

Esquematación morfotectónica del sector Guamá, Santiago de Cuba

Sandra Rosabal-Domínguez
Alina Rodríguez-Infante
José A. Zapata-Balanqué

Resumen

Con fines de prevención de desastres se clasificó el relieve y se evaluó el carácter activo de las fallas en el sector Guamá. El esquema morfotectónico a escala 1:25 000, obtenido a través de la aplicación de métodos morfométricos, incluye la caracterización de los bloques morfotectónicos y los posibles fenómenos inducidos por la actividad sísmica de moderada a intensa; elementos no considerados hasta ahora. Se concluye que en el sector Guamá existen condiciones geológicas, geomorfológicas y sismológicas que favorecen el desarrollo de los fenómenos inducidos por la actividad sísmica.

Palabras clave: prevención de desastres; morfotectónica; actividad sísmica; fenómenos inducidos; fallas activas.

Morphotectonic schematization for the sector of Guamá, Santiago de Cuba

Abstract

The relief was classified and the active nature of the faults located in the sector of Guamá was evaluated. The application of morphotectonic methods generated a 1:25 000 morphotectonic scheme. It includes the characterization of morphotectonic blocks and potential phenomena induced by moderate to intense seismic activities, which were not previously considered. It was concluded that there are geological, geomorphological and seismological conditions favoring the occurrence of phenomena induced by seismic activities in the sector of Guamá.

Keywords: disaster prevention; morphotectonic; seismic activity; induced phenomena; active faults.

1. INTRODUCCIÓN

El sector Guamá se localiza en la costa sur del municipio de igual nombre en la provincia de Santiago de Cuba (Figura 1). Abarca un área de 524 45 km², con 52 km aproximadamente de extensión lineal. En su porción sur se ubican la carretera que enlaza las provincias de Santiago de Cuba y Granma y varios asentamientos humanos, como Uvero, Las Cuevas y La Plata.

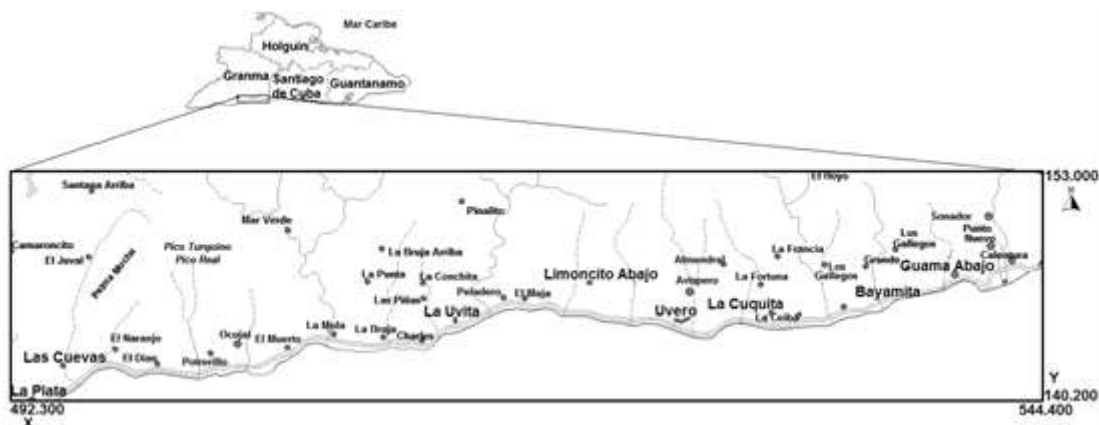


Figura 1. Ubicación geográfica del sector Guamá.

Este sector se encuentra bajo la influencia del sistema de fallas transformantes Bartlett-Caimán, frontera entre las placas tectónicas de Norteamérica y el Caribe, donde se han registrado sismos de gran intensidad que han afectado la región de Cuba Oriental. Su alto nivel de sismicidad y de peligrosidad sísmica (aceleración horizontal efectiva de 350 cm/s^2 e intensidad a esperar mayor de VIII MSK; Chuy y Álvarez 1995) favorecen la ocurrencia de fenómenos inducidos por terremotos.

Investigaciones morfoestructónicas recientes evalúan índices y evidencias geomorfológicas para identificar fallas activas y contribuir a los estudios de peligro sísmico. Ejemplos de ello son los trabajos de Ordaz y demás investigadores (2012), que revelan la diferenciación morfoestructural en bloques de la falla Pinar en el occidente de Cuba y la existencia de un lomo de presión; Noriega, Caballero & Rendón (2012) demuestran que las fallas (de rumbo) afectaron al cauce actual y los depósitos del río Herradura; Mingorance (2006), con estudios morfométricos y paleosísmicos históricos, indica que la ruptura superficial de la falla La Cal guarda relación con el terremoto de 1861 de Mendoza; Zamorano y otros colaboradores (2000), con la aplicación de métodos de análisis morfoestructural, exponen la existencia de tres sistemas disyuntivos: la meseta de Boniato, el graben Santiago de Cuba y la meseta estratificada Santiago-Siboney.

Varias investigaciones se han realizado a todo lo largo del sector Guamá, entre las que destacan levantamientos geológicos (Kuzovkov et al. 1977; Alioshin et al. 1975); valoraciones morfotectónicas (Hernández et al. 1991 y Hernández et al. 1995); caracterización tectónica (Pérez & García 1997); proyectos territoriales sobre amenazas naturales (Seidedos et al. 2001) y comunitarios (Chuy et al. 2011), las que indican un elevado grado de estudio.

El objetivo principal del trabajo es contribuir con los estudios de prevención de desastres mediante la identificación de las estructuras tectónicas y fallas activas; además, realizar una breve caracterización de los bloques morfotectónicos y de los fenómenos inducidos por la actividad sísmica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El esquema geológico digital de Cuba Oriental (IGP 2003) y los mapas topográficos (La Magdalena 4875-IV-c; La Plata 4875-IV-a; Providencia 4876-III-c; Pico Turquino 4875-IV-b; Brazo Malo 4876-III-d; La Uvita 4875-I-a; Pico Botella 4876-II-c; Uvero 4875-I-b; Pico Bayamesa 4876-II-d; Chivirico 4975-IV-a; La Alcarraza 4976-III-c) del sector (Geocuba 1984) sirvieron de base a este trabajo.

Se aplicaron los métodos morfométricos de la red fluvial y su jerarquización, el nivel base de erosión hasta el tercer orden, las pendientes y la disección vertical para obtener los diferentes esquemas homónimos; apoyados en un sistema de información geográfica (SIG) se trazaron los principales alineamientos. El carácter activo de las fallas detectadas por morfometría se evaluó a través del método de Haller, Machette & Dart (1993).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Red del drenaje: se define como paralela y subparalela en el centro y este del sector (Figura 2), mientras que al oeste, en la zona del Pico Turquino, es radial. Los cursos principales de los ríos se disponen paralelos entre sí con orientación NS, NO, NE; en zonas de igual litología se observan tramos rectos y alineados, así como cambios bruscos en el trazado de los cauces fluviales principales, indicando el control tectónico del drenaje.

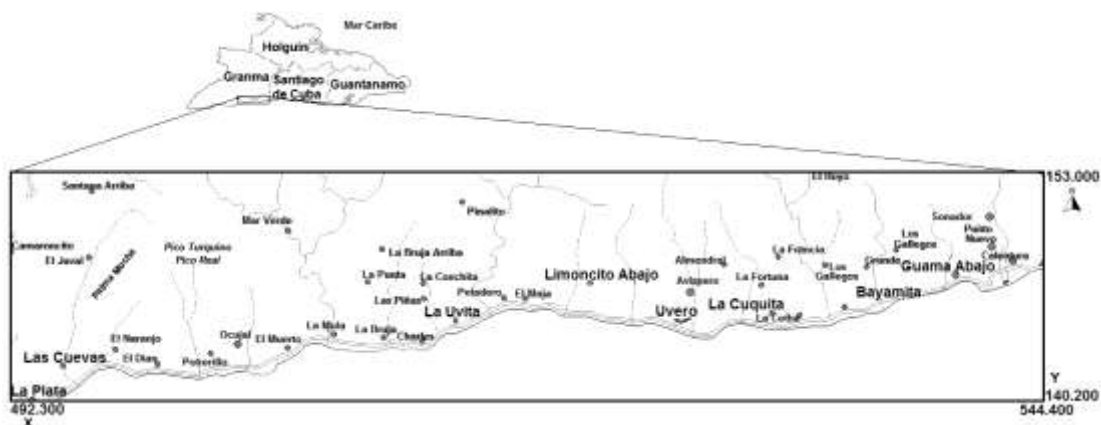


Figura 2. Trazado de la red fluvial.

Jerarquización de la red: de acuerdo con Rodríguez (2000) se determinan el orden de los ríos (Figura 3). En el último tramo de La Mula, situado al oeste, se encuentra el 6^{to} índice.



Figura 3. Jerarquización de la red del drenaje.

Nivel base de erosión de segundo orden: se obtienen ocho cierres positivos máximos (Figura 4), de ellos seis localizados en el oeste y dos en el este. En el contorno de estos sectores, el espaciamiento se comporta con un gradiente más elevado que en su interior, lo que indica la existencia de levantamientos con mayor velocidad. Próximo al litoral, las isolíneas mantienen la misma trayectoria que la línea de costa y las inflexiones negativas conservan una ubicación perpendicular a esta, formando alineaciones que pueden estar dadas por la existencia de estructuras tectónicas. Las direcciones de los morfoalineamientos son NW-SE y NE-SW.

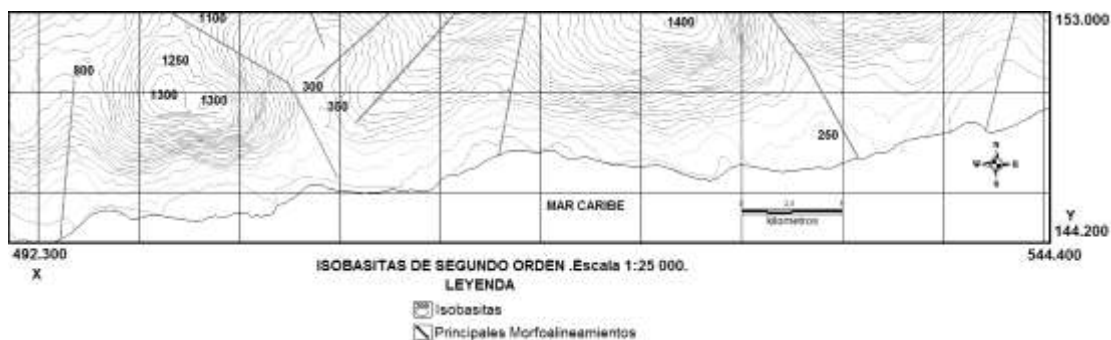


Figura 4. Nivel base de erosión (Isobasitas de segundo orden).

Isobasitas de tercer orden: se obtienen siete cierres positivos máximos (Figura 5), de ellos seis ubicados al oeste y uno al este. Se describe un comportamiento similar a las isobasitas anteriores. Las principales formas alineadas mantienen la orientación de las primeras y hacia el norte. Los criterios para la determinación de los principales alineamientos fueron los cierres de las isobasitas y las curvas de inflexión de las líneas.

Modelo Digital del Terreno (MDT): se distinguen tres categorías básicas del relieve: montañas, lomeríos y llanuras. Las últimas se localizan próximas a la zona costera y se distribuyen de este a oeste. Las llanuras fluviales se sitúan perpendiculares a la línea de costa y se destacan los procesos acumulativos sobre los erosivos, condicionados por las formas del relieve y la dinámica de la costa. Las montañas se localizan hacia el norte del sector de este-oeste.

Al centro y oeste se ubican los picos Martí, Suecia y Cuba y próximo al litoral se encuentran los lomeríos. En el este, predominan las montañas bajas y pequeñas, lomeríos como el Alto de Don Luis (500 m), la Loma de Don Luis (650 m) y El Papayo (200 m). Hacia el oeste se halla el Pico Turquino con más de 1 974 m. El relieve típico de este sector es un indicador de probable ocurrencia de deslizamientos (Galván, Chuy & Vidaud 2012; Galván 2014).

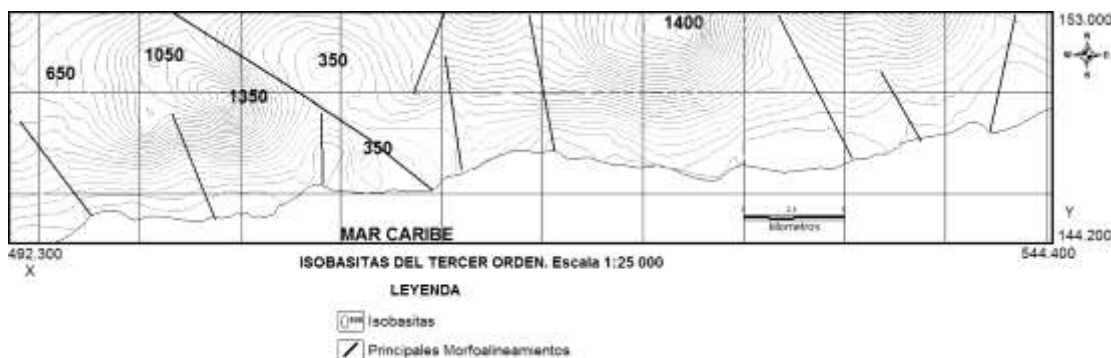


Figura 5. Nivel base de erosión (Isobasitas de tercer orden).

Pendientes: muestran sectores de altos valores de este parámetro que oscilan de 40° - 80° , que indican condiciones favorables para el desarrollo de caídas y desprendimientos de rocas; en zonas de contacto brusco entre inclinaciones altas con las de bajo ángulo pueden ser indicadores de corrientes fluviales. Al sur, próximo a la costa y coincidente con los ríos, los valores disminuyen y oscilan entre 0° - 7° .

Disección vertical: Los máximos valores (Figura 6) se distribuyen al oeste (450 - 650 m/km^2), centro (500 - 650 m/km^2) y al noreste (400 - 550 m/km^2) del sector; muestran inestabilidad en las laderas (Mora y Vahrson 1994), un relieve diseccionado y un ambiente propicio para el desarrollo de movimientos en masa.

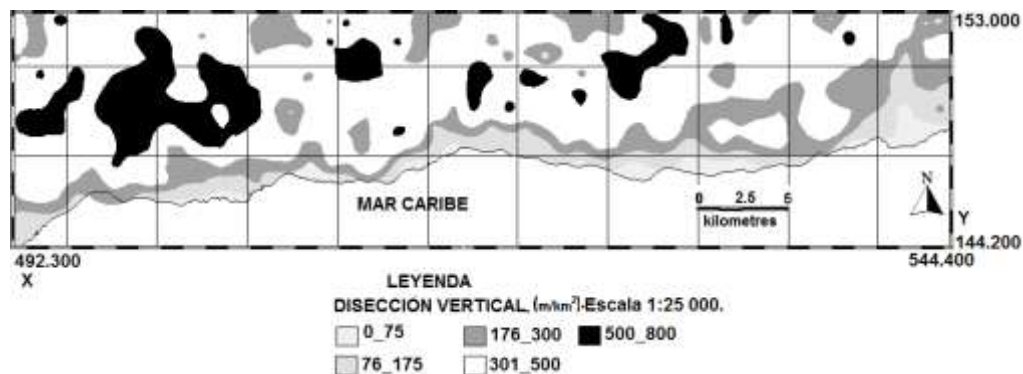


Figura 6. Disección vertical.

Principales alineamientos: se obtuvieron tras la combinación de varios elementos, tales como: zonas de valores de pendientes altas que contactan con suaves, tramos rectos de los ríos, alineación de la red fluvial, sectores de inflexiones negativas de isobasitas de segundo y tercer orden y cierres de las mismas. A partir del mapa de superposición gráfica de los alineamientos se confeccionó el esquema de estructuras tectónicas, quedando cartografiadas aquellas que, sobre la base de la suma de criterios, resultan de importancia dentro del área de estudio.

3.1 Estructuras tectónicas del sector Guamá

Los trabajos precedentes describen las estructuras tectónicas regionales del sector, tales como: Jibacoa (Alioshin *et al.* 1975), Turquino, Vega Grande (Pérez y García 1997) así como Bayamita (Kuzovkov *et al.* 1977; Pérez y García 1997), declaradas con el empleo de técnicas geofísicas y métodos geológicos y geomorfológicos. Basados en criterios de esta última técnica se apoya la actual investigación (Tabla 1, al final del artículo).

Según refieren Haller, Machette & Dart (1993) las fallas pueden clasificarse por sus características como:

- simple falla definida por la edad de ruptura.

- falla con secciones que puede diferenciar la edad o estilo estructural.
- falla con sismicidad o segmentos estructurales que actúan de forma independiente.

Al aplicar este procedimiento se detecta carencia de información, relacionada con la geometría y el desplazamiento. Se manifiesta relativa actividad sísmica en la costa, cercana a Jibacoa (Pérez y García 1997).

Aunque la modernización de la red sísmica cubana ha permitido mejorar la calidad de la determinación y precisión de los parámetros sismológicos de los terremotos (Diez et al. 2014) aún se presentan limitaciones que dificultan la realización de estudios detallados, así como la determinación del potencial sismogénico de la tectónica activa expresada por morfometría. Por estas razones se clasifican a las fallas Jibacoa, Turquino y Bayamita (Tabla 2, al final del artículo) como de "simple falla".

3.2 Bloques morfotectónicos del sector Guamá

El sector se divide en tres bloques morfotectónicos (Turquino, Uvero, Bayamita), los cuales muestran tendencia a los movimientos neotectónicos de ascenso (Figura 7).

Bloque Turquino: abarca el extremo occidental del sector, entre las localidades de La Plata y La Mula. Las estructuras tectónicas que lo limitan son Jibacoa y Turquino. Manifiesta la mayor actividad neotectónica de ascenso (Tabla 3), expresado por el relieve, la disección vertical, las pendientes y la máxima altura presente (Pico Turquino). Predominan las rocas de los arcos volcánicos del Cretácico (formaciones Palma Mocha y Manacal) y del Paleógeno del grupo El Cobre, así como cuerpos intrusivos intemperizados. Hacia la costa afloran depósitos aluviales y calizas de la formación Jaimanitas (IGP 2003).

No existen reportes históricos de licuación de los suelos, pero se evidencian condiciones sismológicas (Chuy & Álvarez 1995), geomorfológicas y geológicas, que favorecen el desarrollo de este fenómeno inducido (Rosabal 2014; Rodríguez & Ortiz 2015). Presencia de sedimentos aluviales de edad Holoceno, relieve de llanuras acumulativas fluviales, valores de pendiente de 0°-7°, intensidad sísmica a esperar mayor de VIII MSK, aceleración horizontal efectiva de $>350 \text{ cm}^2$, bajo estas condiciones es probable su ocurrencia en las desembocaduras de los ríos Jibacoa, Palma Mocha, El Naranjo, El Potrerillo, Ocujal, El Muerto y Turquino. Al norte el escenario es diferente, son suelos coluviales de edad Pleistoceno, en zonas de montañas y no es posible la licuación (TC-4, 1999). La dirección principal del agrietamiento está entre los 320°-330°.

Bloque Uvero: ocupa la parte central, desde el poblado La Mula hasta Bayamita, limitado por las fallas Bayamita y Turquino. Posee movimientos neotectónicos de ascenso (Tabla 3), expresado en el relieve, pendientes, disección vertical (con 501-800 m/km²) e isobasitas de segundo y tercer órdenes. Existen suelos aluviales de edad Holoceno (Rosabal 2014) en la desembocadura de los ríos Peladero, Babujal, Uvero, Avispero, La Fortuna y Bayamita, con alta peligrosidad sísmica, que favorecen la licuación (Chuy y Álvarez 1995; Rodríguez y Ortiz 2015).

Se reportan deslizamientos en Punta Babujal (Seidedos et al. 2001) y en tramos de la carretera aparecen desprendimientos de grandes bloques de rocas. La composición litológica corresponde a los arcos volcánicos del Cretácico (formación Manacal) y del Paleógeno (grupo El Cobre), rocas intrusivas y las formaciones Jaimanitas y Río Macío (IGP 2003). La dirección principal del agrietamiento está entre los 330°-340° (Pérez et al. 1994).

Bloque Bayamita: ocupa el extremo este, desde el asentamiento La Cuquita hasta Guamá Abajo, delimitado por las estructuras Bayamita y Guamá. Presenta movimientos relativos de ascenso, valores morfométricos mínimos en comparación con el resto del área de estudio (Tabla 3).

Suelos aluviales de probable licuación (TC-4 1999; Rosabal 2014), en las desembocaduras de los ríos (Bayamita, Grande y Guamá), con alta peligrosidad sísmica a esperar (Chuy y Álvarez 1995; Rodríguez & Ortiz 2015). Manifestaciones de deslizamientos asociadas a condiciones geológicas, geomorfológicas y antrópicas, así como taludes inestables en la Loma del Papayo, Punta Bayamita, Don Luis y próximo al río Grande (Seidedos et al. 2001). Indicios de inestabilidad tectónica en taludes de la carretera, con el desnivel y agrietamiento de la misma. La dirección principal del agrietamiento está entre los 330-340° (Pérez et al. 1994).

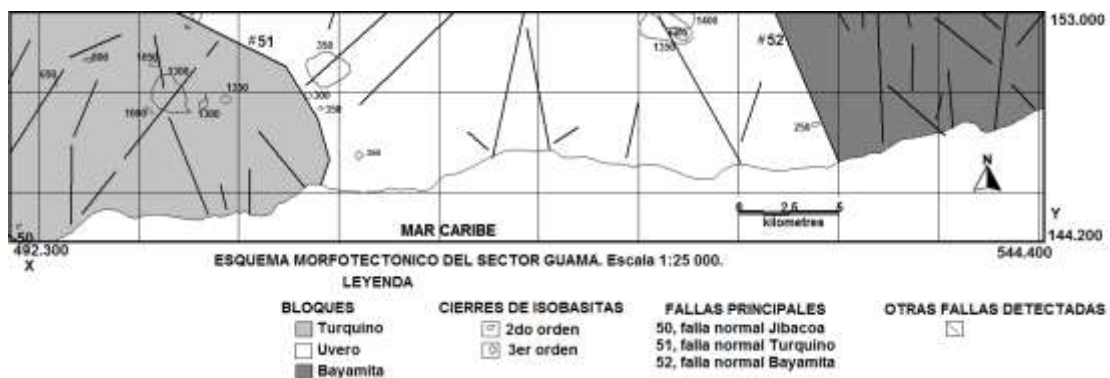


Figura 7. Esquema morfotectónico del sector Guamá a escala 1:25 000.

Tabla 3. Características de los bloques morfotectónicos

Bloques	Red drenaje	Índice	Relieve	Nivel base de erosión 2do orden (m)	Nivel base de erosión 3er orden (m)	Pendiente	Licuación	Mov. en Masa	Tendencia Mov. relativos
Turquino	Radial	6to	Montañas Lomeríos y llanuras	800-1300	1000-1400	80° al N y de 0°-11° al S	Alta	Caídas Deslizamiento	Ascenso
Uvero	Paralela y dendrítica	5to	Montañas Lomeríos y llanuras	1400	900-1400	25° a 80° al N y 0°-11° al S	Alta	Deslizamiento	Ascenso
Bayamita	Paralela y dendrítica	5to	Montañas Lomeríos y llanuras	600-1150	500-1100	80° al N y predomina n de 18°-25°	Alta	Deslizamiento	Ascenso

En los bloques Turquino, Uvero y Bayamita es posible que ocurran deslizamientos inducidos por la actividad sísmica (Tabla 4), demostrado por el criterio magnitud distancia recomendado (ISSMGE 1999), teniendo en cuenta las zonas sismogeneradoras (Oriente, Cauto-Nipe, Bayamo y Baconao), que afectan al sector (Chuy et al. 1997). Pueden ocurrir fallos destructivos de taludes a las distancias epicentrales de 15 km (Bayamo), 20 km (Baconao y Cauto_Nipe), 48 km (Oriente) y fallos de taludes a 75 km (Bayamo), 150 km (Baconao y Cauto-Nipe), 280 km (Oriente), teniendo mayor incidencia los terremotos ubicados en la zona sismogeneradora Oriente.

Tabla 4. Zona de fallo destructivo de taludes (Clase 1) y zona de fallo de taludes (Clase 2), según las zonas sismogeneradoras que afectan el sector Guamá (Chuy et al. 1997)

Zonas	Magnitud máxima	Clase 1 (km)	Clase 2 (km)
Bayamo	6.5	15	75
Baconao	7.0	20	150
Cauto Nipe	7.0	20	150
Oriente 2	7.6	32	210
Oriente 1	8.0	48	280

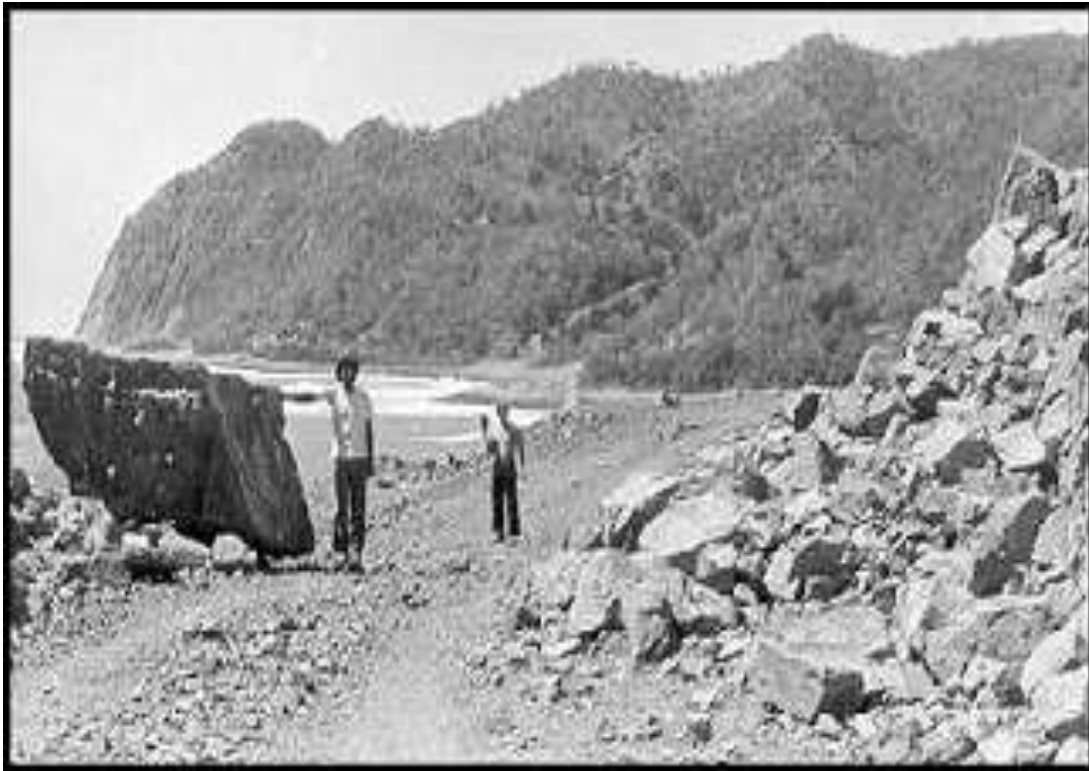


Figura 8. Foto del deslizamiento de roca asociado al terremoto de Pílon de 1976, en el tramo de la carretera comprendido entre la localidad La Bruja y Palma Mocha.

Se reportó un deslizamiento de roca (Figura 8) asociado al terremoto de Pílon (19 de febrero de 1976; $M_s=5,7$ Richter e $I=8,0$ MSK), entre las localidades La Bruja y Palma Mocha (entre los bloques Turquino y Uvero), sin coordenadas geográficas que permitan la confección de un inventario de deslizamientos. En este recorrido del vial, los taludes poseen altos valores de inclinación.

El sector Guamá está dividido en tres bloques morfotectónicos escalonados, con movimientos neotectónicos de ascenso; el bloque Turquino es el de mayor amplitud y más elevado del país. Es una zona muy inestable debido a la neotectónica, por las condiciones del relieve, la geología, el fracturamiento, la meteorización, la erosión en alto grado producida por la red fluvial y los valores de disección vertical; todos estos factores provocan que los movimientos en masa sean frecuentes. Los altos valores de los parámetros de aceleración horizontal efectiva e intensidad sísmica a esperar, combinado con la presencia de suelos aluviales de edad Holoceno, ubicados en los canales y desembocaduras de los ríos, inducen la licuación de los suelos.

Los bloques Turquino y Uvero se encuentran limitados por fallas activas. Sin embargo, la mayor actividad sísmica de la Sierra Maestra se localiza entre

Uvero y Baconao, donde se sitúa el bloque Bayamita. En este trayecto se registran series de terremotos próximos a la costa, sin destacarse un sismo fuerte predominante. La falla Oriente se encuentra dislocada por fallas de segundo orden, que desplazan a la primera en forma escalonada y la aproximan más a la costa, coincidiendo con una pequeña depresión submarina muy cerca de la localidad de Chivirico (Arango 2014).

4. CONCLUSIONES

- Se obtiene el esquema morfotectónico del sector Guamá, integrado por tres bloques en ascenso: Turquino, Uvero y Bayamita. Las estructuras tectónicas que los limitan son Jibacoa, Bayamita, Guamá y Turquino, determinándose en esta última el criterio de fallamiento activo.
- Por la distancia epicentral a la que se encuentran las zonas generadoras de terremotos que afectan el sector, en los bloques morfotectónicos pueden ocurrir fallos destructivos de taludes y fallos de taludes y, con mayor incidencia, por la actividad en la zona sismogénica Oriente.
- En el sector Guamá existen condiciones geológicas, geomorfológicas y sismológicas que favorecen el desarrollo de los fenómenos inducidos por la actividad sísmica.
- Las fallas Jibacoa, Turquino y Bayamita fueron clasificadas como simple falla por el método de Haller, Machette & Dart (1993).

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas por la ayuda brindada. A los profesores del Departamento de Geología y Minería del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, por las recomendaciones realizadas. A los árbitros anónimos y editores por sus indicaciones y comentarios. Al Dr. Tomas J. Chuy Rodríguez por su valiosa colaboración.

6. REFERENCIAS

- ALIOSHIN, V.; SÁNCHEZ, F.; EGUIPKO, O.; PÉREZ, M.; SHELAGUROV, V.; BUROV, V. 1975: Informe sobre los resultados del levantamiento geológico y su búsqueda a escala 1:100 000 en la parte nororiental de la Sierra Maestra (1972-75). Archivo CNFG.
- ARANGO, E. 2014: *Análisis sismotectónico del territorio oriental de Cuba a partir de la integración del modelo de corteza 3D de datos gravimétricos con datos sismológicos y geodésicos*. Tesis doctoral. Centro de

Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México. 146 p.

CHUY, T. J. & ÁLVAREZ, J. L. 1995: Peligrosidad sísmica de Cuba con fines de la Norma Sismorresistente Cubana. Reporte de Investigación. Fondos del CENAIIS y del X Forum Nacional de Ciencia y Técnica.

CHUY, T. J.; ORBERA, L.; HERNÁNDEZ, J. R.; MAGAZ, A.; SÁNCHEZ, F.; PÉREZ, C.; GONZÁLEZ, E.; FUNDORA, M.; RUBIO, M.; ÁLVAREZ, J. L.; COTILLA, M.; ARANGO, D.; ITURRALDE-VINENT, M.; RODRÍGUEZ, J.; MARQUETTI, M. C. & RAMÍREZ, R. 1997: Dictamen Conclusivo. Comisión Ad-hoc para la determinación de las Zonas Sismogénicas de la región Oriental de Cuba y zonas aledañas. *Revista Electrónica Ciencia en su PC* 2: 2.

CHUY, T. J.; ROSABAL, S. Y.; OLIVA, R.; ZAPATA, J. A. 2011: Acciones de fortalecimiento de la capacidad local en la gestión para la reducción de riesgos en la provincia Santiago de Cuba. Memorias de VIII Convención Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo. Cuba, 11 p. ISBN: 978-959-300-018-5.

DIEZ, E.; CUTIÉ, M.; MONTENEGRO, C.; PALAU, R.; POVEDA, V.; YINXING, Z.; YANG, CH. & FENGXIA, W. 2014: Modernización de la red sísmica cubana. Instalación, calibración y puesta a punto. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela* 29(2): 69-78.

GALVÁN, L.; CHUY, T. & VIDAUD, I. 2012: Indicadores más comunes en la evaluación de riesgos geológicos. Indicadores cualitativos y cuantitativos para la evaluación de peligro, vulnerabilidad y riesgos geológicos. *Editorial Académica Española*. 88 p. ISBN: 978-3-659-02849-6.

GALVÁN, L. 2014: *Procedimiento para la gestión y reducción de riesgos geológicos en la provincia Santiago de Cuba*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 263 p.

GEOCUBA. 1984: Mapas topográficos. Escala 1:25 000.

HALLER, K. M.; MACHETTE, M. N. & DART, R. L. 1993: Guidelines for US database and map for the maps of the major active faults, Western Hemisphere, International Lithosphere Program (ILP), Project II-2 US Department of Interior, US Geological Survey, U.S.A. 45 p.

HERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ, J. J.; MAGAZ, A. R.; GONZÁLEZ, R.; PORTELA, A.; ARTEAGA, F. 1991: Criterios geomorfológicos para la clasificación morfotectónica de Cuba Oriental. En: *Morfotectónica de Cuba Oriental* Ed. Academia, La Habana, 43 p.

- HERNÁNDEZ, J. R.; MAGAZ, A. R.; ORTIZ, M. A.; ZAMORANO, J. J. 1995: Clasificación morfoestructural (tipológica) y morfotectónica (regional) del relieve oriental cubano: Modelo insular de transición interplacas. *Investigaciones Geográficas* 3: 13-35.
- IGP. 2003: Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1:100 000. Instituto de Geología y Paleontología.
- KUZOVKOV, G.; ARSENEV, Y.; SÁNCHEZ CRUZ, R. & QUESADA, R. 1977: Informe sobre los resultados del levantamiento geológico a escala 1:1000 000 realizados por la brigada Sierra Maestra en la pendiente sur de la cresta del Turquino en la parte oeste de la provincia de Santiago de Cuba durante los años 1974-1977. Oficina Nacional de Recursos Minerales, MINBAS, La Habana (inédito).
- MINGORANCE, F. 2006: Morfometría de la escarpa de falla histórica identificada al norte del cerro La Cal, Mendoza. *Revista Asociación Geológica de Argentina* 61(4): 620-638.
- MORA, S. & VAHRSON, W. 1994: Macrozonation methodology for landslide hazard determination. *Environmental & Engineering Geoscience* 31(1): 49-58
- NORIEGA, S.; CABALLERO, A. & RENDÓN, R. 2012: Estudio morfotectónico de un tramo del río Herradura entre los municipios de Frontino y Abriaquí, Departamento de Antioquia, Cordillera Occidental de Colombia. *Geología Colombiana* 37(1): 49-50.
- ORDAZ, A.; HERNÁNDEZ, J. R.; COFIÑO, C. E.; MÉNDEZ, A. P. & GALAZ, G. (2013). Análisis estructural y morfotectónico en los municipios de San Cristóbal y Candelaria, Cuba Occidental: contribución a los estudios de peligrosidad sísmica de la Falla Pinar. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* (82): 7-23.
- PÉREZ, C.; GARCÍA, D.; CAÑETE, C. & SÁNCHEZ, F. 1994: Tectónica de la Sierra Maestra y áreas adyacentes. Informe final del resultado 555. Problema de ciencias naturales: Estudio geológico integral de la Sierra Maestra. Fondos de la Industria Básica. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana.
- PÉREZ, C. & GARCÍA, D. 1997: Tectónica de la Sierra Maestra (sureste de Cuba). *Estudios sobre Geología de Cuba*: 464-476. Centro Nacional de Información Geológica. IGP. La Habana.
- RODRÍGUEZ, A. 2000: *Manual de Geomorfología*. Ministerios de Educación Superior. Cuba.

- RODRÍGUEZ, L. G. & ORTIZ, E. Q. 2015: Modeling the specific seismic risk considering the weight of determining variables. Open Access Library Journal, 2:e1157. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1101157>
- ROSABAL, S.Y. 2014: Zonación preliminar de licuación de los suelos en la región Cuba Oriental. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos101/zonacion-preliminar-licuacion-suelos-region-cuba-oriental/zonacion-preliminar-licuacion-suelos-region-cuba-oriental.shtml>.
- SEIDEDOS, J.; REYES, C.; GUASCH, F.; AVICH, B.; CHUY, T.; ZAPATA, J.; DESPAIGNE, G.; RIVERA, Z.; DIEZ, E. & PUENTE, G. 2001: Atlas de peligros naturales del municipio de Guamá. Santiago de Cuba. Fondos del CENAIIS.
- ISSMGE 1999: Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards (Revised Version). Japanese Geotechnical Society. 114 p.
- ZAMORANO, J. J.; ORTIZ, M. A.; RAMÍREZ, M. T. & HERNÁNDEZ, J. R. 2000: Meseta de Boniato y graben de Santiago de Cuba: un enfoque geomorfológico de su desarrollo morfoestructural. *Investigaciones Geográficas* (41): 1-20.

Sandra Rosabal-Domínguez, sandra@cenais.cu
Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Santiago de Cuba

Alina Rodríguez-Infante, rinfante@ismm.edu.cu
Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, Holguín, Cuba

José A. Zapata-Balanqué
Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Santiago de Cuba