

Evaluación morfotectónica del sector Verraco-Punta Barlovento, Guantánamo, Cuba

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

Resumen

Con el empleo de métodos morfométricos, tales como el trazado de la red fluvial, el nivel base de erosión hasta el tercer orden, el análisis de las pendientes y la disección vertical se identificaron y caracterizaron las principales estructuras tectónicas, los bloques morfotectónicos y el fallamiento reciente, a esta última se le evaluó el carácter activo. Como resultado se obtiene el esquema morfotectónico del sector Verraco-Punta Barlovento a escala 1:25000, que contiene los posibles fenómenos inducidos por sismos de gran intensidad; así como se muestra la presencia de fallas simples y con secciones.

Palabras clave: fallas activas; métodos morfométricos; bloques morfotectónicos; fenómenos inducidos.

Morphotectonic evaluation of the Barracuda-Punta Barlovento sector, Guantánamo, Cuba

Abstract

By using morphometric, such as the route of the river network, the erosion base level to the third order, analysis of slopes and vertical dissection methods were identified and characterized the major tectonic structures, morphotectonic blocks and recent fault, the latter was assessed for active status. As a result, the morphotectonic scheme of the Verraco-Punta Barlovento sector is obtained at scale 1: 25000, which contains the possible phenomena induced by high intensity earthquakes; as well as the presence of simple faults and sections.

Keywords: active faults; morphometric methods; morphotectonic blocks; induced phenomena.

1. INTRODUCCIÓN

El sector Verraco-Punta Barlovento se sitúa en la costa S del oriente cubano y se destaca por altos parámetros de aceleración máxima del terreno a esperar, de 0,15-0,20 g (NC:46-1999) con una intensidad equivalente de VII-VIII MSK-EMS; debido a su posición geográfica cercana al contacto entre las placas tectónicas de Norteamérica y el Caribe (falla transformante Bartlett-Caimán u Oriente).

Las evaluaciones geomorfológicas y morfotectónicas recientes han dedicado sus esfuerzos a detectar fallas activas para contribuir a los estudios del peligro sísmico; ejemplo: Sunye y otros investigadores 2015 realizan un análisis geomorfológico y estructural en el graben de Acambay e identifican la falla San Mateo en México y con un estudio paleosísmico demuestran actividad reciente y estiman su potencial sismogénico. Noriega y Caballero (2015), con una evaluación morfotectónica, señalan deformaciones recientes en la falla Abriaquí y, considerando datos de sismicidad histórica, la asocian con el sismo de 1903 en Frontino, Antioquia, Colombia.

Como resultado a enfatizar de investigaciones previas se tiene el esquema de diferenciación morfotectónica del territorio, el mapa de lineamientos por datos geólogo-geofísicos y evidencias geomorfológicas, así como los límites tectónicos activos (Hernández et al. 1991). Sin embargo, no fue valorada la relación entre la morfotectónica y la ocurrencia de movimientos en masa.

Valoración de la incidencia geomorfológica en la ocurrencia de deslizamientos de la carretera de Beltrán, provincia de Guantánamo, con la aplicación de métodos geomorfológicos (disección vertical, máximas alturas y clasificación del relieve) y enfoque de evaluación de peligros geotécnicos de grado uno (Siyahi & Ansal 1999). Se identifican zonas con similares parámetros, proclives a deslizamientos (Rosabal, Zapata & Gómez 2009). Los autores no consideraron otros tipos de movimientos en masa.

El objetivo principal del trabajo consiste en identificar las estructuras tectónicas y fallas activas, realizar una breve caracterización de los bloques morfotectónicos y fenómenos inducidos por la actividad sísmica para contribuir con los estudios de prevención de desastre.

1.1. Ubicación geográfica

El sector Verraco-Punta Barlovento se ubica en el litoral sur de las provincias de Santiago de Cuba y de Guantánamo (Figura 1), desde la localidad de Verraco, al E de la ciudad de Santiago de Cuba, hasta Punta Barlovento, al E de la bahía de Guantánamo. Limita al S con las aguas del mar Caribe, al N con los pueblos de Boquerón y La Lombriz, al E con la

sierra de la Gran Piedra y al O con la sierra del Maquey. Abarca un área aproximada de 2 675 km². Los principales asentamientos humanos son Honduras, Salvador, Costa Rica, Jamaica, Manuel Tames y la ciudad de Guantánamo.

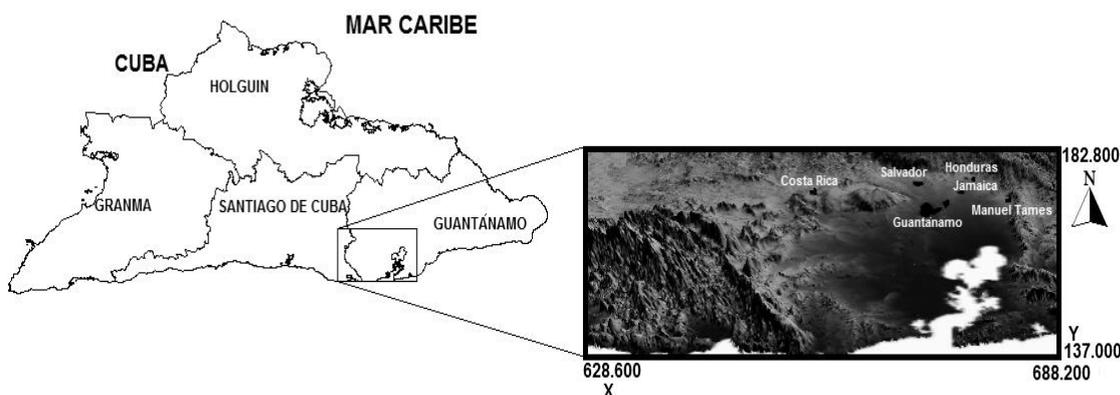


Figura 1. Ubicación geográfica del sector Verraco-Punta Barlovento. Coordenadas planas. X: 628,600-688,200; Y: 137,000-182,800. Proyección cónica conforme de Lambert.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Como materiales bases se emplearon el esquema geológico digital de Cuba Oriental (IGP 2003) y el modelo digital del terreno (MDT) (Geocuba 2006), a escalas 1:100000 y 1:25000, respectivamente. Siendo el primero utilizado para caracterizar los bloques morfotectónicos y determinar las condiciones geológicas que favorecen la ocurrencia de los movimientos en masa y licuación de los suelos.

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

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados de la aplicación de los métodos morfométricos en el sector Verraco-Punta Barlovento se muestran a continuación:

Red de drenaje: Se caracteriza por ser paralela y subparalela en casi toda el área. La orientación de los ríos es NS, NO-SE. El drenaje radial se localiza al NO en las colinas y en el SO en la sierra de la Gran Piedra.

Nivel base de erosión de segundo orden: Se observan veinte cierres positivos máximos y zonas de inflexión de isobasitas con dirección N y NO, que se asocian con posibles estructuras tectónicas (Figura 2).

Nivel base de erosión de tercer orden: Se obtienen doce cierres positivos máximos e inflexiones negativas con dirección NO y NE, dadas por la presencia de fallas (Figura 3)

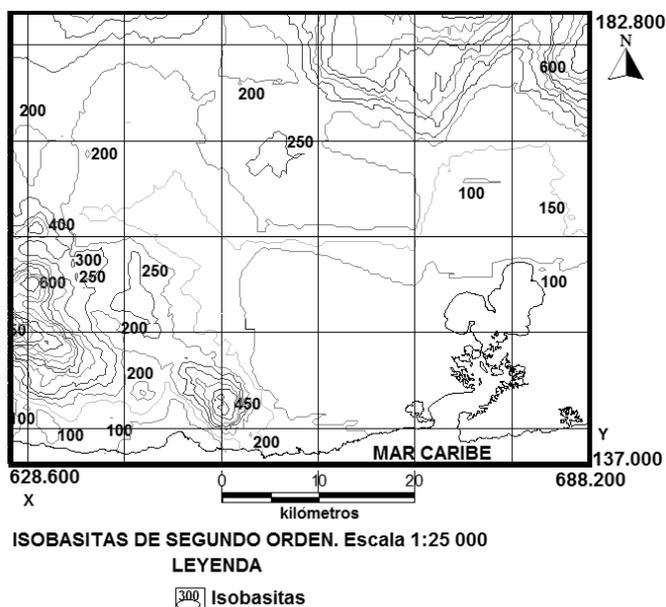


Figura 2. Nivel base de erosión (isobasitas) de segundo orden.

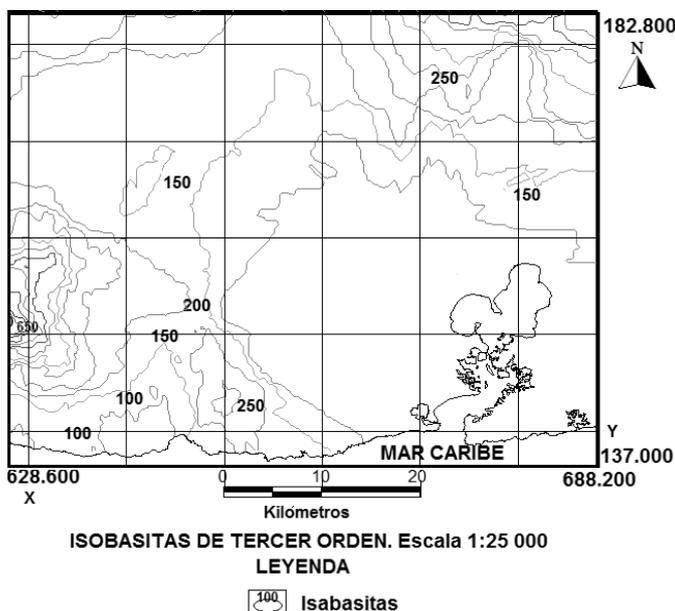


Figura 3. Nivel base de erosión (isobasitas) de tercer orden.

Modelo Digital del Terreno (MDT): Se distinguen tres categorías básicas del relieve, montañas, lomeríos y llanuras. Esta última incluye los alrededores de la laguna de Baconao, las cercanías del litoral, los cursos fluviales y el valle de Guantánamo. Las montañas bajas se sitúan al SO y la máxima elevación presente es Pico Mogote con 1 000 m.

Un relieve de meseta con más de 600 m representado por Santa María del Loreto al O en las cercanías de la localidad de Las Yaguas. Zona de premontañas (colinas montañosas), con altitudes entre 500 m y 1000 m; ubicadas al SO y NO, en forma de una franja estrecha próximo al Tibet y El Ramón. Al E un escarpe alineado de N a S, con pendientes mayores de 40° en contacto con las de bajos ángulos ($0-10^\circ$); al S, cercano a la bahía de Guantánamo, este tipo de relieve separa las formaciones San Luis y Maquey. Las lomas: La Plata, Los Malones y Las Guásimas, con 300 m de altitud, se localizan al SE.

Pendientes: Mayores de 40° se distribuyen al SO en la sierra de la Gran Piedra, en la meseta de Santa María del Loreto, en El Tibet y en sectores pequeños de las colinas montañosas. Los valores de este parámetro oscilan entre 30° y 60° al E en el escarpe y en los lomeríos. Hacia la costa, los cursos fluviales, la laguna de Baconao y la bahía Guantánamo fluctúan entre 0° y 10° .

Disección vertical: Los máximos valores se ubican al O del sector con 176-300 y 301-500 m/km^2 (Figura 4), indicando actividad neotectónica de ascenso y susceptibilidad de moderada a media a movimientos en masa (Mora & Vahrson 1994).

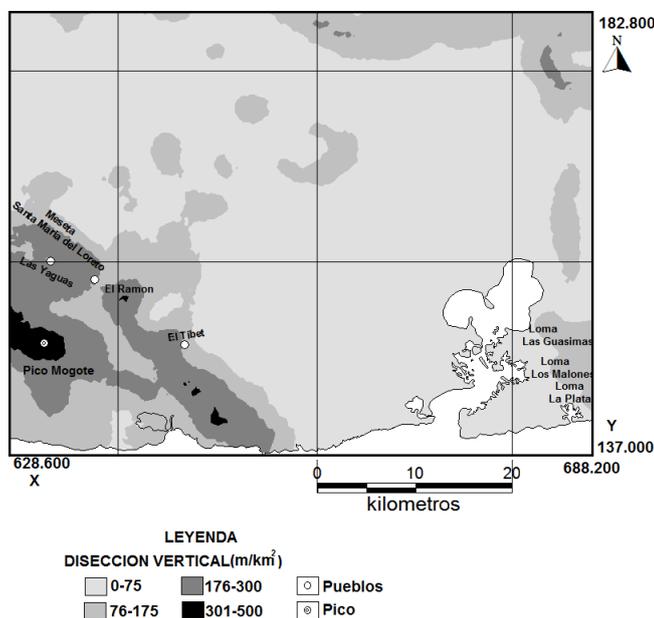


Figura 4. Disección vertical a escala 1:25000.

3.1. Principales estructuras tectónicas

Se describen las principales fallas detectadas por morfometría. En estudios precedentes se caracterizaron algunas de ellas, tales como Baconao, Mal Paso, Guantánamo y La Yaya (Hernández et al. 1991), nombradas de esta

forma por la actual investigación. A continuación se exponen los criterios que permitieron reconocerlas (Tabla 1).

Tabla 1. Criterios de identificación de fallas y fallamiento activo

Criterios de identificación de fallas									Criterios de identificación de fallamiento activo	
Estructuras	Tramos rectos de ríos y arroyos	Anomalías Gravimétricas	Alineación de cursos fluviales	Contacto brusco lineales entre dos materiales distintos	Alteración de valores morfológicos	Campo magnetométrico anómalo	Cambios del nivel del campo radiométrico	Alineación brusca del relieve	Formación de escarpes rectilíneos con pendientes mayores a 30° en contacto con zonas de pendientes	Actividad sísmica
Baconao	xx	x	x	xx	xx	x	x			x
Maquey								xx	xx	
La Higuera				xx				xx		
La Güira				xx						
Jaibo	xx									
La Yaya								xx	xx	
Mal Paso			xx					xx		

La Tabla 1 muestra xx para la descripción de la actual investigación y x para estudios precedentes.

Diversos investigadores definieron a la estructura Baconao como activa con segmentos (Cotilla, Franzke & Cordoba 2007; Arango 2014); zona sismogénica (Chuy et al 1997); asociada a terremotos históricos (5 de marzo de 1927 con I=6MSK) y perceptibles (Chuy 1999), con I=4 MSK (23-10-1984; 01-09-1985; 07-01-1986 y 07-07-1987).

Los autores, al aplicar el procedimiento de Haller, Machette y Dart (1993), detectaron una carencia de datos que caracterizan a los segmentos sismogénicos independientes, tales como trincheras paleosísmicas sobre cada uno de los segmentos o sobre una parte considerable de ellos; control estratigráfico de la falla y superficie histórica de ruptura de fallamiento sobre una parte de la estructura; por lo que los segmentos propuestos (Cotilla, Franzke & Cordoba 2007 y Arango 2014) aquí son considerados como "secciones" y se confirman los criterios de Magaz, Díaz y Hernández (1998).

Se presentan limitantes para la realización de estudios a escala detallada y determinar el potencial sismogenerador de la tectónica activa expresada por morfometría (Tabla 2), a pesar de la evolución de la red sísmica cubana, que permitió optimizar la calidad en la determinación y precisión de los parámetros sismológicos de los sismos (Diez et al. 2014). Las fallas La Yaya y Maquey se clasifican como "simple falla" por insuficiente información, tales como la geometría, el desplazamiento, entre otros.

3.2. Bloques morfotectónicos del sector Verraco-Punta Barlovento

Para el sector Verraco-Punta Barlovento se establecen tres bloques morfotectónicos: Siboney, Guantánamo y Maquey (Figura 5). A continuación se realiza una breve caracterización de cada uno de ellos.

Bloque Siboney: Se ubica al O del sector en la sierra de la Gran Piedra, limitado por la falla Baconao con dirección NO-SE. El relieve característico es de montañas bajas. Posee altos valores de pendientes, disección vertical, isobasitas de segundo y tercer órdenes (Tabla 3). Refleja los mayores movimientos neotectónicos de ascenso. Predominan rocas del arco volcánico del Paleógeno (Grupo El Cobre), dioritas cuarcíferas, gabros y basaltos. La dirección del agrietamiento es en dos direcciones: E-O y NE-SO.

Este bloque tiene condiciones geológicas, geomorfológicas para el desarrollo de movimientos en masa (Rosabal 2013). Las rocas se encuentran muy intemperizadas y agrietadas, en estas zonas pueden ocurrir deslizamientos.

Los sedimentos aluviales de edad Holoceno, ubicados en tramos y desembocadura del río Baconao y en los alrededores de la laguna homónima, tienen susceptibilidad a la licuación de los suelos (Rosabal 2014). Estos depósitos, por lo general, presentan un nivel freático alto. Las arenas no superan el máximo valor del rango para este fenómeno (1,5 mm), ni altos valores de aceleración horizontal que favorecen al desarrollo del proceso (Siyahi & Ansal 1999; Rodríguez & Ortiz 2015).

Bloque Guantánamo: Se ubica al centro del sector, limitado por las fallas Baconao al O, Maquey al E, Mal Paso y límites morfométricos al N. Se caracteriza por movimientos neotectónicos relativos de descenso en comparación con el resto del área de estudio (Tabla 3).

Este bloque está constituido por las formaciones geológicas Camarones, Charco Redondo, Puerto Boniato, San Luis, Río Maya, Jaimanitas, Depósitos Aluviales y Palustres.

Su relieve, de forma general, es de llanuras, pero al O se observan la meseta Santa María del Loreto y las colinas montañosas. Por los valores de

las pendientes en estas zonas puntuales pueden surgir caídas de rocas y desprendimientos (Rosabal 2013).

Tabla 2. Resultados de la evaluación del método de Haller, Machette & Dart (1993) a las principales fallas

Nombre de la estructura o nombre de la sección	Baconao	Maquey	La Yaya
Número de la estructura o número de sección	53a y referida como falla 07 en Magaz, Díaz & Hernández (1998)	54	55
Clasificación	Falla con secciones	Simple estructura	Simple estructura
Comentario	Ubicación a lo largo del río Baconao hasta cerca de El Cristo	Se localiza de N a S al E de la bahía de Guantánamo	Se sitúa al S del embalse La Yaya
Compilador y afiliación	Rosabal, S; CENAI	Rosabal, S; CENAI	Rosabal, S; CENAI
Provincia	Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Santiago de Cuba
País	Cuba	Cuba	Cuba
Fidelidad de localización	Buena	Buena	Buena
Situación geológica	Separa las rocas carbonatadas de la formación Puerto Boniato de las formaciones San Luis y Camarones	Al S de la bahía de Guantánamo separa la formación San Luis de Maquey	Separa las formaciones San Luis y Camarones
Sentido de movimiento	Normal	Normal	Normal
Expresión geomorfológica	Gran escalón en el relieve y alineación del río	Alineación brusca del relieve de N a S. Contacto de Pendientes $\geq 30^\circ$ con las de bajos ángulos	Escarpe rectilíneo con pendientes $\geq 30^\circ$ en contacto con las de bajos grados
Azimut	desconocido	desconocido	desconocido
Desplazamiento	desconocido	desconocido	desconocido
Orientación	dirección NO-SE	dirección N-S	dirección NO-SE
Longitud:	37.39 km en el sector	28.60 km en el sector	8.70 km en el sector
X:	X: 647500-621400	X: 683400-683000	X:645100-653000
Y:	Y: 138900-164000	Y:150600-177400	Y:164000-161100
Escala del mapa	1:25000	1:25000	1:25000
Proyección	Proyección cónica conforme de Lambert	Proyección cónica conforme de Lambert	Proyección cónica conforme de Lambert
Edad	Eoceno medio	Mioceno inferior	Eoceno superior
Tipo de línea	sólida	sólida	sólida

Los sedimentos aluviales de edad Holoceno en los ríos Guaso, Jaibo y Guantánamo, así como en los alrededores de la bahía, son suelos susceptibles a licuar (Rosabal 2014).

Bloque Maquey: Se localiza al E del sector y se extiende de N a S, limitado por la estructura Maquey, donde aflora la formación geológica de igual nombre. Posee movimientos neotectónicos de ascenso.

El relieve característico es de lomeríos y exhibe altos valores de pendientes y disección vertical. Presenta alta susceptibilidad a deslizamientos con antecedentes de tipo rotacional (Rosabal, Zapata & Gómez 2009) y, además, existen condiciones geológicas y geomorfológicas que hacen que estos movimientos en masa no sean raros.

Hacia la parte N, sobre un tramo del río Yateras, existe alta susceptibilidad a la licuación de los suelos (Rosabal 2014), dado por la presencia de suelos aluviales de edad Holoceno.

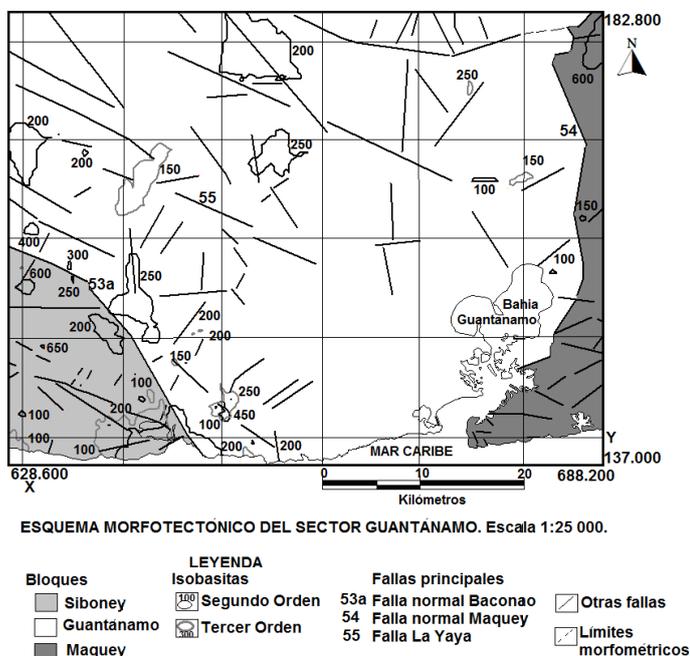


Figura 5. Esquema morfotectónico del sector Verraco-Barlovento. Escala 1:25000.

En el sector Verraco-Punta Barlovento se reportan sismos perceptibles y fuertes (Chuy 1999), de estos, una cantidad significativa han tenido intensidades de IV-V MSK-EMS y otros su epicentro en la Zona Sismogénica Oriente, que se han sentido dentro de sus límites. Igualmente, terremotos con hipocentro en las provincias vecinas de Holguín y de Santiago de Cuba se han reportado en este territorio. De los últimos temblores se destaca el del 20 de marzo de 2010, en el que las localidades de mayor perceptibilidad fueron Guantánamo (V MSK-EMS) y Caimanera (VI MSK-EMS).

En los bloques Siboney, Guantánamo y Maquey es posible que ocurran deslizamientos inducidos por la actividad sísmica (Tabla 4), demostrado por el criterio magnitud distancia recomendado (Siyahi & Ansal 1999), teniendo

en cuenta las zonas sismogeneradoras Oriente (con magnitud 8,0 Richter), Baconao, Sabana (con 7,0) y Purial (con 6,5), que afectan al sector (Chuy et al. 1997).

Pueden ocurrir fallos destructivos de taludes a las distancias epicentrales de 20 km (Baconao y Sabana 1), 48 km (Oriente) y 12 km (Purial) y fallo de taludes a 150 km (Baconao y Sabana 1), 280 km (Oriente) y 72 km (Purial), teniendo mayor incidencia los terremotos ubicados en la zona sismogeneradora Oriente.

En resumen, en este sector pueden aparecer los fenómenos inducidos de la actividad sísmica, tales como: deslizamientos, caídas y desprendimientos de rocas; fallo destructivos de taludes y fallo de estos últimos, así como la licuación de los suelos. Estos efectos inducidos incrementan la vulnerabilidad en las carreteras del primer y segundo orden y construcciones que no cumplen con las normas sismorresistentes ubicadas en estas áreas de peligro.

Tabla 3. Características de los bloques morfotectónicos del sector Verraco-Punta Barlovento

Bloques	Red drenaje	Máximo orden	Relieve	Isob de 2do orden (m)	Isob de 3er orden (m)	Pendiente (°)	Licuación	Mov. en masa	Tendencia mov. relativos
Siboney	Paralela, subparalela	6to	Montaña baja	100 a 950	100	> 40°	Alta	Alta	Ascenso
Guantá namo	Radial Paralelo subparalelo	7mo	Llanura lomerío y colina	200 a 450	150 ^a a 250	De 2° a >40°	Alta	Alta	Descenso relativos
Maquey	Paralelo subparalelo	4to	Lomerío	150 a 650		> 40°	Alta	Alta	Ascenso

Tabla 4. Zona de fallo destructivo de taludes (Clase 1) y zona de fallo de taludes (Clase 2), según las zonas sismogeneradoras (Chuy et al. 1997) que afectan el sector Verraco-Punta Barlovento. Ms, magnitud máxima (Siyahi & Ansal 1999)

Zonas	Ms	Clase 1 (km)	Clase 2 (km)
Baconao	7,0	20	150
Sabana	7,0	20	150
Purial	6,5	12	72
Oriente 1	8,0	48	280

4. CONCLUSIONES

- En el sector Verraco-Punta Barlovento existen condiciones geológicas, geomorfológicas y sismológicas que favorecen el desarrollo de los fenómenos inducidos por la actividad sísmica, tales como: los deslizamientos, caídas, desprendimientos de rocas y licuación de los suelos.
- El esquema morfotectónico del sector Verraco-Punta Barlovento, está constituido por tres bloques: Siboney, Maquey y Guantánamo. El primero, limitado por la estructura Baconao y se caracteriza por movimientos neotectónicos de ascenso. Maquey, definido por la falla de igual nombre y con tendencias similares al primero. Por último, Guantánamo, con preferencias por el descenso relativo y establecido por las estructuras tectónicas Baconao, Maquey, Mal Paso y límites morfométricos.
- En las estructuras Maquey, La Yaya y Baconao se estableció por morfometría, criterio de fallamiento activo, así como clasificadas como "simple falla" por el método de Haller, Machette y Dart (1993), las dos primeras y la última como "con secciones", por carencia de estudios detallados, como las trincheras paleosísmicas.
- Por la distancia epicentral a las zonas sismogénicas, que afectan al sector en los bloques morfotectónicos, pueden ocurrir fallos destructivos de taludes y fallos de taludes, donde se destaca la zona Oriente.

5. REFERENCIAS

- 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.
- COTILLA, M.; FRANZKE, H. & CORDOBA, D. 2007: Seismicity and seismoactive faults of Cuba. *Russian Geology and Geophysics* 48(6): 505-522.
- 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. *Ciencia en su PC* 2(2).
- CHUY, T. J. 1999: *Macrosísmica de Cuba y su aplicación en los estimados de peligrosidad y microzonación sísmica*. Tesis doctoral. CENAI. La Habana. 273 p.

- 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.
- GEOCUBA. 2006: Met 30-03: Metodología para la creación del modelo digital del terreno. Agencia Geomática. UCT GEOCUBA IC.
- 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.
- MAGAZ, A.; DÍAZ, J.; HERNÁNDEZ, J. 1998: Elementos geomorfológicos básicos para el análisis y determinación de zonas de fallamiento activo en las condiciones de Cuba. *Investigaciones geográficas* 35: 9-83.
- MAPA GEOLÓGICO DIGITAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA. 2003: Instituto de Geología y Paleontología. Escala 1:100000.
- MORA, S. & VAHRSON, W. 1994: Macrozonation methodology for landslide hazard determination. *Environmental & Engineering Geoscience* 31(1): 49-58.
- NORIEGA, S. & CABALLERO, J. H. 2015: Morfotectónica de la falla Abriaquí y sismicidad histórica asociada con el sismo de 1903 en Frontino, Antioquia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39(150): 100-110.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (CUBA). 1999: NC 46:1999: Construcciones Sismorresistentes. Requisitos Básicos para el Diseño y Construcción. La Habana. 95 p.
- 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.; ZAPATA, J. A.; GÓMEZ, J. 2009: Incidencia de la geomorfología en los deslizamientos de la carretera de Beltrán, Guantánamo, Cuba. *Revista Geos* 29(2). ISSN: 0186-1891.
- ROSABAL, S. Y. 2013: Peligro geológico por deslizamientos en sectores de la provincia de Santiago de Cuba. En: IV Simposio de riesgos geológicos y sismicidad. X Congreso Cubano de Geología (Geología 2013). Memorias [CD-ROM]. La Habana, Cuba, 4-8 abril.
- 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>

- SUNYE, I.; LACAN, P.; ORTUÑO, M.; VILLAMOR, P.; AUDIN, L.; ZUÑIGA, F.; LANGRIDGE, R.; AGUIRRE, G.; LAWTON, T. 2015: La falla San Mateo: nuevas evidencias paleosísmicas de fallamiento activo en el graben de Acambay, México. *Revista Mexicana de ciencias geológicas* 32(3): 361-376.
- SIYAH, B. G. & ANSAL, A. 1999: Manual for zonation on seismic geotechnical hazards. Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering. *Technical Committe* 4: 68-70.

Sandra Rosabal-Domínguez, sandra@cenais.cu

Máster en Manejo Integrado de Zonas Costeras.
Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Cuba.

Alina Rodríguez-Infante, rinfante@ismm.edu.cu

Doctora en Ciencias Geológicas. Profesora Titular.
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba.

José A. Zapata-Balanqué, zapata@citmasc.ciges.inf.cu

Doctor en Ciencias. Delegación Territorial del CITMA de Santiago de Cuba, Cuba.