

## MATERIAL SUPLEMENTARIO

para el artículo

Evidencias geológicas, geomorfológicas y geofísicas de deformación asociada a la falla Cerritos y su implicación en el peligro sísmico de Morelia, Michoacán, México

por

**Diana Cinthia Soria-Caballero, Martha Gabriela Gómez-Vasconcelos, Denis Ramón Avellán, Jélime Aray Castellano, Dulce Gutiérrez-Carmona, Adrián Jiménez-Haro, Magdalena Velázquez-Bucio, Jesús Ávila García, Oscar García y Víctor Hugo Garduño-Monroy†**

*Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 38, núm. 3, p. 239-258.*

## METODOLOGÍA USADA PARA EL ANÁLISIS DE TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA FALLA CERRITOS

La Tomografía de Resistividad Eléctrica es una técnica basada en la modelización bidimensional que permite determinar la distribución real de la resistividad de los materiales o litologías que conforman el subsuelo, el cual puede ser interpretado de forma similar a una sección geológica.

Para la falla Cerritos se realizó una línea de tomografía eléctrica de 1025 m de largo, transversal a la falla. Para este estudio se usó un arreglo Dipolo-Dipolo, debido a la sensibilidad que tiene a cambios horizontales en la resistividad, siendo útil para localizar estructuras predominantemente verticales como fallas y fracturas, así como muros enterrados, cavidades y plumas contaminantes; aunque es menos sensible para identificar estructuras horizontales como capas sedimentarias (Loke, 2002).

La instalación del perfil se realizó de la siguiente forma: (1) Los 42 electrodos se enterraron en el terreno con una separación entre sí

(apertura interelectródica) de 25 metros y fueron lubricados con una solución salina para reducir las resistencias de contacto generadas por un mal acoplamiento entre el electrodo y el terreno, posteriormente se colocaron los 7 cables y se conectaron los sensores de los cables a cada electrodo. (2) Se conectaron los cables al switch box y éste al resistivímetro. (3) El equipo se programó con los parámetros de la tabla x para iniciar el levantamiento de datos. (4) Durante la toma de datos se registraron las coordenadas de cada electrodo. De manera general en la tabla suplementaria 1 se muestran las características de la instalación de la línea y los parámetros de adquisición que fueron programados con el software AGI SuperSting Administrator.

Debido al decaimiento de la señal a profundidad (una limitante del arreglo Dipolo-Dipolo), en el software AGI SuperSting Administrator, se asignó un límite de máxima separación "n" de 8 niveles de adquisición, lo cual limitaba la profundidad de exploración alrededor de 50 metros. Para resolver este problema se programaron sub-arreglos Max. "a" para incrementar el espaciamiento entre los dipolos 4 veces, es decir, dejando un número de electrodos apagados dentro de cada dipolo, logrando incrementar la profundidad de investigación hasta 180 metros teóricos.

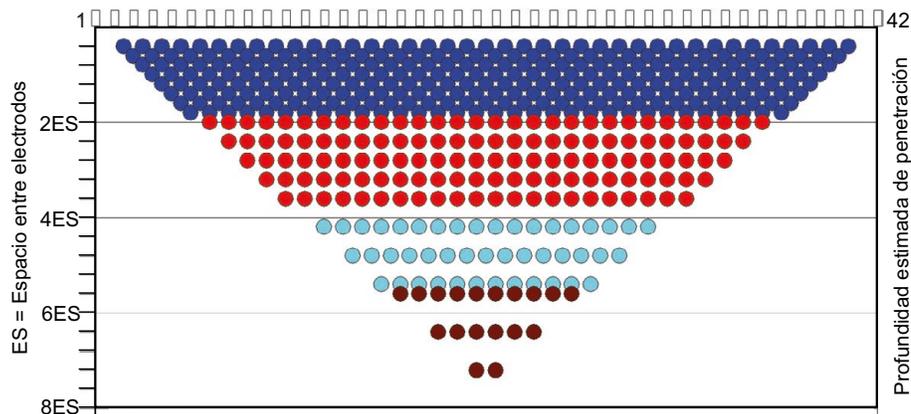


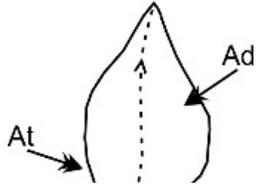
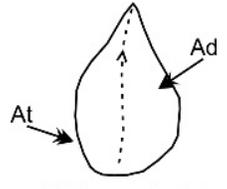
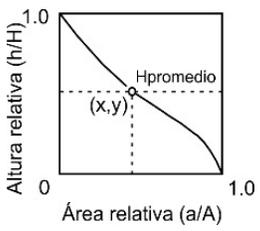
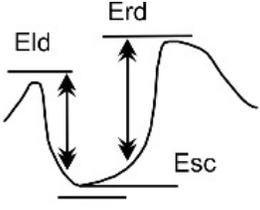
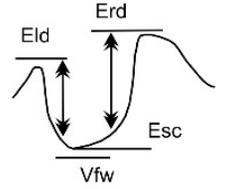
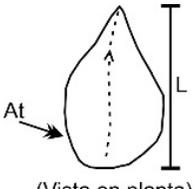
Figura S1. Arreglo Dipolo-Dipolo. Metodología utilizada para la Tomografía de Resistividad Eléctrica, donde se muestra la profundidad estimada de penetración y el espacio entre los electrodos.

Tabla S1. Características de instalación y parámetros diseño del perfil de tomografía de resistividad eléctrica para el análisis de la falla Cerritos.

Tipo de arreglo	Dipolo-Dipolo	
Longitud	1025 m	
Orientación	N 331.75°	
Coordenadas del punto inicial	X=268024.93	Y=2176090.30
Coordenadas del punto final	X=268468	Y=2175268
Número de Electrodo:	42	
Número de lecturas	477	
Espaciamiento entre electrodos:	25 m.	
Máx. Separación (n):	8	
Mín. (a)	1	
Máx. (a):	4	
Cobertura extendida de datos	Sí	
Tiempo de medida	1.2 segundos	
Número de medidas	2 ciclos	
Error de repetición	> 3 %	
Número máx. repeticiones	2	

**METODOLOGÍA USADA PARA EL ANÁLISIS DE ÍNDICES GEOMÓRFICOS**

Tabla S2. Resumen de parámetros morfométricos usados en el análisis de formas tectónicas en la zona de falla Cerritos (modificado desde Özkaymak, 2014).

Parámetros morfométricos	Símbolo	Derivación matemática	Procedimiento de medición
Sinuosidad del frente de montaña	Sfm	$Sfm = Lfm/Ls$	
Factor de asimetría	FA	$FA = 100*(Ad/At)$	 (Vista en planta)
Curva hipsométrica	x, y	$x = a/A, y = h/H$	
Integral hipsométrica	IH	$IH = (hpromedio - hmin)/(hmax - hmin)$	
Relación ancho-profundidad del valle	Vf	$Vf = 2*Vfw/[(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$	 (Sección transversal)
Forma de la cuenca	Kf	$Kf = A/L^2$	 (Vista en planta)

Fuentes de las derivaciones matemáticas y procedimiento de medición: Horton, 1932; Bull, 1977; Bull y McFadden, 1977; Hare y Gardner, 1985; Keller, 1986; Keller y Pinter 2002; Silva *et al.*, 2003; y Pérez-Peña *et al.*, 2010. Símbolos: Lfm - longitud del frente de montaña a lo largo de la unión montaña-piedemonte; Ls - longitud en línea recta del frente; Vfw - ancho del fondo del valle; Eld y Erd: elevaciones respectivas de las divisiones del valle izquierdo y derecho; Esc - elevación del fondo del valle; Ar - área de la cuenca a la derecha (mirando hacia abajo) de la corriente principal; At - área total de la cuenca de drenaje; x,y - ejes; a - área de superficie dentro de la cuenca por encima de una línea de elevación determinada; A - superficie total de la cuenca; h - línea de elevación dada; H - altura total; Hpromedio - elevación media; hmin - elevación mínima; hmax - elevación máxima; Kf - Factor de forma de la cuenca; A - área de la cuenca; y L - longitud de la cuenca

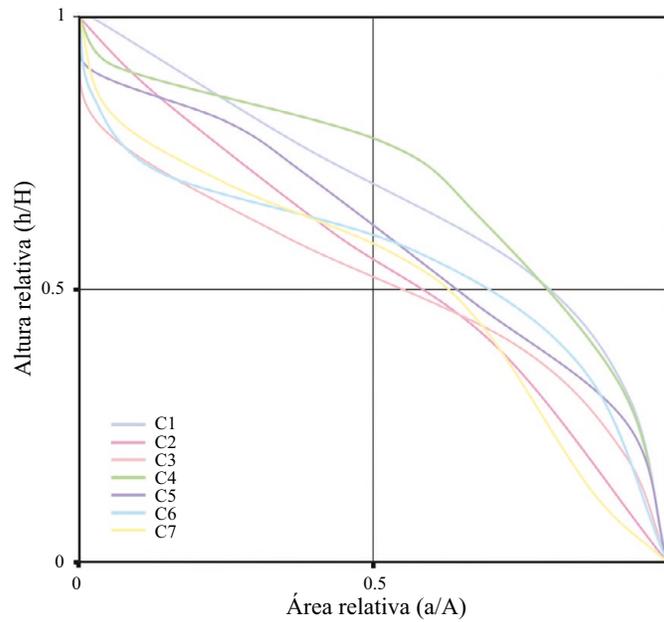


Figura S2. Curvas hipsométricas de las cuencas asociadas a la falla Cerritos.

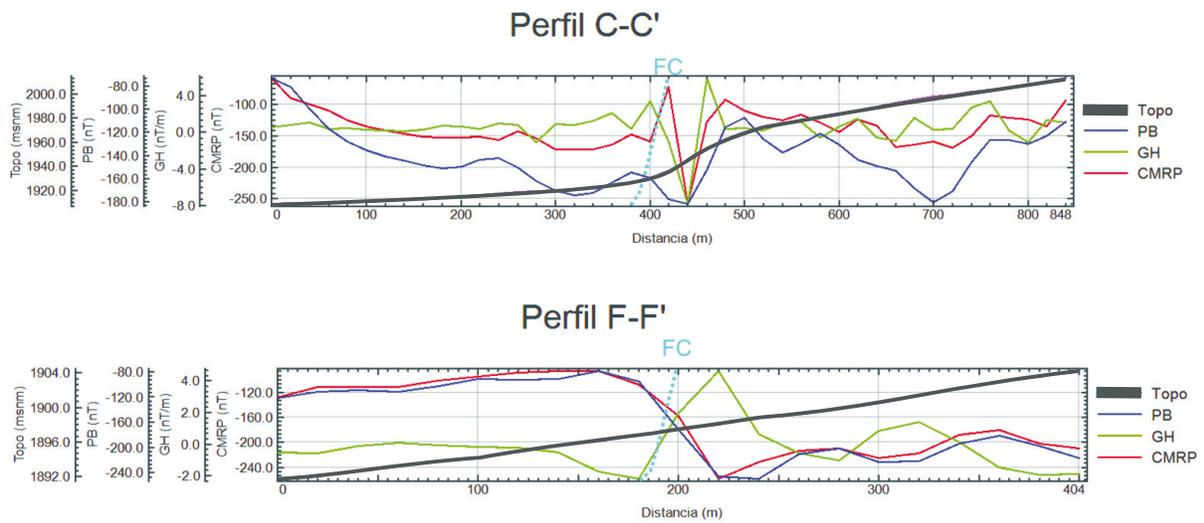


Figura S3. Perfiles magnéticos de los sectores oriental (C-C') y occidental (F-F') (sitio 1 y 2, respectivamente, ubicación en figuras 3 y 5), mostrando el perfil topográfico (Topo) en gris oscuro, el campo magnético residual reducido al polo (CMRP) en rojo, gradiente horizontal (HG) en verde y filtro pasa-bajas (PB) en azul. La línea punteada representa la falla Cerritos (FC).