

Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

Inventario de fenómenos gravitacionales en el Occidente de Cuba

Inventory of gravitational phenomena in the West of Cuba

Carlos Javier Cueto Gil¹, Elmidio Estévez Cruz² y Carlos Díaz Guanche³

¹Ingeniero Geólogo, profesor Asistente. Universidad de Pinar del Río, Departamento de Geología, Calle Martí No. 300 entre 27 de Noviembre y González Alcorta, Pinar del Río, Cuba. Teléf. 728617, carlos@geo.upr.edu.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0001-6319-4621>

²Doctor en Ciencias Técnicas, profesor Titular. Universidad de Pinar del Río, Departamento de Geología, Calle Martí No. 300 entre 27 de Noviembre y González Alcorta, Pinar del Río, Cuba, estevez@geo.upr.edu.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0001-7311-8382>

³Doctor en Ciencias Técnicas, profesor Auxiliar de la Universidad de Pinar del Río, Departamento de Geología, Calle Martí No. 300 entre 27 de Noviembre y González Alcorta, Pinar del Río, Cuba, carlosdg@upr.edu.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-6330-199X>

Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Cueto, C.J., Estévez, E. & Díaz, C. (2019). Inventario de fenómenos gravitacionales en el Occidente de Cuba. *Avances*, 21(1), 89-102. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/419/1411>

www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/419/1411

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo elaborar un inventario de deslizamientos en la zona más occidental de Cuba, que brinde una

Recibido: agosto 2018

Aprobado: septiembre 2018

visión más integral de la susceptibilidad del territorio a la ocurrencia de dichos fenómenos gravitacionales. Para ello, se realizaron dos inventarios de fenómenos gravitacionales, uno asociado a las redes viales a través de trabajos de campo y el otro a partir de la fotointerpretación de imágenes satelitales obtenidas del Google Earth. Como resultado, se obtuvo un inventario donde se registran los deslizamientos de la zona y se describen sus características más particulares, elementos que hasta el momento no se mostraban de manera integral, lo que posibilita, interpretar mejor los resultados y determinar las variables que ejercen mayor influencia en la ocurrencia de estos fenómenos, se muestra además, los sectores más susceptibles a la ocurrencia de estos. Para graficar mejor los resultados se elaboran tres mapas, dos que muestran la densidad de fenómenos por Consejos Populares y el tercero asocia la densidad poblacional con las zonas donde se registran los deslizamientos. Como conclusión fundamental y a partir de los resultados de la investigación se pudo constatar que los inventarios de deslizamientos representan una herramienta útil como punto de partida para el estudio de riesgo y susceptibilidad de un territorio.

Palabras clave: Fenómenos gravitacionales, Inventario, Riesgo y susceptibilidad.

ABSTRACT

The present paper has as objective to elaborate an inventory of gravitational phenomenon's in the most western area in Cuba that offers a more integral vision of the susceptibility from the territory to the occurrence of this phenomenon. For it, they were carried out two inventories of gravitational phenomenon's, one associated to the road through a field work and the other based in the photograph interpretation of satelital images obtained by the google earth. As a result, an inventory was obtained where they register the slides of the area and its more particular characteristics are described, elements that were not shown in an integral way until the moment, what facilitates, to interpret the results better and to determine the variables that exercise bigger influence in the occurrence of these phenomenon's, is also shown, the most susceptible sectors to the occurrence of these. For better to graph the results three maps are elaborated, two that show the density of phenomenon's for Popular Council and the third associate the populational density with the areas where they register the slides.

Key Word: Gravitational susceptibility.
phenomenon's, Inventory, Hazard and

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos gravitacionales son procesos importantes a tener en cuenta en cualquier país, partiendo de que algunos de los mayores desastres a nivel mundial están vinculados a movimientos de remoción en masa, provocando muertes, severos daños en las ciudades, y serias pérdidas económicas. Sin embargo, estos daños son habitualmente subestimados al ser erróneamente atribuidos a los procesos disparadores tales como los huracanes y terremotos (Schuster 1996, Mardones & Rojas 2012). Dado la presión que ejerce el crecimiento poblacional y la expansión urbana hacia áreas con laderas inestables, unido al cambio climático, aumenta la probabilidad en el futuro de que se incrementen los daños ocasionados por estos fenómenos.

El término remoción en masa incluye todos aquellos movimientos, ladera abajo, de una masa de roca, de detritos o de tierra por efecto de la gravedad (Cruden 1991, Amores *et al.* 2015). Existe en la literatura una variada clasificación de estos fenómenos según los mecanismos del movimiento, el tipo de material, el grado de deformación del material, etc.

Los movimientos de masa se clasifican según Varnes (1958 y 1978) y Hutchinson (1968 y 1988) en caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos.

Como parte del análisis de estos fenómenos se realizan inventarios de deslizamientos, los cuales son un registro ordenado de la localización y características individuales de una serie de movimientos ocurridos en un área dada. Los elementos a registrar en un inventario dependen en gran medida del interés para el cual este se realice y no se cuenta hasta el momento con un esquema unificado del mismo. No obstante se pretende contar con una información completa y precisa sobre todos los aspectos involucrados en un movimiento en masa.

Los mapas de deslizamiento identifican las áreas donde han ocurrido y por consiguiente, dónde probablemente ocurrirán, procesos de laderas y los mismos constituyen un requerimiento básico para la valoración del peligro y el riesgo por deslizamiento de terreno. El mapa de inventario refleja la distribución espacial de los deslizamientos como puntos o

polígonos. Estos mapas pueden ser utilizados como la base o el fundamento de los diferentes métodos de zonación del peligro o como el mapa de peligro más elemental.

Aunque los mapas de inventarios derivados de archivos históricos, trabajos de campo, entrevistas a la población local e interpretación de imágenes, resultan esenciales en estos tipos de estudios, desafortunadamente con frecuencia están incompletos o no están disponibles (Van Westen *et al.* 2006, Aceves, Legorreta & Álvares, 2014).

El análisis de los inventarios permite predecir el patrón regional futuro de ocurrencia de deslizamiento a partir de la distribución pasada de estos fenómenos. El mapa de inventario brinda información sobre la inestabilidad de las laderas y taludes sobre la base del mapeo de los antiguos deslizamientos. El estudio de la distribución espacial de los deslizamientos permite a la vez, realizar extrapolaciones a otras aéreas con características similares, donde se pueden presentar inestabilidades futuras en las laderas. En general y como lo manifiestan Soeters y Van Westen (1996), un inventario confiable de deslizamientos es esencial para cualquier análisis de ocurrencia de deslizamientos y el establecimiento de

la relación entre estos y sus condiciones ambientales.

Varios han sido los autores que a nivel mundial han realizado estudios sobre el tema de movimientos de remoción en masa, (Nguyen 2002, Chávez 2005, Kanungo 2006, Fell 2008, Muñiz & Hernández 2012). En el caso de Nguyen (2002), estudió 181 deslizamientos ocurridos en la provincia de Thua Thien Hue, Vietnam, logrando demostrar que existían diferentes factores que aceleraban estos fenómenos, en su mayoría, relacionados con la geología, la geomorfología, la pendiente, el uso de la tierra, la cercanía de los ríos, los suelos y el total de precipitaciones anuales. Chávez (2005) desarrolló un estudio en el litoral ecuatoriano sobre la ocurrencia de fenómenos gravitacionales, en la misma plantea, que la mayoría de los desastres que ocurren en esta región son como consecuencia de la ocurrencia de deslizamientos, tanto es así que aproximadamente el 90% de estos movimientos han ocasionados innumerables pérdidas económicas, daños en asentamientos humanos y laderas naturales. Kanungo (2006) desarrolló un estudio de susceptibilidad, apoyándose en un inventario de deslizamientos a partir de la interpretación de imágenes mediante el empleo de sensores remotos, basando

su análisis en características espectrales, forma, contraste, expresión morfológica ect. Por otra parte, Fell (2008), realizó un inventario de deslizamiento, analizando estos a partir de la utilización de variables tales como localización, clasificación y volumen de los deslizamientos, datos que obtuvo a partir de la fotointerpretación de imágenes aéreas.

En Cuba, se han desarrollado importantes investigaciones como es el caso del estudio de riesgo en la provincia de Guantánamo la cual representa una de las más importantes relacionadas con el tema. Por otra parte, García (2006) realizó un estudio de susceptibilidad en la provincia de Pinar del Río limitado a las redes viales del territorio, el cual se tomó como base para el presente estudio. La información gráfica de esta investigación confirma la predisposición de la región a generar movimientos gravitacionales y justifica la necesidad de realizar estudios detallados.

La región montañosa del occidente de Cuba posee un incalculable valor por la función ambiental de sus bosques, los dividendos de su economía silvícola y agrícola, sus atractivos turísticos y la importancia estratégica para la defensa del país. Todo esto hace indispensable contar con una valoración del peligro por los deslizamientos del terreno, que permita una correcta planificación física

del territorio a la vez que posibilite, diseñar las mejores estrategias para el desarrollo integral de la montaña.

La región seleccionada para la presente investigación abarca a los 11 municipios de la provincia de Pinar del Río, además de los municipios de San Cristóbal, Candelaria y Bahía Honda pertenecientes a la provincia de Artemisa, los que se consideran muy susceptibles ante estos fenómenos.

Su relieve abrupto y la meteorización profunda conllevan a una alta incidencia de movimientos gravitacionales. Para el área de objeto de estudio, las investigaciones de estabilidad de taludes han sido desarrollados por los especialistas de la Empresa de Investigaciones Aplicadas y han estado focalizados en las principales vías y carreteras, las cuales han sufrido diversas afectaciones, por lo cual los inventarios realizados son incompletos e imposibilitan la correcta valoración de los principales factores que controlan los movimientos de laderas. Para darle solución a la situación problemática planteada anteriormente los autores se proponen como objetivo principal: elaborar un inventario de fenómenos gravitacionales en la parte más occidental de Cuba que brinde una visión más integral de la susceptibilidad del territorio a la ocurrencia de dichos fenómenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos fundamentales para la confección del inventario son los trabajos de campo y las técnicas de sensorio remoto. Durante los trabajos de campo se pueden encontrar evidencias de deslizamientos actuales y pasados a partir de la morfología de las pendientes, las masas deslizadas, las grietas de tensión etc. Estas evidencias se deterioran progresivamente con el tiempo por lo que hay que tener mucho cuidado para establecer las tendencias generales de su ocurrencia.

La manifestación de los procesos de laderas en un área se determina habitualmente a través de la interpretación de fotos aéreas, imágenes satelitales, modelos de elevación digital de alta resolución espacial, el análisis del mapa topográfico y los trabajos de campo. Estos últimos dirigidos a la verificación in situ de la interpretación realizada.

En la presente investigación para el análisis y conformación de la base de datos o inventario de deslizamientos se tuvieron en cuenta diversos criterios y factores que controlan en gran medida la posición espacial de estos fenómenos como son: factor geológico, geomorfológico, edafológico, redes viales, todo esto apoyado fundamentalmente en la guía metodológica para el estudio de peligro vulnerabilidad y riesgo por

deslizamientos de terreno a nivel municipal.

Para lograr el objetivo propuesto, se trabajó con dos inventarios de deslizamientos, el primero obtenido a través de trabajo de campo desarrollado en toda la cordillera de la provincia de Pinar del Río y el segundo obtenido a partir de la fotointerpretación de imágenes satelitales obtenidas del Google Earth.

El primer inventario está básicamente encaminado al análisis de las red vial de toda la provincia, para ello se tuvo en cuenta los siguientes elementos: tipo de movimiento, escala, coordenadas, tipo de material deslizado, formación, morfometría, actividad, entre otros, mientras que el segundo se aleja en gran medida de las vías de comunicación y se acerca mucho más al macizo en su estado natural, para el análisis de este último se tuvo en cuenta elementos como: geomorfología, escarpes, cicatrices del terreno, verticalidad de las pendientes, taludes abruptos y falta de vegetación en las laderas. Se prestó especial atención a las vertientes de las cuencas hidrográficas de los ríos más caudalosos. Los deslizamientos identificados en las imágenes fueron validados en los mapas topográficos, a partir de la existencia de elementos morfológicos que denoten su presencia.

Para ello se trabajó con la hojas cartográficas escala 1:25 000 de la zona, además se superpusieron otros mapas o factores con estos inventarios como son el mapa geológico, esclareciendo las formaciones más propensas a la ocurrencia de estos fenómenos en toda la cordillera.

A partir del inventario se conformaron dos mapas de densidad:

1-mapa de densidad de deslizamiento por consejo popular, que refleja la susceptibilidad del territorio a la ocurrencia de estos fenómenos, 2-mapa de densidad de población por consejo, que es reflejo de la vulnerabilidad. Los productos cartográficos se obtuvieron con el software ArcGis 10.0 (figura 1 y 2).

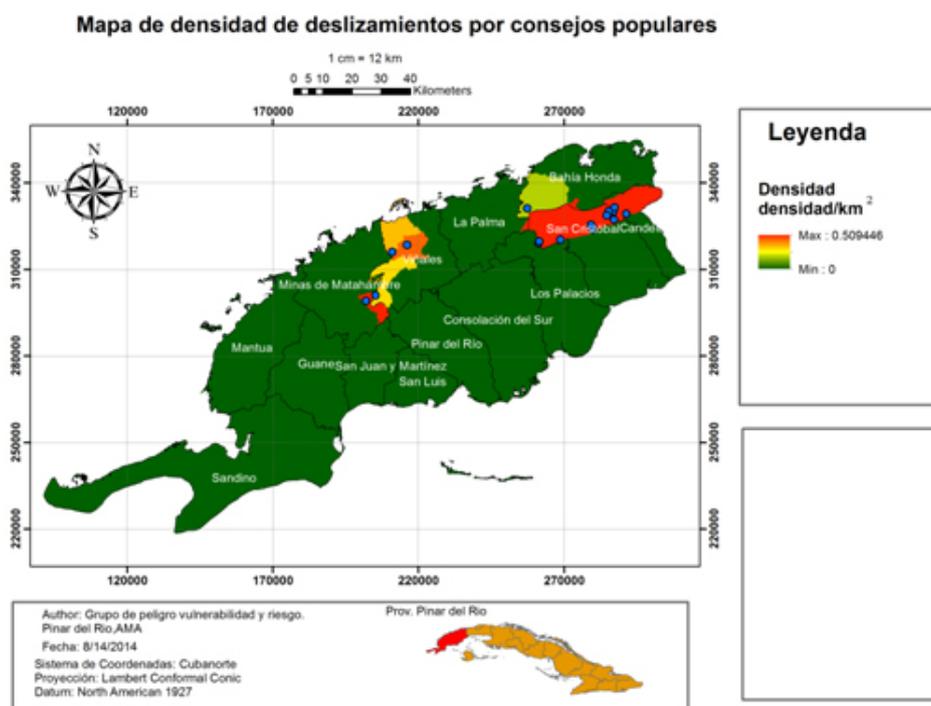


Figura 1. Mapa de densidad de deslizamiento por Km² a partir de la fotointerpretación de imágenes satelitales.

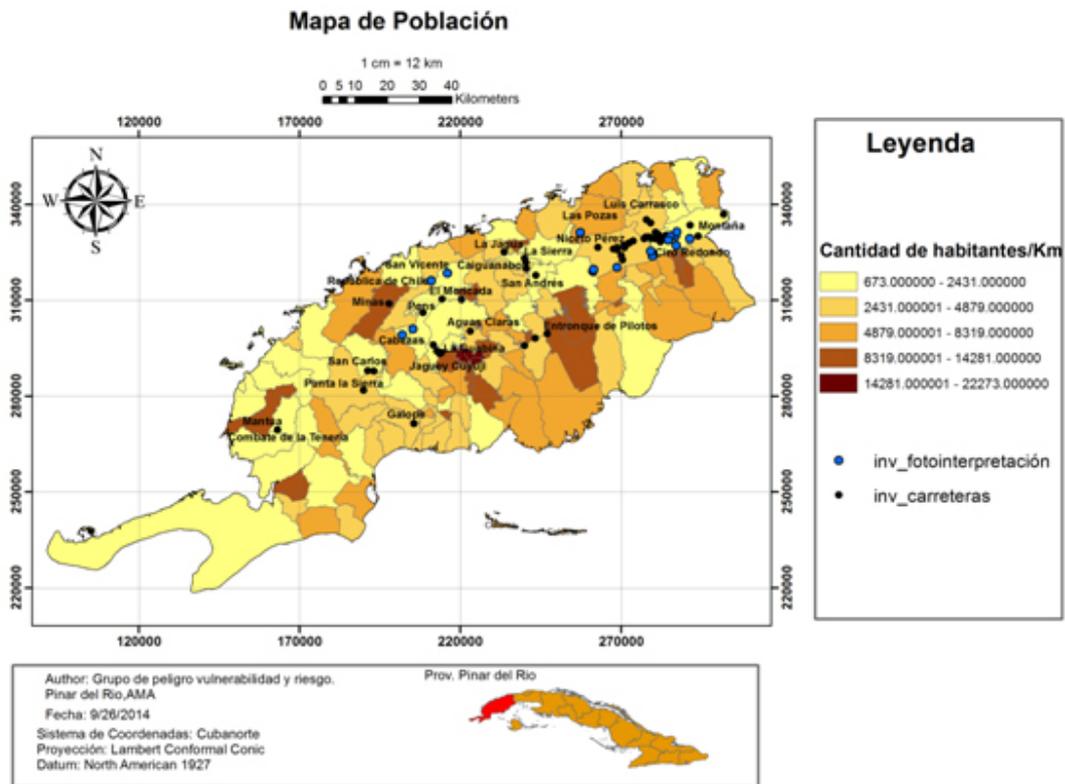


Figura 2. Mapa de Población por Km² con ambos inventarios de deslizamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los trabajos realizados permitieron conformar un inventario más completo de los fenómenos gravitacionales ocurridos en el área de estudio, establecer sus características particulares, así como identificar las formaciones geológicas a las que se asocian. Estos resultados constituyen una herramienta importante para los gobiernos locales al facilitar la toma de decisiones sobre el ordenamiento del territorio y las medidas de reducción de desastre naturales. Resumen de los resultados, teniendo en cuenta los dos consejos populares más

susceptibles a la ocurrencia de fenómenos gravitacionales:

- En el Consejo Popular Niceto Pérez se registran 12 fenómenos gravitacionales.
 - 4 deslizamientos pequeños, pertenecientes a la Formación Manacas, de tipo rotacional y el material que arrastra es fundamentalmente detritos
 - 4 deslizamientos pequeños, pertenecientes a la formación Artemisa, de tipo rotacional y el material que

arrastra es fundamentalmente detritos.

- 3 desprendimientos pequeños pertenecientes a la formación Cacarajicara, de tipo caída y el material arrancado es fundamentalmente rocoso.

- 1 deslizamientos pequeños, pertenecientes a la formación San Cayetano de tipo rotacional y el material que arrastra es fundamentalmente detritos.

- Consejo popular Ciro Redondo

- 5 deslizamientos pequeños, pertenecientes a la formación Artemisa, de tipo rotacional y el material que arrastra es fundamentalmente detritos.

- 3 deslizamientos pequeños, pertenecientes a la formación San Cayetano, de tipo rotacional y el material que arrastra es fundamentalmente detritos.

- 2 deslizamientos pequeños, pertenecientes a la formación Manacas, de tipo rotacional y el material que

arrastra es fundamentalmente detritos.

La *tabla 1* muestra la relación de los principales fenómenos identificados en el inventario a partir de la fotointerpretación teniendo en cuenta su magnitud.

- 2 Deslizamientos grandes, perteneciente a la Formación Artemisa, en los consejos populares Montaña y Ciro Redondo, de tipo rotacional y con material detrítico arrastrado.

- 1 Desprendimiento grande perteneciente a la Formación Guasasa, en el consejo popular San Vicente, de tipo caída y el material desprendido es rocoso.

- 1 Deslizamiento grande perteneciente a la formación Guajaibón, en el consejo popular Las Pozas, de tipo rotacional y el material arrastrado es detrítico.

Tabla 1. Inventario de deslizamientos a partir de la fotointerpretación.

Deslizamientos	x	Y	Formaciones	Tipo de movimientos	Clasificación	Material	Magnitud
1	201962.5704	299143.3379	Guasasa	Desprendimiento	caída	roca	pequeño
2	205349.2439	300982.1958	Guasasa	Desprendimiento	caída	roca	pequeño
3	210964.8379	316120.2086	Guasasa	Desprendimiento	caída	roca	pequeño
4	216025.3172	318471.7645	Guasasa	Desprendimiento	caída	roca	grande
5	257300.72	331218.5285	Guajaibón	Deslizamiento	rotacional	detritos	grande
6	261214.783	319096.2017	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
7	261386.3215	319707.3904	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
8	268778.5244	320331.2921	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
9	279748.3548	323917.251	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
10	280001.0324	324183.1578	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
11	279891.2301	324347.1998	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
12	279166.2174	325453.7847	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
13	287171.3902	327214.4725	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
14	291408.645	329291.6107	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
15	284686.6831	328811.8976	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
16	285339.5769	330143.6805	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	pequeño
17	286917.1581	330143.6805	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	grande
18	287383.7071	331490.0821	Artemisa	Deslizamiento	rotacional	detritos	grande

Partiendo de todo lo antes expuesto los mapas que se muestran (ver *figura 1*), reflejan la densidad de estos fenómenos por consejos populares basados en los inventarios antes descritos, evidenciando cuan susceptibles se encuentra el territorio, el segundo mapa de densidad poblacional se realizó con el objetivo de establecer una relación entre las zonas de riesgo y la población asociada, aun cuando debe tenerse en cuenta el alto por ciento de población dispersa en la zona, que representa aproximadamente el 13 por ciento de la población total.

Como primer resultado asociado a la interpretación del mapa de densidad de deslizamientos por Km² a partir del inventario obtenido del trabajo de

campo relacionado con el análisis de las redes viales fundamentales de toda la zona, se obtuvieron 48 puntos donde se evidencia la ocurrencia de fenómenos gravitacionales y demostró que los sectores más propensos para la ocurrencia de estos fenómenos son los municipios de San Cristóbal, La Palma, Pinar del Río, Candelaria, Viñales, Consolación del Sur, Minas de Matahambre, San Juan y Guane. Los consejos populares más vulnerables son Niceto Pérez (12 deslizamientos) y Ciro Redondo (10 deslizamientos), ambos pertenecientes al municipio de San Cristóbal.

Como segundo resultado a partir del mapa que se obtiene del inventario desarrollado de la fotointerpretación de

las imágenes del Google (*figura 1*), se demostró que los municipios más proclives a movimientos de remoción en masa son Minas de Matahambre, Viñales, Bahía Honda, San Cristóbal y Candelaria, estos dos últimos con más de la mitad de los deslizamientos arrojados en toda la zona. Se identifican como los consejos populares más vulnerables los de Niceto Pérez y Ciro Redondo pertenecientes al municipio de San Cristóbal, los cuales agrupan 10 deslizamientos, Montaña perteneciente a Candelaria presentó 3 movimientos de remoción en masa, Playuelas, San Vicente y El Moncada pertenecientes a Viñales presentan un deslizamiento respectivamente así como Cabezas perteneciente al municipio de Minas y Las Pozas de Bahía Honda.

El mapa de población (*ver figura 2*) muestra la densidad poblacional por Km² y evidencia los consejos populares con mayor densidad poblacional en todo el occidente de Cuba, el objetivo del mismo es establecer una relación entre la distribución espacial de los movimientos gravitacionales obtenidos en ambos inventarios y los consejos popular a partir de su densidad poblacional para así poder identificar aquellos fenómenos que están asociados a grandes núcleos poblacionales. Los sectores más poblados son los municipios de Pinar

del Rio, Consolación, Los Palacios, Sandino, Mantua, Minas, La Palma y la zona sur del municipio de San Cristóbal, esta información llevada al detalle de consejos populares expresa que los consejos con mayor densidad poblacional están alejados de las zonas más proclives al desarrollo de movimientos gravitacionales como es el caso de los consejos de Ciro Redondo y Niceto Pérez ubicados al norte de la cabecera municipal y con baja densidad poblacional.

En la presente investigación que toma como base estudios previos de riesgo y susceptibilidad, se integra un conjunto de información dispersa relacionada con los fenómenos gravitacionales en la zona más occidental de Cuba, mostrando un inventario que va más allá del registro de los deslizamientos asociados a las redes viales, que eran los que hasta el momento se habían identificado. Además, relaciona cada uno de los fenómenos atendiendo a su tipología, magnitud, formaciones geológicas, formas de ocurrencia y localización (*ver tabla 1*). Con respecto a la ubicación de los deslizamientos se logra por primera vez en la zona, mostrarlos a nivel local, lo que posibilita identificar la susceptibilidad de cada localidad a la ocurrencia de dichos fenómenos y la previsión a las entidades competentes de la realización de planes integrales que minimicen los efectos negativos

que pueden desencadenarse a partir de la ocurrencia de uno de estos fenómenos. Todas estas características posibilitan la tenencia de un inventario más abarcador, confiable y útil para los análisis que se desarrollan a partir de estos.

CONCLUSIONES

El trabajo demostró que los inventarios de deslizamientos representan una herramienta útil como punto de partida para los estudios de riesgo y susceptibilidad de un territorio y que falta aún mucho por hacer para lograr un levantamiento exhaustivo de todas las ocurrencias de procesos de laderas en el Occidente del país.

Se demostró la presencia de fenómenos gravitacionales en todo el área, revelando que el sector más propenso al desarrollo de los mismos es la zona más oriental del territorio, con una vasta densidad de estos movimientos, lo que puede estar asociado a la composición litológica y las particularidades de las formaciones geológicas que afloran (formaciones Artemisa y Manacas) y a los movimientos neotectónicos, que se manifiestan en la zona.

Aunque las zonas más densas en deslizamientos no se corresponden con las más pobladas, deben tenerse en cuenta estos fenómenos a partir de las características demográficas de la

población en la zona occidental como una de las más dispersas, además del incalculable valor por la función ambiental de sus bosques, los dividendos de su economía silvícola y agrícola, sus atractivos turísticos y la importancia estratégica para la defensa del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves, F., Legorreta, G., Álvares, Y., (2014) Cartografía geomorfológica para el inventario de procesos gravitacionales en la cuenca endorreica del arroyo La Ciénega, flanco oriental del volcán Nevado de Toluca. ISSN 2492-1283 *Boletín Geológico Mexicano*, 66(2), 329-342. Recuperado de <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/component/content/article/212-sitio/resumenes/cuarta-epoca/6602/1024-6602-8-aceves>
- Amores, R., Gordillo, R., Gordón, G., Pinto, Y., Pinzón, G., Ramos, L., Ureña, Y. & Urriola, Y., (2015). Identificación y georeferenciación de un deslizamiento de tierra en la comunidad de potrero de atalaya con tecnología digital móvil. ISSN 2412-0464. *Revista de Iniciación Científica*, 1(1), 56-

60. Recuperado de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/360/pdf>
- Castellanos, E., (2008). *Multi-scale landslide risk assessment in Cuba*. (Disertación Doctoral), Universidad de Utrecht, Utrecht, Normandía, p 273.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J., (1996). *Landslide types and processes*. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), *Landslides: investigation and mitigation*. National Academy Press. 36–75 pp.
- García, J.A. & Ordaz, A. (2007). *Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos a escala 1: 250 000 en las vías de interés nacional de la Provincia de Pinar del Río*. Memorias 2da Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, La Habana. 7 p. ISBN 978-959-7117-16-2.
- Grupo de Estandares para Movimientos en Masa. (2007). *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, no. 4, p. 432.
- Kanungo, D.P., (2006). *A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas*. p. 353-354.
- Mardones, M. & Rojas, J., (2012). Procesos de remoción en masa inducidos por el terremoto del 27F de 2010 en la franja costera de la Región del Biobío, Chile. ISSN 0718-3402. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53, 57-74. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022012000300004>
- Muñiz, J. & Hernandez, V., (2012). Zonificación de procesos de remoción en masa en Puerto Vallarta, Jalisco, mediante combinación de análisis multicriterio y método heurístico. ISSN 2007-2902. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29(1), 115-122. Recuperado de [http://satori.geociencias.unam.mx/29-1/\(07\)Muniz.pdf](http://satori.geociencias.unam.mx/29-1/(07)Muniz.pdf)
- Robin, F. (2008). *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning*. p. 100-101.
- Soeters, R. & Van Westen, C.J., (1996). Slope instability recognition, analysis and zonation. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), *Landslides: investigation and mitigation*. *Transp Res.*

- Board, Nat Res. Counc Spec Rep, 247, 129-177.*
- Thanh, N. (2008). Landslide susceptibility mapping of the mountainous area in Loui district, Thua Thien Hue Province, Vietnam. (Disertación doctoral), Universidad Libre de Bruselas, Bruselas, Bélgica. 22 p.

Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license