



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Villalón-Semanat, Madelin
ANÁLISIS RETROSPECTIVO DEL RIESGO POR
DESLIZAMIENTO EN LOS JAGÜEYES, SURORIENTE DE CUBA
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 1, 2018, Enero-Marzo 2019, pp. 53-67
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358269009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

ANÁLISIS RETROSPECTIVO DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN LOS JAGÜEYES, SURORIENTE DE CUBA

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF LANDSLIDE RISK IN LOS JAGÜEYES, SOUTHEASTERN CUBA

Autor:

Madelin Villalón-Semanat, madelin@cenais.cu. Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cenais). Teléfono: +53 22 641112. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza la evaluación de riesgo por deslizamiento mediante un análisis retrospectivo del deslizamiento de los Jagüeyes en el suroriente de Cuba, antes y después del evento de 1963. El análisis del patrón de lluvias del ciclón Flora, como evento catalizador, permitió determinar un escenario de amenaza de deslizamiento, con una probabilidad de ocurrencia de una vez cada 100 años. La interpretación de fotografías aéreas a escala 1:62000 del área de estudio en momentos anteriores a la ocurrencia del deslizamiento fue empleada para cartografiar parte de los elementos en riesgo, tales como casas, viales y campos agrícolas. A través del diseño de un perfil del comportamiento del deslizamiento en sus diferentes zonas, según la distancia, se asignaron valores de vulnerabilidad, que indicaban el posible daño esperado. Finalmente, se obtuvieron valores cuantitativos del riesgo para cada uno de los elementos analizados.

Palabras clave: deslizamiento, elementos en riesgo, vulnerabilidad y riesgo.

ABSTRACT

A landslide risk assessment was conducted for Los Jagüeyes in Cuba, taking as basis a retrospective analysis of the landslide conditions prior and after the event in 1963. The analysis of the rain pattern of hurricane Flora as the triggering factor allowed determining a landslide hazard scenario where a similar landslide is likely to occur once in 100 years. Houses, roads and agricultural fields were mapped through the interpretation of 1:62 000 aerial photographs for the risk assessment. Vulnerability values and expected damage were assigned based on a profile of the landslide behaviour in the different zones to proceed with the final risk assessment for each of the elements. Finally, quantitative risk values were obtained for each of the analysed elements.

Key words: landslide, elements at risk, vulnerability and risk.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos los deslizamientos han sido fuente de noticias debido a los desastres que han ocasionado; son responsables de numerosas víctimas, enormes daños a la propiedad, la infraestructura física y grandes pérdidas económicas.

La evaluación del peligro y el riesgo por deslizamientos se ha convertido en un tema de gran interés para los profesionales de las Ciencias de la Tierra y de la ingeniería, así como para las comunidades y las administraciones locales en muchas partes del mundo (Aleotti & Chowdhury, 1999). Cuba no ha sido la excepción, pues ha ejecutado estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos a escala nacional, dirigidos por la Agencia de Medio Ambiente (AMA) y realizados por equipos multidisciplinarios en todo el país.

“Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura (...)” (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002). Estos ocurren por la combinación de la susceptibilidad natural del suelo (geomorfología y factores internos del suelo) con la acción de eventos catalizadores, como lluvias intensas, terremotos y actividades humanas, como la deforestación, la erosión por prácticas agrícolas inadecuadas, cambios en el uso de suelos y corte de taludes para construcción de obras ingenieras.

Tomando como base las definiciones de UNDRO (1979, 1991), el término peligro de deslizamiento es entendido como la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento potencialmente dañino en un tiempo y área dados. La vulnerabilidad es el grado de daño causado por el deslizamiento sobre un elemento en riesgo o el conjunto de estos, expresado en una escala de 0 a 1. El riesgo es el grado de pérdidas de uno o varios elementos causado por el deslizamiento, en función del peligro, la vulnerabilidad y el costo o cantidad de elementos afectados.

Varios estudios han demostrado que la ocurrencia de deslizamientos en Cuba es catalizada, con mayor frecuencia, por eventos hidrometeorológicos, como intensas lluvias y huracanes (Seisdedos, Reyes, Guasch y Avich, 2001; Castellanos, 2008; Batista, 2010; Galbán y Guardado, 2016). Con menor frecuencia han sido catalizados por terremotos (Zapata, 1995; Chuy, 1999). Uno de los mayores

desastres de Cuba fue originado por el paso del ciclón Flora en octubre de 1963, el cual provocó la muerte de más de mil personas, causó gran devastación y numerosos deslizamientos de tierra en las regiones montañosas de las provincias orientales. De ellos el ocurrido en el poblado de Los Jagüeyes, en la Sierra de Caujerí, es considerado el más significativo.

El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de riesgo basada en el análisis retrospectivo de las condiciones antes y después del deslizamiento de 1963 en Los Jagüeyes, para conocer cuáles serían los efectos sobre los elementos expuestos, dígase personas, viviendas, plantaciones y viales, en zonas susceptibles de deslizamientos similares a este.

La localidad de los Jagüeyes se encuentra situada en la base de la Sierra de Caujerí, cadena montañosa del centro oeste del municipio San Antonio del Sur, provincia de Guantánamo (Fig. 1). En esta zona del municipio predomina el clima tropical de sabana con un promedio de lluvia por debajo de 1200 mm por año.

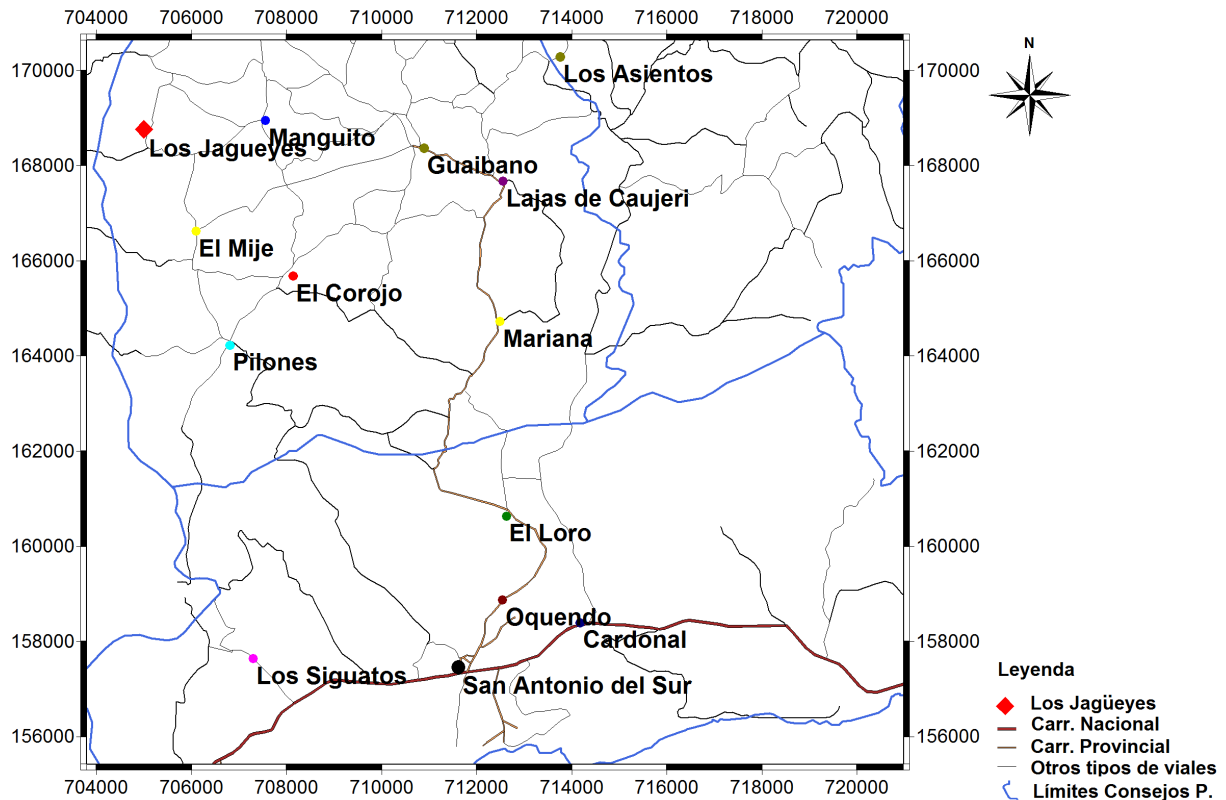


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad Los Jagüeyes, San Antonio del Sur

De acuerdo con estudios precedentes (Castellanos, 2000 y Nuñez, 2000), la litología presente en la Sierra de Caujerí está compuesta por materiales cuaternarios de la Formación Maquey y la Formación Yateras, que yace sobre esta última. La Formación Maquey (mq), de edad Oligoceno Superior-Mioceno Inferior parte baja ($P_3^{\text{sup}} \cdot N_1^{\text{inf-a}}$), presenta alternancia de areniscas, aleurolitas y arcillas calcáreas; intercalaciones de calizas biodetríticas, calizas arenáceas y calizas gravelíticas. La Formación Yateras (yt), de edad Oligoceno Superior parte baja-Mioceno Inferior ($P_3^{\text{sup-a}} \cdot N_1^{\text{inf}}$), está compuesta por calizas. Esta combinación de materiales de diferentes litologías tiene gran influencia en el modo en que ocurre el deslizamiento de Los Jagüeyes.

Desde el punto de vista socioeconómico, antes de 1963 la actividad más importante en el poblado Los Jagüeyes era la agricultura. Como zona rural las viviendas se localizaban muy aisladas unas de otras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron las curvas regionales de intensidad, duración y período de retorno de las lluvias de dos regiones de Cuba (Planos, 1997; Planos, Limia, Vega, Boudet y Hernández, 2011) para definir el escenario de amenaza; o sea, determinar el período de recurrencia de las lluvias que catalizaron el deslizamiento y con ello calcular la probabilidad de ocurrencia del deslizamiento.

Para evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos en la zona del deslizamiento se realizó la cartografía de los mismos a partir de la interpretación de fotografías aéreas del año 1956 a escala 1:62 000. Este proceso se basó en la identificación y ubicación espacial de las casas, la delimitación de los campos agrícolas y el trazado y clasificación de los tipos de viales visibles en las fotografías.

El cálculo del riesgo por deslizamiento (R) se realizó de manera simplificada mediante la fórmula que relaciona el peligro (P), la vulnerabilidad (V) y la cantidad de elementos (C) expuestos al deslizamiento:

$$R = P \times V \times C \quad (1)$$

RESULTADOS

Escenario de amenaza de deslizamiento a partir del análisis del evento catalizador: ciclón Flora de 1963

El deslizamiento de los Jagüeyes (Fig. 2) fue catalizado por las intensas lluvias producidas por el paso del ciclón Flora en octubre de 1963.

Para realizar la evaluación del peligro de este deslizamiento fue necesario determinar la probabilidad de ocurrencia del mismo. Desde este punto de vista se asumió un escenario de amenaza, teniendo en cuenta la frecuencia de ocurrencia del evento que catalizó dicho deslizamiento. Este razonamiento parte de la lógica de que si un fenómeno extremo induce la ocurrencia de otro fenómeno de gran magnitud, es muy probable que si el primero se vuelve a repetir con similar

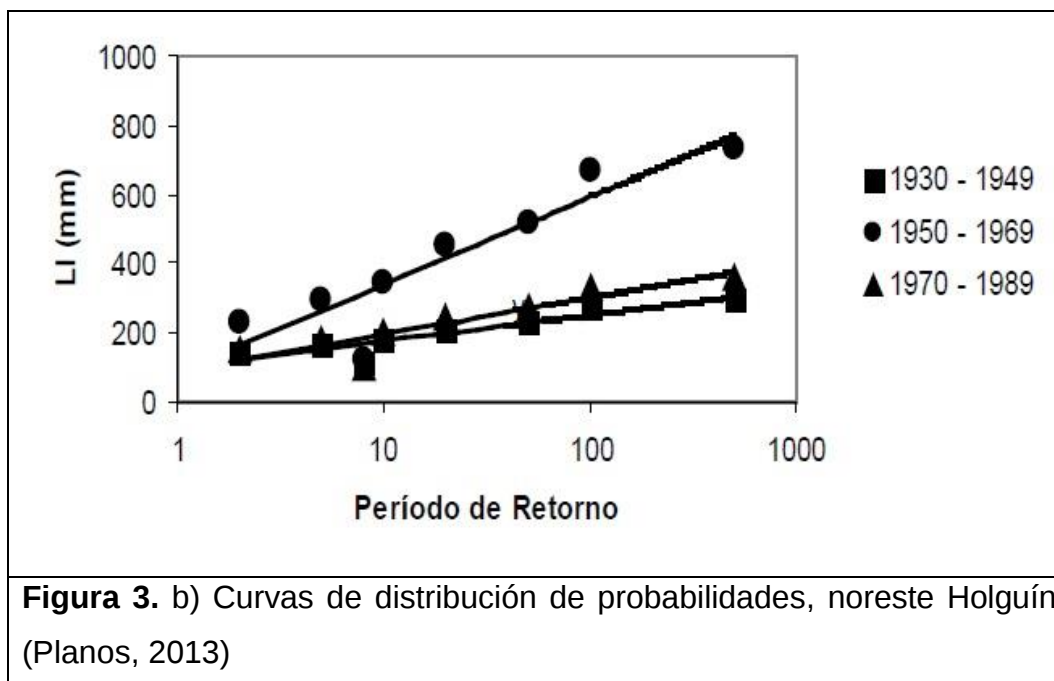
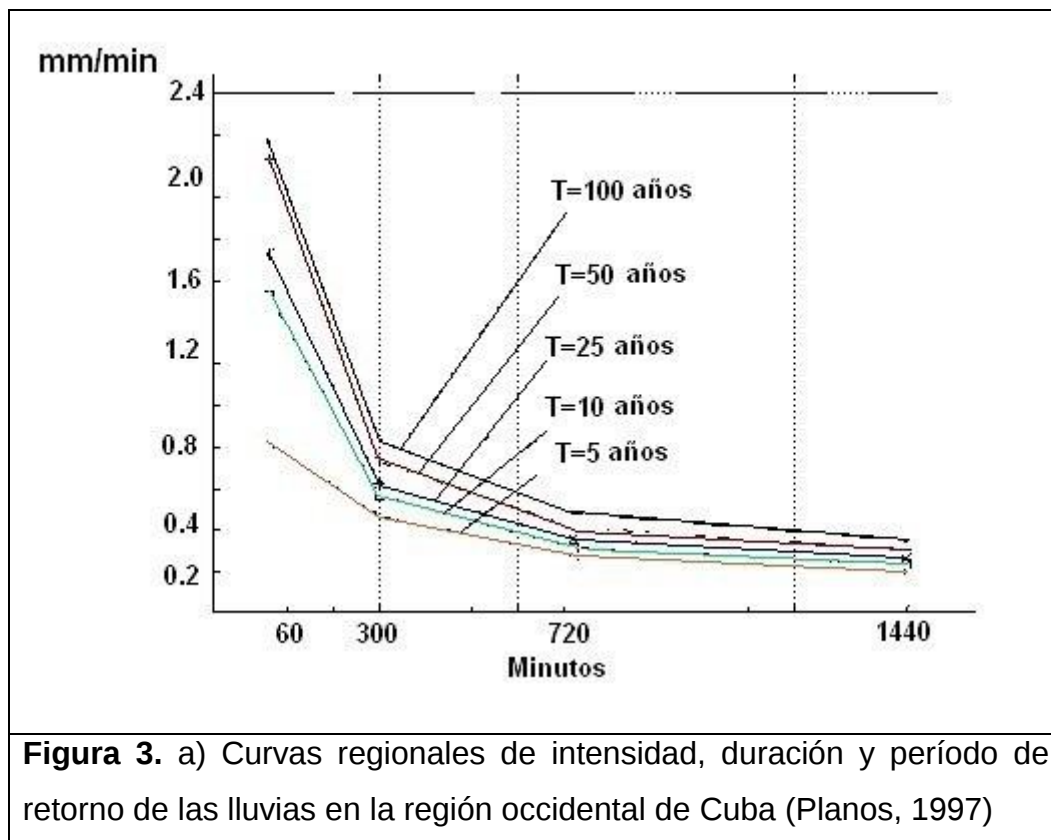
extremidad induzca nuevamente un fenómeno similar donde existan las condiciones de susceptibilidad.



Figura 2. Vista del deslizamiento Los Jagüeyes en el escarpe de la Sierra de Caujerí (Castellanos, 2000)

El ciclón Flora afectó completamente la región oriental de Cuba del 4 al 7 de octubre de 1963, fundamentalmente debido a su trayectoria en forma de lazo que lo hizo retornar a los mismos lugares. Además de su inusual trayectoria fue también un sistema de muy lento movimiento. De acuerdo con Pielke, Rubiera, Landsea, Fernández & Klein, (2003), este ciclón produjo acumulados de lluvia entre 1600–2000 mm. Se plantea que ese acumulado se pudo haber producido en varios días. Por otro lado, existen registros de lluvia específicos de la estación meteorológica de Chalons, en la provincia de Santiago de Cuba, que indican la caída de 466.4 mm en 24 horas (Bermúdez *et al.* (2000) en Alfonso de Anta, 2005). Otros autores reportan 700 mm en 24 horas (Planos, 1997).

La mayoría de los reportes consultados en la literatura están relacionados con la cantidad de lluvia caída, la descripción del impacto social de este ciclón y los daños a la economía del país. En cuanto al estudio de aspectos relacionados con las curvas de intensidad, duración y período de retorno de las lluvias en Cuba, en Planos *et al.* (2011) y en Planos (1997 y 2013) se calculó la distribución de probabilidades para distintas regiones del país. De acuerdo con esos resultados, para realizar una estimación del período de recurrencia de estas lluvias se tomó como punto de partida el gráfico mostrado en las figuras 3a y 3b.



En el gráfico de la figura 3a se muestra la relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y la frecuencia de los eventos meteorológicos para la región occidental de Cuba (Planos, 1997); estas curvas se realizan mediante el cálculo

hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales (Témez (1978) en Barcia y León, 2013). El eje Y muestra intensidades desde 0.2 mm/min, equivalente a una intensidad de lluvia de 288 mm en 24 h (1440 min), hasta 2.2 mm/min, que equivalen a una lluvia de 132 mm en 1 h; el eje X se corresponde con la duración de la lluvia. Tomando los acumulados de lluvias señalados por Pielke *et al.* (2003), Bermúdez *et al* (2000) (citado en Alfonso de Anta, 2005) y Planos (1997) de 1600 mm en tres días (~ 533 mm en 24 horas), 700 mm en 24 horas o 466.4 mm en 24 horas, transformados a mm/min y extrapolándolos al gráfico, indican una intensidad entre 0.37 – 0.5 mm/min en 24 horas. A su vez, esta intensidad se corresponde con un evento meteorológico con una frecuencia de 100 años. En la figura 3b (lámina de lluvia (LI) en mm vs período de retorno en años) se muestra la distribución de probabilidades para distintos períodos de retorno, en este caso para la región este de Holguín; entre los años 1950–1969 el valor promedio de los acumulados de lluvias reportados para el ciclón Flora se corresponde con un período de retorno o de recurrencia de 100 años. De acuerdo con el análisis anterior, este período de 100 años se asume como válido para el ciclón Flora, a pesar de las diferencias que puedan existir entre el patrón de lluvias de las dos regiones.

Finalmente, siendo el ciclón Flora el evento catalizador del deslizamiento de Los Jagüeyes, el escenario de amenaza está basado en un deslizamiento similar en magnitud a este, que ocurriría en el escarpe de la Sierra de Caujerí una vez cada 100 años. Luego, se calcula la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento de este tipo de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (2)$$

Donde P es la probabilidad, T es el período de recurrencia del evento y n el tiempo de vida útil (i.e. duración esperada de una edificación, etc.)

De ahí para este período de recurrencia se tiene una probabilidad de ocurrencia de 0.26 para n = 30 años, 0.39 para n = 50 años y 0.63 para n = 100 años.

Vulnerabilidad de los principales elementos expuestos

La evaluación de la vulnerabilidad implica entender la interacción entre un deslizamiento dado y los elementos afectados (Dai, Lee & Ngai, 2002). Por varias razones esta evaluación involucra un gran nivel de complejidad. Primero, depende de la naturaleza de la amenaza; es decir, del tipo de deslizamiento, volumen y velocidad del movimiento y de la distancia recorrida por el material. En segundo lugar, depende de las características de los elementos en riesgo, de su proximidad al deslizamiento, tipo de elemento y tiempo de exposición. Adicionalmente, los elementos en riesgo en sí mismos son diversos y requieren una adecuada caracterización para discriminar cuáles de sus aspectos son más relevantes en el control de su grado de vulnerabilidad.

En este caso para el análisis de la vulnerabilidad ante el deslizamiento de los Jagüeyes hay que remontarse a unos años antes de su ocurrencia en las inmediaciones del poblado los Jagüeyes. Para ello se realizó la cartografía de los elementos en riesgo mediante la interpretación de fotos aéreas de 1956. La interpretación de dichas fotografías a escala 1:62000 permitió la identificación de una parte importante de estos elementos en riesgo, ubicados en el área antes de que el deslizamiento ocurriera, i.e., casas, caminos y campos agrícolas. En ese entonces, la localidad de Los Jagüeyes era un poblado rural con casas aisladas entre sí, lo cual repercutió en el bajo número de víctimas.

Para identificar cuáles de los elementos en riesgo podrían ser dañados por el futuro deslizamiento, a la fotografía de 1956 (Fig. 4) se le superpuso el mapa con las diferentes partes del deslizamiento real de 1963. En el área que luego sería afectada por el deslizamiento se cartografiaron 7 casas, 160 ha de campos agrícolas, 1.21 km de caminos rurales (no pavimentados) y 1.42 km de senderos. En el caso de las personas, no se conoció el número de habitantes antes de la ocurrencia del deslizamiento, por lo cual no se analizó el riesgo para las personas, aunque sí se dieron criterios sobre su grado de vulnerabilidad.

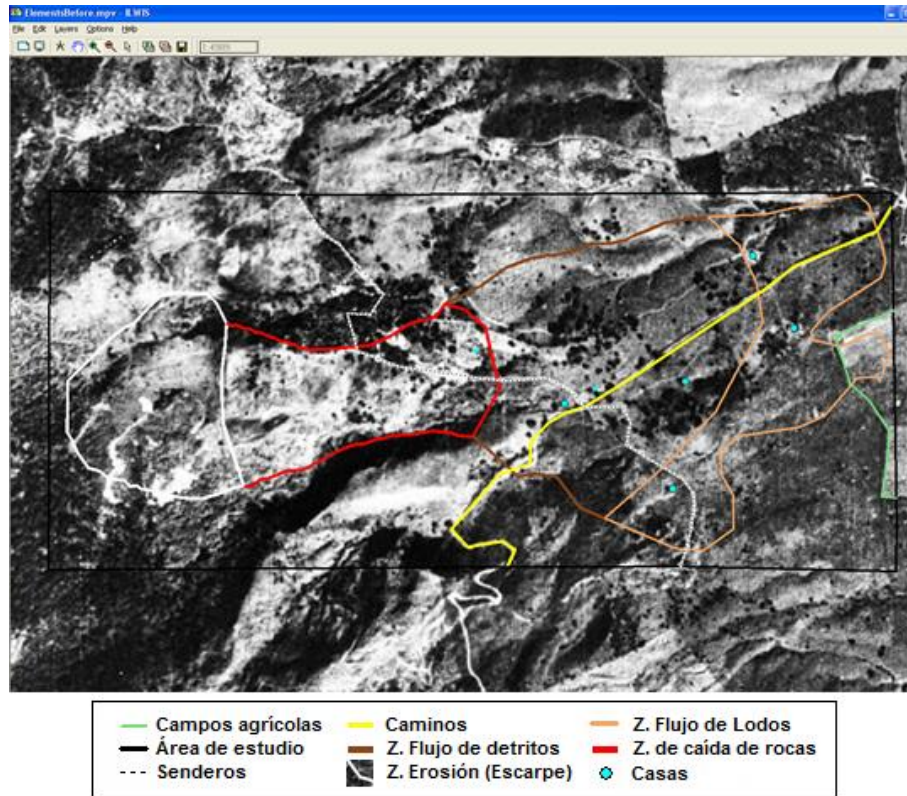


Figura 4. Fotointerpretación para 1956. Superposición de los contornos de las zonas del deslizamiento de 1963 con los elementos en riesgo

Para determinar el posible daño esperado sobre los elementos en riesgo cartografiados, se diseñó un perfil aproximado donde se refleja el efecto del deslizamiento de acuerdo con el comportamiento de este en sus diferentes zonas, según aumenta la distancia desde el escarpe; todo ello basado en la interpretación de la foto aérea posterior al evento (Fig. 5). Este comportamiento está determinado por la principal característica de este deslizamiento: comienza como un deslizamiento de rocas, luego se convierte en un flujo de detritos y finalmente hacia el borde se convierte en un flujo de lodo (Castellanos, 2008). Este hecho está relacionado con la litología del área, donde las calizas (Fm. Yateras) yacen sobre material terrígeno (Fm. Maquey) y cuando se combinan con las intensas lluvias las rocas más gruesas quedan cerca del escarpe, mientras que el material más fino es arrastrado a mayor distancia en forma de lodo.

Perfil del deslizamiento y valores de vulnerabilidad

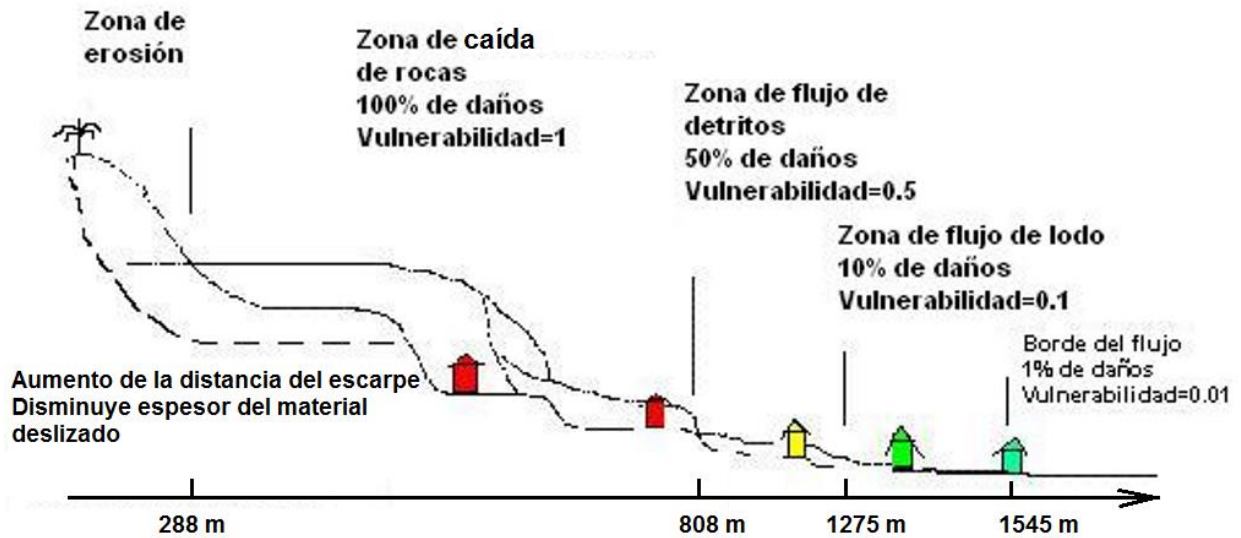


Figura 5. Perfil de zonas del deslizamiento con la distancia y tipo de daño esperado para las edificaciones

Como puede verse en el perfil, la zona de deslizamiento de rocas produciría un gran volumen de rocas que destruirían todas las edificaciones a su paso. No solo las edificaciones, sino también otros elementos localizados en esta zona, ya sean personas, cultivos, ganado, infraestructura, caminos, etc. Esto quiere decir que la probabilidad de daños en cualquier punto dentro de esta zona es de un 100 %; por lo tanto, la vulnerabilidad de cualquier elemento ubicado en esta zona es igual a 1. Al disminuir con la distancia el espesor de la masa deslizada existe un volumen de material menor en la zona de flujo de detritos, aun así es suficiente para causar daños considerables a las edificaciones. En esta zona la probabilidad de daños sobre las edificaciones se considera de un 50 % y la vulnerabilidad 0.5. Sin embargo, la probabilidad de que las personas sufran daños sigue siendo muy alta; por ende, la vulnerabilidad también aquí es igual a 1.

En cuanto a la zona de flujo de lodo, por las características litológicas antes explicadas, el material deslizado estaría muy licuado y con poco volumen. Por ello, la probabilidad de daños sobre las edificaciones disminuye, por lo que se le asignó un 10 % y a su vulnerabilidad un valor de 0.1. El volumen del material continúa disminuyendo a medida que se aleja del escarpe hacia el este, por lo que en el

borde más externo de la zona de flujo de lodo el posible daño a las edificaciones es menor. Debido a esto se asume que este flujo podría afectar al 1 % de las edificaciones. En esta zona el daño a las personas es variable en dependencia de si estas están más hacia adentro o más hacia el borde exterior de la zona. La vulnerabilidad de los viales y las tierras cultivadas fue asumida como 1 en todas las zonas del deslizamiento.

DISCUSIÓN

Con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica y mediante la aplicación de operaciones de superposición entre el mapa de zonas de deslizamiento y el mapa de elementos en riesgo fue posible determinar el número de casas, la longitud de viales y áreas cultivadas en cada zona de deslizamiento. La distribución de estos elementos en riesgo por zonas de deslizamiento y su vulnerabilidad (V) se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de elementos expuestos en cada zona de deslizamiento y su vulnerabilidad (V)

Zona de deslizamiento	Cant. casas	V	Caminos (m)	V	Senderos (m)	V	Áreas cultivadas (ha)	V
Deslizamiento de rocas	1	1.0	0	1.0	281.9	1.0	0	1.0
Flujo de detritos	3	0.5	563.7	1.0	413.0	1.0	0	1.0
Flujo de Lodo	3	0.1	246.4	1.0	172.3	1.0	160	1.0
Total	7		810.1		867.2		160	

Como se expresó anteriormente, la probabilidad de ocurrencia de este deslizamiento para un tiempo de vida útil de 50 años es 0.63. Sin embargo, como interesa calcular las pérdidas producidas por su ocurrencia en 1963 se asume un valor de probabilidad igual a 1 porque en ese año ocurrió el deslizamiento.

Las pérdidas fueron cuantificadas mediante la aplicación de la fórmula $R=P \times V \times C$, donde el riesgo R es el producto de la amenaza o peligro (P) por la vulnerabilidad (V) por la cantidad de elementos en riesgo (C); de ahí que la cantidad de casas dañadas fue de 2.8, la longitud de caminos dañados fue de

810.1 metros, la longitud de los senderos devastados fue de 867.2 metros y 160 ha de áreas cultivadas fueron arruinadas en total por el deslizamiento.

Como puede observarse, las pérdidas para los caminos, senderos y áreas cultivadas en todas las zonas del deslizamiento son del 100 %, ya que de los 867.2 metros de viales expuestos todos fueron dañados. Para las 7 viviendas expuestas al deslizamiento las pérdidas fueron del 40 %, aquí se observó que para la zona de detritos todas las viviendas son dañadas al máximo y a medida que se alejan de esta zona los daños son menores. Las áreas cultivadas sufrieron pérdidas totales. Este nivel de pérdidas indica que este tipo de deslizamiento es muy peligroso.

CONCLUSIONES

Tener en cuenta el análisis del patrón de lluvias del ciclón Flora, como evento catalizador, permitió asumir el período de recurrencia del deslizamiento Los Jagüeyes y con ello estructurar el escenario de amenaza desde el punto de vista de la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal del deslizamiento.

Los resultados obtenidos a través de este análisis evidencian que el nivel de riesgo que puede esperarse con la ocurrencia de un deslizamiento similar al aquí analizado es muy alto. Como se aprecia, el 40 % de las viviendas sufrió daños y en el caso de la población, aunque el número de habitantes no se conoció, se puede inferir que el riesgo para las personas en este tipo de deslizamiento es alto también. Este dato es muy interesante, pues si se tienen en cuenta las condiciones actuales del escenario, donde el número de habitantes en la Sierra de Caujerí y sus inmediaciones ha aumentado, se pudiera esperar un riesgo más elevado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso de Anta, H. M. (2005). La mitigación de los peligros y riesgos provocados por fenómenos naturales en Cuba y la planificación del desarrollo. *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, X(590). Recuperado de <http://www.ub.es/geocrit/b3w-590.htm>

Aleotti, P. & Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 58, 21-44.

Batista, J. L. (2010). Impacto de la temporada ciclónica del 2008 en los recursos hídricos de Cuba. *Revista Voluntad Hidráulica*, 103, 20–30.

Barcia, S. y León, O. (2013). Determinación de la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia de Cienfuegos. *Revista Cubana de Meteorología*, 19(1).

Dai, F. C., Lee, C. F. & Ngai, Y. Y. (2002). Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, 64(1), 65-87.

Castellanos, E. A. (2000). *Design of a GIS-Based System for Landslide Hazard Management, San Antonio del Sur, Cuba, case study* (M.Sc. Thesis). International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Enschede, Países Bajos.

Castellanos, E. A. (2008). Local landslide risk assessment. In E. A. Castellanos Abella, *Multi-scale landslide risk assessment in Cuba*. Utrecht, Utrecht University. ITC Disertation 154.

Chuy, T. (1999). *Macrosísmica de Cuba y su aplicación en los estimados de Peligrosidad y Microzonación Sísmica* (Tesis de Doctorado) (Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cenais) y del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA).

Galbán, L. y Guardado, R. (2016). Modelación del peligro a deslizamientos en el Municipio Santiago de Cuba considerando el peso de las variables determinantes. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, 18(1), 89-99.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Prentice Hall.

Núñez, K. E. (2000). *Geology and Structural Characteristics of the San Antonio del Sur Area, Cuba, Using Data Integration Techniques* (M.Sc. Thesis). International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Enschede, Países Bajos.

Pielke, R., Rubiera, J., Landsea, C., Fernández, M. & Klein, R. (2003). Hurricane Vulnerability in Latin America and the Caribbean: Normalized Damage and Loss Potentials. *Natural Hazards Review*, 4(3). doi 10.1061/(ASCE) 1527-6988 (2003) 4:3 (101).

Planos, E. (1997). *La hidrología operativa: base para el desarrollo de la hidrología aplicada y de los aprovechamientos hidráulicos: experiencia cubana*.

Planos, E., Limia, M., Vega, R., Boudet, D., Hernández, M. (2011). *Las grandes precipitaciones y las precipitaciones intensas en Cuba: causas y características* (Informe científico del Proyecto 0801 Programa Ramal Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial). La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.

Planos, E. (marzo, 2013). Enfoque integrado de los estudios de peligro por grandes precipitaciones y precipitaciones intensas. *Aqua-LAC*, 5(1), 84 - 92.

Seisdedos, G., Reyes, C. R., Guasch, F. y Avich, B. (2001). *Atlas de Peligros Naturales del municipio Guamá, provincia de Santiago de Cuba*. Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. La Habana: Editorial Academia.

UNDRO (1979). *Natural disasters and vulnerability analysis. Report of Expert Group Meeting*. Geneva, Suisse: Office of the United Nations Disaster Relief Organization.

UNDRO (1991). *Mitigation Natural Disaster: Phenomena, Effects and Action- A manual for Policy makers and Planners*. Geneva, Suisse: Office of the United Nations Disaster Relief Organization.

Zapata, J. A. (1995). *Utilización de variantes metodológicas de microzonación sísmicas aplicadas en la ciudad de Santiago de Cuba* (Tesis de Doctorado) (Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cenais) y del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA).

Recibido: junio de 2017

Aprobado: diciembre de 2017