PÍLDORA TÉCNICA

¿Por qué Cali y Buenaventura sufrieron daño severo pese a su mayor distancia hipocentral?

Distancia al plano de ruptura (R_{rup}) frente a distancia hipocentral (R_{hypo}) en un sismo de subducción intraplaca del Pacífico colombiano.

Carlos Arteta · Universidad del Norte · César Pájaro · University of Canterbury

NOTA DE ALCANCE

Este análisis se enmarca en el modelo de fuente finita **más reciente** publicado por el USGS para este sismo. Como toda inversión de fuente finita, puede refinarse a medida que se incorporen más datos: las distancias aquí presentadas son la **mejor estimación disponible a la fecha**, no un resultado definitivo.

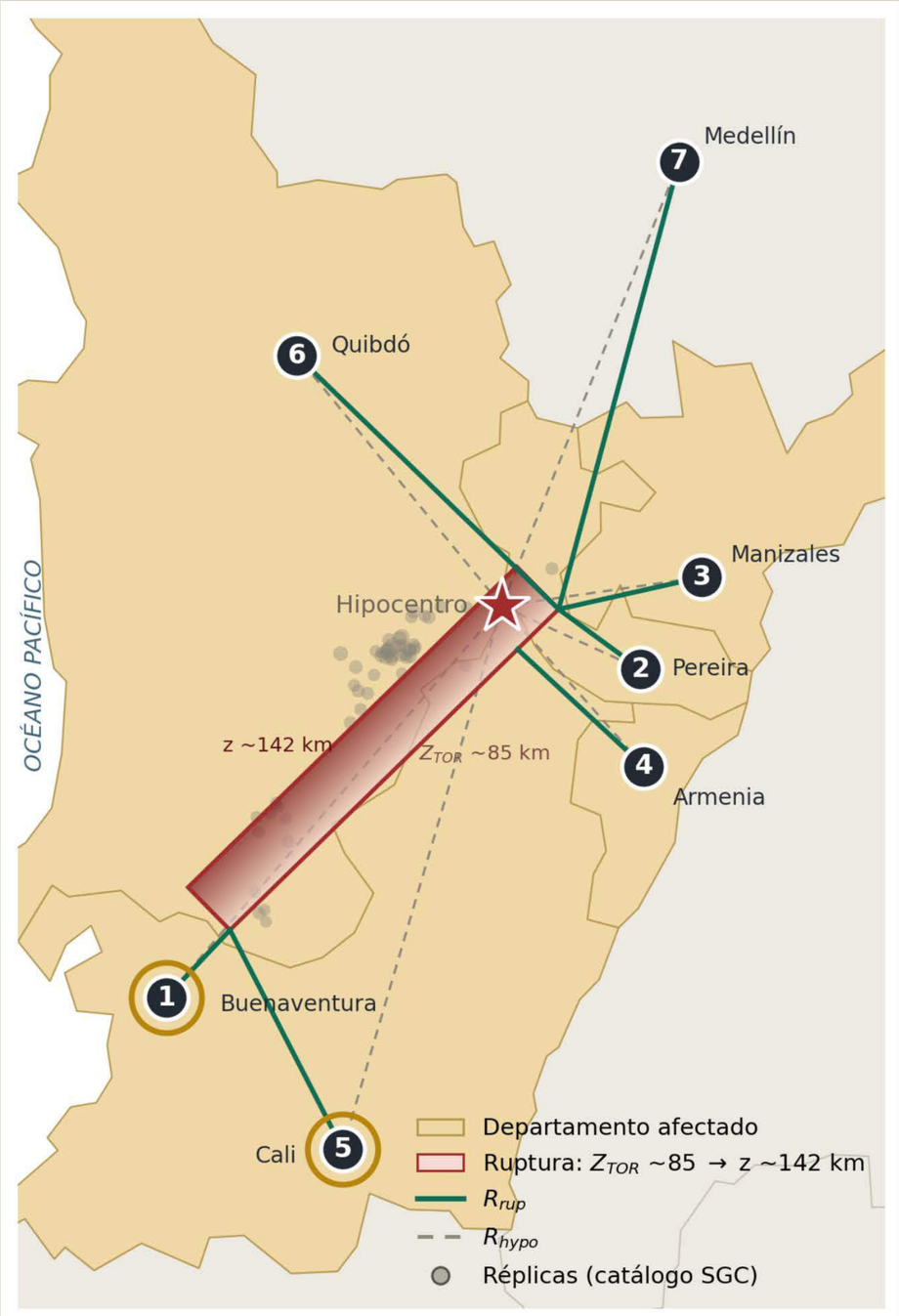

FIG. 1 — Plano de ruptura del USGS, hipocentro y trayectoria de cada métrica de distancia, con las réplicas del catálogo del SGC. La numeración corresponde a la tabla.

R_{rup} = distancia mínima 3D a la grilla de subfallas (275 celdas, 6×6 km). Coordenadas de ciudad = centroide urbano aproximado.

DOS MÉTRICAS, DOS GEOMETRÍAS

R_{hypo}
Distancia hasta el hipocentro, entendido como fuente sísmica puntual (teórica). Métrica clásica, ampliamente usada en leyes de atenuación para sismicidad profunda o intermedia.

R_{rup}
Distancia más corta hasta el plano de falla. Nace como alternativa a R_{hypo} para considerar las dimensiones finitas de la ruptura; preferida cuando la fuente no puede tratarse como un punto.

Z_{TOR}
Profundidad del borde superior del plano de ruptura; *z* es la del extremo profundo. Ambas se anotan sobre el plano en la Fig. 1.

HALLAZGO

Este sismo (≈103–110 km de profundidad; SGC, USGS) clasifica como subducción intraplaca: la convención apuntaría a R_{hypo}. Pero **R_{hypo} solo no habría anticipado el daño severo** en Cali y Buenaventura: su cercanía real es al plano extendido de ruptura, no al hipocentro puntual.

DISTANCIAS POR CIUDAD

N	CIUDAD	R_{rup} (KM)	R_{hypo} (KM)
1 ★	**Buenaventura**	**90**	**205**
2	Pereira	91	134
3	Manizales	97	140
4	Armenia	101	142
5 ★	**Cali**	**115**	**217**
6	Quibdó	143	161
7	Medellín	169	196

★ ciudades destacadas en esta píldora

IMPLICACIONES PARA LOS MODELOS DE ATENUACIÓN

El modelo global **BC Hydro (2016)** y los regionales de **Montalva et al. (2017)** y **Arteta et al. (2021)** adoptan R_{hypo} para sismos intraplaca: en eventos profundos y de magnitud moderada, la diferencia entre una fuente puntual y una falla finita es despreciable.

Los modelos **NGA-Subduction (2022)** —AG, KBCG, PSBAH y SMK— ya estandarizaron **R_{rup}** tanto para interfaz como para intraplaca, reconociendo que en magnitudes mayores la liberación de energía ocurre sobre un plano extendido y la fuente puntual deja de ser un buen sustituto.

MÉTRICA POR TIPO DE FUENTE · NOSAM

Corticales	R_{rup}
Subducción interfaz	R_{rup}
Subducción intraplaca	R_{hypo} → R_{rup}
Nido de Bucaramanga	R_{hypo}

Arteta et al. 2021, 2023 · Pajaro et al. 2024
→ migración propuesta

CONCLUSIÓN

Los estudios futuros de atenuación regional deben concentrar esfuerzos en **estimar los planos de falla de los eventos de subducción intraplaca** y en **actualizar los modelos para incorporar R_{rup}** como métrica de distancia. Esta es la vía para representar los efectos de falla finita en los escenarios de mayor magnitud y profundidad intermedia, como el terremoto de Chocó de 2026.

REFERENCIAS · MODELOS DE MOVIMIENTO FUERTE

Serie **NoSAm** — *Northern South America*: modelos para el norte de Suramérica de Arteta et al. (2021, 2023) y Pajaro et al. (2024)

2021 · SUBDUCCIÓN Arteta et al. Ground-motion model for subduction earthquakes in northern South America. *Earthquake Spectra, 37*(4), 2419–2452. doi.org/10.1177/87552930211027585

2023 · CORTICAL Arteta et al. Ground-Motion Model (GMM) for Crustal Earthquakes in Northern South America (NoSAm Crustal GMM). *BSSA, 113*(1), 186–203. doi.org/10.1785/0120220168

2024 · NIDO DE BUCARAMANGA Pajaro et al. Partially non-ergodic ground motion model for the Bucaramanga seismic nest (NoSAm Nest GMM). *Bull. Earthquake Eng., 22*(8), 3677–3702. doi.org/10.1007/s10518-024-01898-w

2016 · BC HYDRO Abrahamson, N.A., Gregor, N., & Addo, K. BC Hydro Ground Motion Prediction Equations for Subduction Earthquakes. *Earthquake Spectra, 32*(1), 23–44. doi.org/10.1193/051712eqs188mr

2017 · ZONA DE SUBDUCCIÓN CHILENA Montalva, G.A., Bastías, N., & Rodriguez-Marek, A. Ground-Motion Prediction Equation for the Chilean Subduction Zone. *BSSA, 107*(2), 901–911. doi.org/10.1785/0120160221

2022 · NGA-SUBDUCTION Bozorgnia, Y., Abrahamson, N., Ahdi, S.K., Ancheta, T.D., Al Atik, L., et al. NGA-Subduction research program. *Earthquake Spectra, 38*(2), 783–798.