audemard, F., Villegas-Lanza, J.C., & Cisneros, D. (2023). Continental block motion in the Northern Andes from GPS measurements, *Geophysical Journal International*, Volume 235, Issue 2, November 2023, Pages 1434–1464, <https://doi.org/10.1093/gji/ggad294>

La Crítica (1971), 20 de enero

La Hora (1971); 20 de enero

La Estrella de Panamá (1971); 20 de enero

La Prensa (1915). 26 de enero, ciudad de Panamá, Panamá

Leeds, D., J., (1978). Panama Seismic History, Conferencia Centroamericana de Ingeniería Sísmica, San Salvador, El Salvador, January 9-12 (unpublished).

Los Angeles Evening Herald (1915). 26 de enero.

Mac Donald, D., F., y W., C., Johnson (1913). Isthmian Earthquakes, *The Canal Record* **2**, 144148.

Marshall, J. S., Fisher, D. M., & Gardner, T. W. (2000), Central Costa Rica deformed belt: Kinematics of diffuse faulting across the western Panama block, *Tectonics*, 19(3), 468–492, doi:[10.1029/1999TC001136](https://doi.org/10.1029/1999TC001136).

Morin Couture, A. (2008). Apuntes de Historia de la Iglesia de Panamá, Periodo Colonial, Tomo 1, INAC, Editorial Mariano Arosemena, Panamá

New York Daily News, 1854, 11 de julio

New York Daily Tribune, 1849a, 9 de abril.

New York Daily Tribune, 1849b, 11 de abril.

New York Municipal Gazette, 1849, 22 de mayo.

Panama on.com (2023). Al hospital oncológico le están llegando los recursos económicos y recibirá los adicionales que necesite, <https://www.panamaon.com/noticias/salud/99286-al-hospital-oncologico-le-estan-llegando-los-recursos-economicos-y-recibira-los-adicionales-que-necesite.html>

- Pennington, W., (1981). Subduction of the Eastern Panama Basin and seismotectonics of Northwestern South America, *J. Geophys. Res.*, **86**, 10753-10770.
- Poletti E., Vasconcelos, G., & Lourenço, P.B. (2015). Timber frames as an earthquake resisting system in Portugal. *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture – Correia, Lourenço & Varum (Eds). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02892-0*
- Requejo Salcedo, R., (1640). Relación Histórica y Geográfica de la Provincia de Panamá, en: *Relaciones Históricas y Geográficas de Centroamérica, Tomo VIII, Librería General de Victoriano Suárez, Madrid, 1908, 311 págs*
- Rockwell, T. (2022). May 25, 2022. *Tectonics and faulting in Central Panamá*. (Diapositivas de PowerPoint). Meeting on Seismicity of the Pacific Sector, Metro de Panamá. Panama City, Panama.
- Rockwell, T. K., Bennett, R. A., Gath, E., and Franceschi, P. (2010), Unhinging an indenter: A new tectonic model for the internal deformation of Panama, *Tectonics*, **29**, TC4027, <https://doi.org/10.1029/2009TC002571>.
- Rockwell, T., Gath, E. Gonzalez, T., Madden, C., Verdugo, D., Lippincott, C., Dawson, T., Owen, L.A., Fuchs, M., Cadena, A., Williams, P., Weldon, E., Franceschi; P. (2010). Neotectonics and Paleoseismology of the Limón and Pedro Miguel Faults in Panamá: Earthquake Hazard to the Panamá Canal. *Bulletin of the Seismological Society of America* **100** (6): 3097–3129 <https://doi.org/10.1785/0120090342>
- Star & Herald, (1873): 16 de octubre.
- Star & Herald, (1914): 28 de mayo
- Star & Herald, (1930): 8 y 9 de marzo.
- Star & Herald, (1936), 7 de mayo.
- Sosa, J. y E., Arce (1911). Compendio de la Historia de Panamá, Casa Editorial del "Diario de Panamá", Morales y Rodríguez, 322 págs.
- Sosa, J. (1969) Historia de la Ciudad de Panamá La Vieja, Revista Lotería 165.
- The Canal Record (1909). 1 de septiembre
- The Floridian, 1854, 29 de Julio, Tallahassee.
- The New York Times (1909). 31 de Agosto
- The New York Times (1930). 31 de julio

The New York Times (1931). 10 de abril.

The Washington Post (1909b), 31 de agosto.

The Washington Post (1909a), 13 de septiembre

Tosi, P., Sbarra, P., & De Rubeis, V. (2012). Earthquake sound perception. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L24301, <https://doi.org/10.1029/2012GL054382>.

Viquez, V & Camacho, E. (1993). El terremoto de Panamá La Vieja del 2 de mayo de 1621: un sismo intraplaca. *Boletín de Vulcanología* **3**, 13-20.

Viquez, V., & Toral, J. (1987). Sismicidad histórica sentida en el Istmo de Panamá. *Revista Geofísica* **27**, 135-165.

Şahin Güçhan, N., (2007). Observations on earthquake resistance of traditional timber-framed houses in Turkey, *Building and Environment*, **42**,(2), 840-851, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.09.027>.

Sadek, F., Mohraz, B., Taylor, A., & Chung, R. (1996). Passive Energy Dissipation Devices for Seismic Applications. Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 20899, <https://www.nist.gov/publications/passive-energy-dissipation-devices-seismic-applications>

Stewart. R.H., Stewart, J.L., & Woodring. W.P. (1980). Geologic map of the Panama Canal and vicinity, Republic of Panama, U. S. Geol. Survey.

Westbrook, G.K., Hardy, N.C., Heath, R.P. (1995). Structure and tectonics of the Panama-Nazca plate boundary, in *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America*, GSA Special Paper, Paul Mann, editor, <https://doi.org/10.1130/SPE295-p91>

William Lettis y asociados, Inc. (2007). Paleoseismic evaluation of the Pedro Miguel, Río Gatún and Limón faults. Informe a la Autoridad del Canal de Panamá. (ACP contract SAA-187934-KRP).

Wessel, P., and Smith W. H. F. (1998). New, improved version of Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, **79**(47), p. 579. [doi:10.1029/98EO00426](https://doi.org/10.1029/98EO00426).

Woodring, W. P. (1957). Geology and paleontology of Canal Zone and adjoining parts of Panama: geology and description of tertiary mollusks (gastropods: trochidae to turritellidae). Professional Paper 306-A, <https://doi.org/10.3133/pp306A>