



INTENSAS LLUVIAS Y SISMOS ELEMENTOS DISPARADORES EN LA FORMACION DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE HOLGUIN.

*Yexenia Viltres-Milán¹. Ingeniera Geóloga, Profesor Instructor. Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Reparto Las Coloradas, s/n, CP. 83329. Cuba. yvmilan@ismm.edu.cu,
Rafael Guardado-Lacaba². Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor Titular. Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Reparto Las Coloradas, s/n, CP. 83329. Cuba. rguardado@ismm.edu.cu,*

RESUMEN.

La provincia de Holguín es una de las provincias de mayor incidencia económica en el país. Grandes reservas de níquel y cobalto se extienden en su territorio, así como otros recursos minerales; oro, cromo, zeolitas, y materiales de construcción. Posee importantes playas, que brindan al turismo una fuente de ingreso a la economía del país. Holguín está ubicado en el nordeste del país y se ve afectada por sismos, e intensas lluvias en las regiones montañosas Mayarí, Sagua, Moa; originadas por los huracanes, frentes fríos, y las tormentas tropicales. Estos escenarios ofrecen condiciones ingeniero geológicas peculiares que han desencadenado deslizamientos de diferentes tipos, de intensidad y magnitud variable en las laderas y taludes causando lamentables pérdidas económicas y ambientales. El clima y la geomorfología poseen un notable impacto en las rocas provocando potentes cortezas de intemperismo. La región montañosa esta representada por su tectónica, neotectónica y su historial sismológico de los últimos 100 años. Dos factores; los sismos y las intensas lluvias constituyen los elementos disparadores de los deslizamientos, los autores en el presente trabajo tiene como objetivo presentar un análisis de la incidencia de estos factores en la formación de los deslizamientos en la provincia, presentando el análisis cartográfico que permite una mejor interpretación de los riesgos por deslizamientos en la provincia.

Palabras claves: *deslizamientos, factores disparadores, intensas lluvias, sismos.*

INTENSAS LLUVIAS Y SISMOS ELEMENTOS DISPARADORES EN LA FORMACION DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LA PROVINCIA DE HOLGUIN.

Yexenia Viltres-Milán¹. Ingeniera Geóloga, Profesor Instructor. Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Reparto Las Coloradas, s/n, CP. 83329. Cuba. yvmilan@ismm.edu.cu,
 Rafael Guardado-Lacaba². Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor Titular. Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Reparto Las Coloradas, s/n, CP. 83329. Cuba. rguardado@ismm.edu.cu,

Introducción.

La provincia Holguín está situada al noreste de la región oriental de Cuba y posee una extensión superficial de 9 293 km² incluyendo los cayos adyacentes, ocupa el cuarto lugar en extensión en el país. Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con las provincias de Granma y Santiago de Cuba, al este con Guantánamo (por la zona de Baracoa) y al oeste con Las Tunas. Está dividida, política y administrativamente en 14 municipios

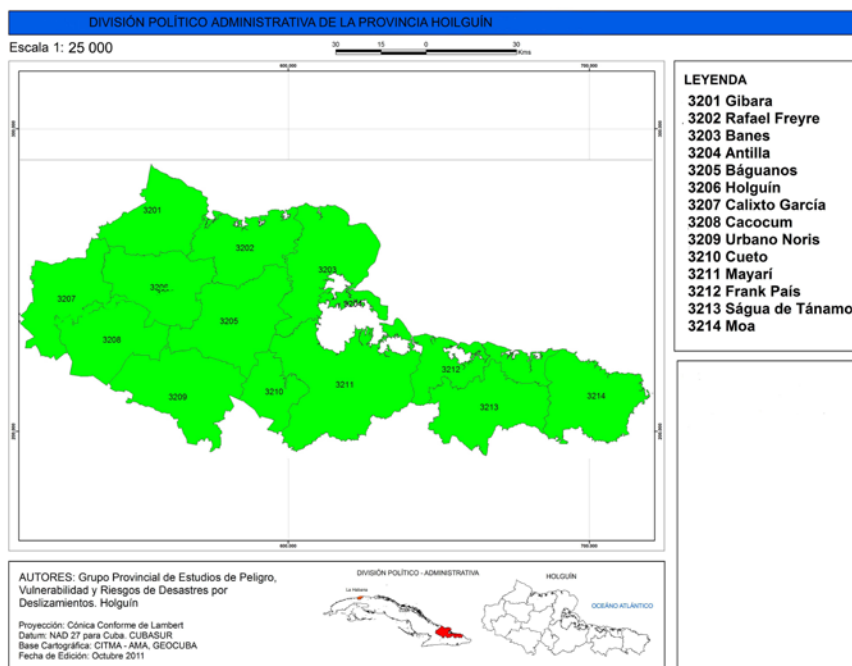


Figura 1: División Político-Administrativa. Grupo Provincial de Estudios de PVR por Deslizamientos de la provincia de Holguín octubre 2011.

En su geografía física tiene cuatro grandes unidades de relieve: las alturas de Maniabón, la llanura del Cauto, la llanura de Nipe y las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa. Su altura máxima es el pico Cristal con 1 240,7 m. En estas zonas se localizan el Parque Nacional Pico Cristal (Monumento Nacional) y el Alejandro de Humboldt, sitio natural, patrimonio mundial, que fue declarado por la UNESCO, Patrimonio de la Humanidad en el 2001.

Su hidrografía está representada por los ríos Mayarí, Gibara, Cacoyugüin, Sagua de Tánamo, Tacajó y los embalses Gibara, Cacoyugüin, Nipe, Nuevo Mundo y Sabanilla y las bahías de Gibara, Banes y Nipe como principales.

El clima se caracteriza por una temperatura media anual que varía desde la costa hacia el interior; en la faja del litoral y media oscila entre 26^o-27^o C, y del interior hacia el oeste entre 24^o-26^o C. En la zona central, al igual que en la este debido a los factores orográficos, desciende con la altura desde los 23^o C hasta los 17^o C. Dada la posición geográfica de Cuba en el Mar Caribe, su formación insular y el clima cálido tropical estacionalmente húmedo, con influencia marítima, con rasgos de semicontinentalidad que la caracteriza, con dos estaciones fundamentales en el año, una de seca (noviembre- abril) y otra de lluvias (mayo–octubre) se condicionan de manera significativa, los riesgos ante peligros de origen natural (hidrometeorológicos y geológicos).

Las precipitaciones son menores en la zona Oeste, donde se registra un valor medio anual entre 1 000mm y 1200 mm, que aumenta progresivamente hacia el Este hasta alcanzar valores entre los 1 500mm y 2000 mm.

Las principales afectaciones climáticas en la provincia se relacionaron con las intensas lluvias que generaron inundaciones, desbordamientos de ríos y presas, deslizamientos, y otros fenómenos. Holguín, después de una severa sequía de más de 10 años, en el 2007 ocurrió un sistema climático que provocó intensas lluvias e inundaciones en la región, en el 2008, las lluvias torrenciales provocadas por los frentes fríos del invierno todo agravados por los procesos de cambio climático que hoy inciden en la región. En los últimos años, esta región del país ha sido afectada

2. Tipos de deslizamientos en la provincia de Holguín.

Los deslizamientos tienen la propiedad de mover y cambiar la configuración de las laderas y los taludes del terreno, creando un relieve característico. En la provincia los deslizamientos por su escala y formas son variables, y su tipología esta en dependencias de los tipos de rocas y/o suelos. En el proceso de traslación, las rocas y/o suelos se deslizan por una determinada superficie de fallo, generando diversas formas estructurales de la masa deslizada, con la pérdida de resistencia y estabilidad de los materiales que lo conforman, las condiciones hidrogeológicas cambian, indicándonos que las rocas en la ladera o el talud han perdido la estabilidad.

Los deslizamientos en la provincia se forman en sectores con un determinado tamaño que puede ser pequeño, mediano y grande según el volumen de material desplazado. La mayoría se ubican en el macizo montañoso Mayarí-Sagua-Moa, este macizo está asociado al complejo ofiolítico del sector oriental de la provincia, el cual posee laderas asociadas a potentes cortezas de meteorización, y laterización de las rocas, que poseen un alto grado de alteración tectónica; fallas y grietas.

Con frecuencia un tramo deslizado se agrupa con otros conformando un macro deslizamiento. Los macro deslizamientos son característicos en el municipio de Moa y Mayarí. Aparecen otros aislados como es el caso del sector occidental de la provincia donde la litología es variable.

Cada deslizamiento posee uno u otro grado de estabilidad. Cuando las masas de rocas se han deslizados y las causas de las fallas quedan eliminadas temporalmente o por completo, el deslizamiento se puede considerar estable. En caso que las causas quede eliminado parcialmente el deslizamiento resultaran inestables, este es el mayor caso de los deslizamientos analizados en la provincia.

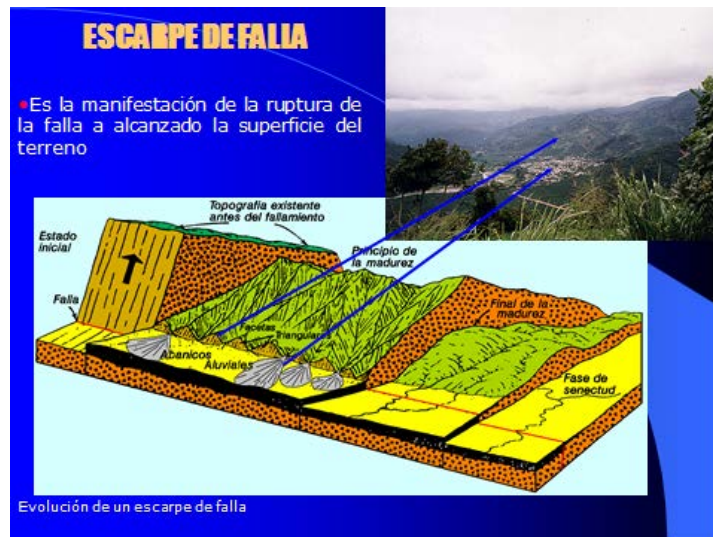


Figura 3. Desarrollo y evolución del relieve de un escarpe de falla ante la incidencia de los fenómenos de deslizamientos y la erosión.

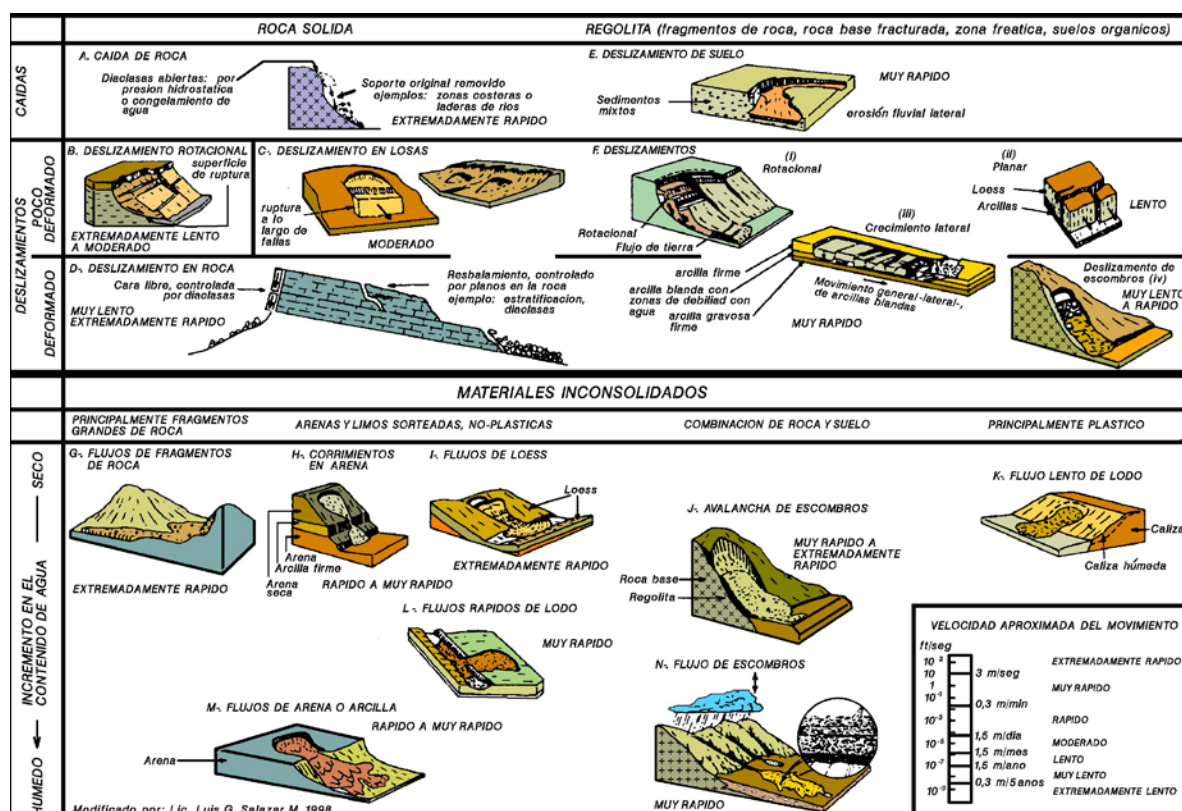
Existen varias clasificaciones de deslizamientos basadas en el mecanismo de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados. Para la provincia se empleó la clasificación propuesta por Corominas y García (1997) donde hemos diferenciado los siguientes tipos de movimientos, tabla 1:

Desprendimientos o caídos: es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente que, en una gran parte de su trayectoria desciende por el aire en caída libre, volviendo a entrar en contacto con el terreno, donde se producen saltos, rebotes y rodaduras.

Deslizamientos: son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o traslacionales.

Flujos: son movimientos de una masa desorganizada o mezclada, donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas. Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas.

Tabla 1. Clasificación de los deslizamientos tomando en consideración el tipo de rocas y la dinámica del movimiento.



Los deslizamientos producidos en la provincia están relacionados con el tipo de roca y/o suelo que compone la ladera y el talud, su humedad, el relieve, la situación geotectónicas, sus propiedades físico mecánicas, y la actividad antrópica.

3. Causales y condicionales que favorecen el surgimiento y desarrollo de los deslizamientos.

Como se ha mencionado anteriormente, cada deslizamiento cambia la morfología de la ladera o del talud. Esto sucede por efecto de la gravedad y otras fuerzas que hacen posible el movimiento de la masa de roca o suelo y es solo posible cuando estas fuerzas motoras superan las fuerzas de resistencia de las rocas y esta queda debilitada hasta un punto donde pierde la estabilidad. Cuando es alterado este equilibrio, resulta inevitable el desplazamiento del macizo rocoso ya sea lento o rápido. En este caso el factor de seguridad será la unidad la ladera estará en un equilibrio, y será más estable cuanto mayor sea este es decir:

$$F_s = \frac{f \sum N + CL}{\sum 1} \geq 1$$

Donde F_s es el factor de seguridad

Que provoca que este equilibrio se rompa y falle la ladera o el talud? Cuando las fuerzas motrices en este caso el agua de lluvia que se infiltra y carga la ladera genera fuerzas motrices hidrostática y/o hidrodinámica que de conjunto con la gravedad hacen fallar el talud o la ladera. En la figura 4 se representa un gráfico del factor de seguridad contra tiempo, como se puede observar el componente lluvias intensas condicionara la causa del deslizamiento. Ver figura 4.

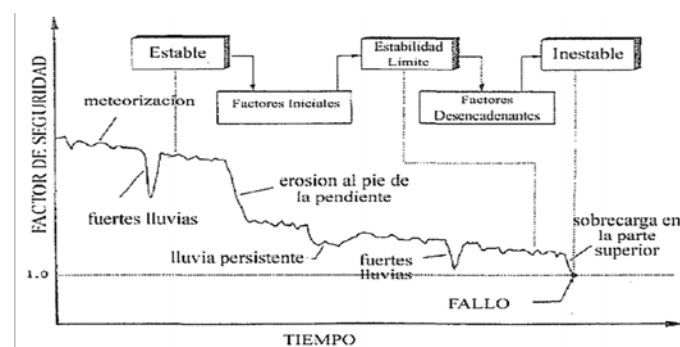


Figura 4. Efectos provocados en los taludes por la acción de las intensas lluvias.

En la provincia los deslizamientos por su escala y formas son variables según los tipos de rocas, las causales de alteración de su equilibrio, dinámica de desarrollo de los procesos y otras características.

Susceptibilidad por factor Lluvia.

REGIMEN DE LLUVIAS

El agua es el factor que más comúnmente se le asocia con las fallas de los taludes y laderas, debido a que la mayoría de los deslizamientos ocurren después de lluvias intensas o durante periodos lluviosos y el control del agua subterránea es uno de los sistemas más efectivos para la estabilización de deslizamientos. La precipitación es el volumen o altura de agua lluvia que cae sobre un área en un período de tiempo, la cual tiene una influencia directa en la infiltración y en el régimen del agua subterránea, y a su vez afecta la estabilidad de taludes o laderas. El estudio de la

precipitación para analizar su efecto sobre los taludes puede realizarse desde varios puntos de vista.

En la provincia de Holguín el factor disparador por lluvia es uno de los componentes causal de los deslizamientos. Este factor por lluvia, se evaluó considerando una data histórica de: veinte años de la cual se tomaron valores de precipitaciones de una vez cada 5 años, una vez cada 10 años y por últimos veinte años, correspondientes a 136 pluviómetros, distribuidos por todo el territorio y en zonas cercanas pertenecientes a las provincias limítrofes debido a que un volumen significativo de lluvia escurre hacia Holguín. Este resultado se consolida en la tabla 2:

Tabla 2: Precipitaciones de la provincia Holguín. INRH Holguín 2011.

PRIMER RANGO UNA VEZ CADA 5 AÑOS	SEGUNDO RANGO UNA VEZ CADA 10 AÑOS	TERCER RANGO UNA VEZ CADA 20 AÑOS
Menos de 175 mm/24 horas	Entre 175 y 260 mm/24 horas	Más de 260 mm/24 horas

La mayoría de los deslizamientos que ocurren en la provincia están relacionados con eventos de lluvias. Si se conoce con cierta precisión el comportamiento hidrogeológico del medio esto nos podrá brindar la posibilidad de pronosticar la ocurrencia de deslizamientos, flujos o avalanchas, relacionados con estos eventos, lo cual permitiría activar programas de manejo de riesgos por deslizamiento. Sin embargo la mayoría de los deslizamientos ocurren en condiciones geológicas complejas y la modelación hidrogeológica es difícil. En la figura 5 aparece los elementos causales del deslizamiento por las intensas lluvias en la provincia, las infiltraciones al macizo rocoso generan cargas hidrostáticas e hidrodinámica, esta aguas en el cuerpo del macizo inciden en el cambiando su estabilidad, y al mismo tiempo aumenta la presión de poros provocando que las fuerzas motrices superen las resistente y el medio falle formando un deslizamiento figura 5.



Figura 5. Causa de fallo por deslizamientos por intensas lluvias

Son las intensas lluvias las que más efecto provocan sobre la ocurrencia de deslizamientos. Las lluvias en el sistema que comprende el macizo montañoso Mayarí-Sagua-Moa genera la zona de convergencia de los eventos por deslizamientos. Estos fenómenos geológicos están relacionados con variaciones de esta zona de convergencia de lluvias intensas, las cuales actúan como disparador (figura 5) generando los deslizamientos que tienen lugar en esta región de la provincia de Holguín.

AGUAS SUBTERRANEAS

Adicionalmente a la gravedad las aguas subterráneas son el factor más importante en la estabilidad de taludes. Las aguas subterráneas pueden afectar la estabilidad de taludes en cinco diferentes formas:

1. Reduce la resistencia
2. Cambia los constituyentes minerales a través de alteración química y solución
3. Cambia la densidad del terreno
4. Genera presiones de poro
5. Causa erosión

La determinación de las características del agua subterránea puede realizarse utilizando la teoría de flujo basado en la ley de Darcy. Existe una gran cantidad de soluciones gráficas, numéricas y software para la solución de los problemas de flujo de aguas subterráneas (Abramson y otros, 2002).

Este factor, intensas lluvias, ejerce gran influencia en el desarrollo de los movimientos de masas, al incidir directamente sobre el medio geológico. Los deslizamientos antiguos activos presente en la región de Moa, Sagua de Tánamo, y Mayarí, han provocado a su vez otros movimientos de masa muy sensitivos a lluvias aún de poca intensidad generando lo que podemos denominar un campo de deslizamientos. Se puede observar que generalmente las intensas lluvias tienen su efecto sobre la estabilidad de los taludes en la medida en que en el macizo aparezcan estos campos de deslizamientos. Figura 6.

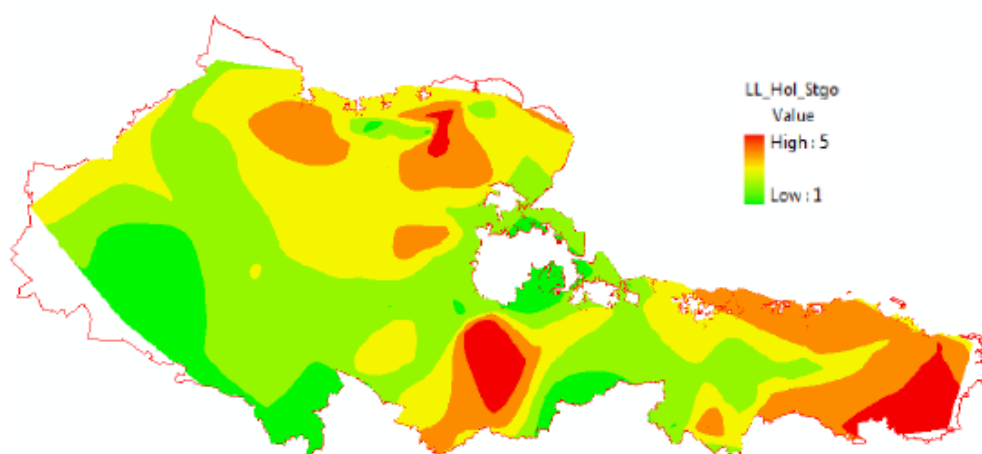


Figura 6. Mapa de lluvias de la provincia asociada a la susceptibilidad de los deslizamientos, 1:25 000 INRH. Holguín-AMA Holguín, 2011.

El mapa de susceptibilidad por factor lluvia, muestra que hacia las zonas sureste, centro y sur, los valores de lluvia media anual son muy elevados, llegando alcanzar rangos entre 1600 y mayores de 2150 mm. Al correlacionar esta información con el mapa de inventario de deslizamientos, se observa claramente que por encima de estos valores se originaron la mayoría de los deslizamientos reportados. Figura 7.

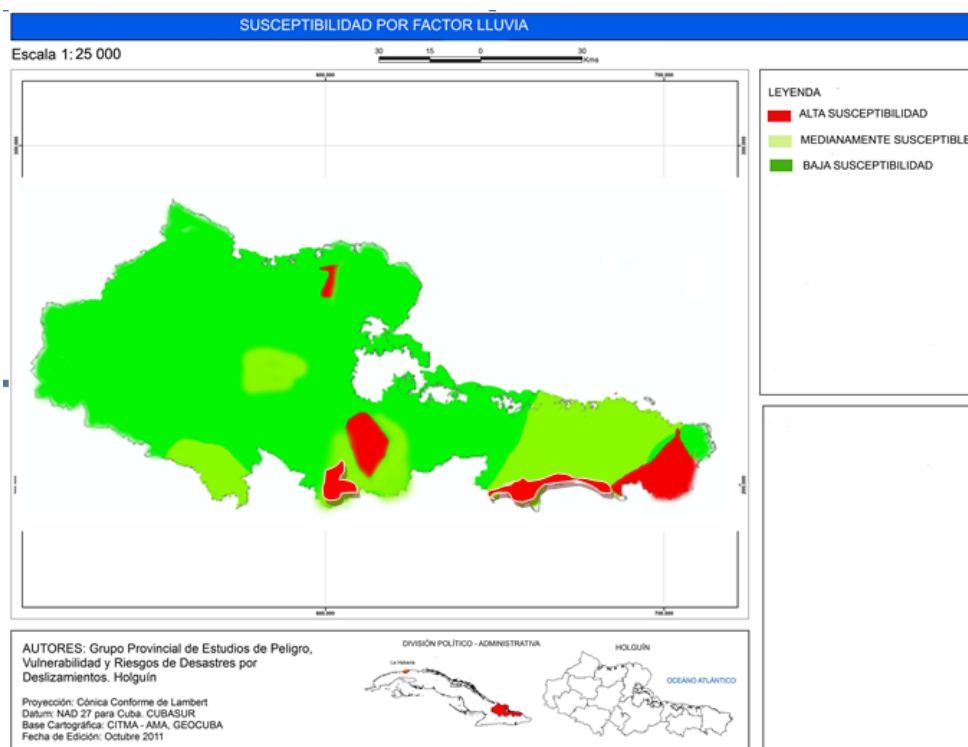


Figura 7: Mapa de Susceptibilidad por lluvias.

Este factor, lluvia, actúa principalmente provocando una saturación del macizo rocoso, al infiltrarse al agua a través de las grietas y poros va lixiviando el relleno que mantiene unido al material rocoso lo que origina un aumento de la masa del macizo provocando el desprendimiento del mismo a través de zonas de debilidad.

El mapa de peligrosidad por precipitación media anual, figura 7, se divide en cinco clases (muy alta, alta, moderada, baja y muy baja), tabla 3. La clase de peligrosidad muy baja representa el 14,88% del área total; la peligrosidad baja, representada un 25,43% del área total; la clase moderada ocupa la mayor extensión del área (41,7%); las peligrosidades alta y muy alta ocupan un 12,54% y 5,45% del área total respectivamente.

El resultado del trabajo arrojó que las zonas más susceptibles por el factor lluvia se localizan en Mayarí, Sagua, Moa y en menos medida en la zona de Banes, resultado que se observa en el mapa figura 7.

Tabla 3. Caracterización de la peligrosidad por la precipitación media anual.

Clases de Peligrosidad	No. de Píxel	Por ciento del área total
Muy Alta	105 476	5,45
Alta	242 460	12,54
Moderada	806 274	41,7
Baja	491 677	25,43
Muy baja	287 794	14,88

Sismicidad y deslizamientos en ladera en la provincia de Holguín Mora-Castro S., Diego-Morales L.,2006.

Susceptibilidad por deslizamiento según el factor sísmico.

Los sismos han tendido largo reconocimiento como la mayor causa de los deslizamientos. Los deslizamientos activados por sismos han causados grandes daños económicos y pérdidas de vías humanas en varios países del continente americano Costa Rica (1888, 1911, 1912, 1924, 1952, 1955, 1973, 1983), Huaraz, Perú (1970), Colombia (1994) Salvador (2001) Haití (2010) Chile (2010). Mora-Castro, Diego-Morales L, 2006., Plafker G., Ericken G., Fernandez-Concha J. 2006, USGS(2006,). Huezco V., 2006., Kramer S (1996) ,. Cuando tiene lugar un sismo se generan fuerzas iniciales dentro de la ladera las cuales aumentan las fuerzas cortantes en la superficie de los deslizamientos lo que provoca los diversos movimientos de masas; flujos, deslizamientos, desprendimientos, etc., según las características intrínsecas de la ladera, relieve, tipos de rocas y suelo con su propiedades geotécnicas, nivel freáticos, además de la magnitud del sismo y su distancia al epicentro.

La provincia Holguín se ubica dentro de una región sísmicamente activa figura 8. La sismicidad actúa como detonantes de los movimientos de las laderas y/o taludes generando diferentes tipos de deslizamientos.

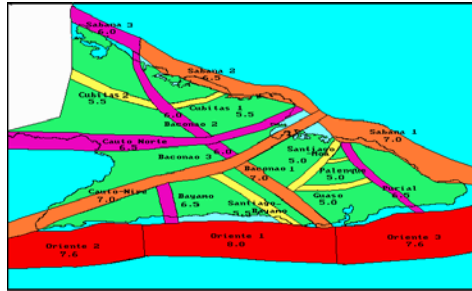


Figura 8. Mapa de zonas sismogeneradoras del Oriente Cubano.

Los estudios de la sismicidad de la provincia de Holguín indican que las zonas de mayor intensidad de los sismos son los municipios del este de la provincia, Mayarí-Moa, figura 9

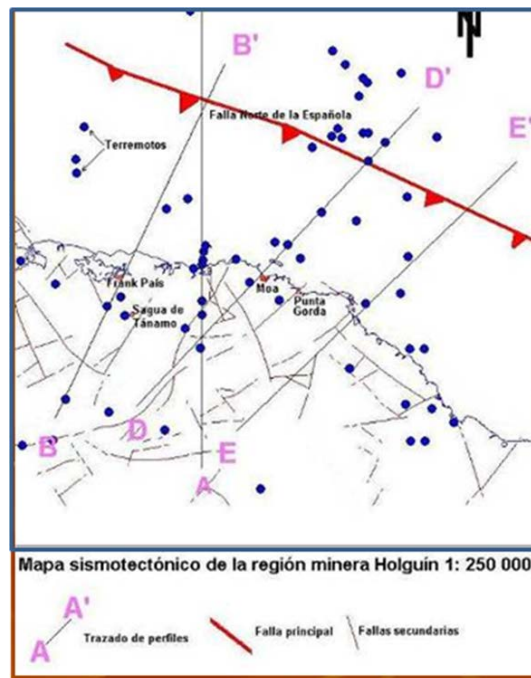


Figura 9. Mapa sismotectónicos de la región noreste de Holguín. 1:250 000 (Arango et al, 2008)

Otros municipios presentan sismicidad de moderada a baja. Los movimientos sísmicos que tienen lugar en la región pueden activar aquellos deslizamientos existentes o provocar nuevos movimientos de masas. En el caso de un sismo existe el efecto de incrementa la fuerza al cortante, del aumento de la presión de poros y

deformaciones asociadas con la onda sísmica; pudiéndose llegar a el fallo y hasta la licuación, en el caso de suelos granulares saturados.

Según los diversos sismos ocurridos en Moa existen evidencias del aumento de deformación y fracturación en rocas serpentinizadas y taludes de corteza de meteorización.

En los suelos de corteza laterítica, ahí presente, los sismos producen la apertura de discontinuidades la fractura de los materiales y en ocasiones aumentos importantes de la presión de poros dentro de las discontinuidades. La licuación en el momento de un sismo es un fenómeno grave en taludes saturados con cohesión baja en las discontinuidades. En taludes de gran altura se puede producir el fenómeno de resonancia. Figura 10.



Figura 10. Cortes en rocas serpentinizadas y cortezas de meteorización, sismo de diciembre 1998 en Moa.

Keefer, clasificó los tipos de deslizamientos ocurridos durante los sismos. El número de deslizamiento fue determinado por conteo directo o por delimitación de las áreas afectadas por deslizamientos y estimo el número de deslizamiento por unidad de área. Las calibraciones ha usado mediciones de campo, medidas sobre fotografías aéreas o cósmicas y mapas detallados de deslizamientos inducidos por sismos en diferentes terrenos de algunos terremotos. Estos deslizamientos originados por terremotos de magnitudes comprendida entre 4.0 a 6.1 se brinda en la tabla 4, los

tipos de deslizamiento que pueden ocurrir según las magnitudes del terremoto.

Tabla 4: Posibilidad de deslizamientos causados por sismos (Keefer, 1984)

Magnitud del sismo	Tipo de deslizamiento producido
4.0	Caídos de roca, deslizamientos de roca, caídos de suelo y alteración de masas de suelo.
4.5	Deslizamiento de translación, rotación y bloques de suelo.
5.0	Flujos de suelo, esparcimientos laterales, deslizamientos subacuáticos.
6.0	Avalanchas de roca.
6.5	Avalanchas de suelo

Los estudios de la sismicidad reflejados en el mapa de susceptibilidad de deslizamiento por el factor sísmico de la provincia de Holguín indican que los municipios de Moa, Frank País, Sagua de Tánamo y Cueto presentan una alta activación de la zona la que la podemos ubicar como una zona de alta peligrosidad para el surgimiento de grandes deslizamientos en esta región. Figura 11.

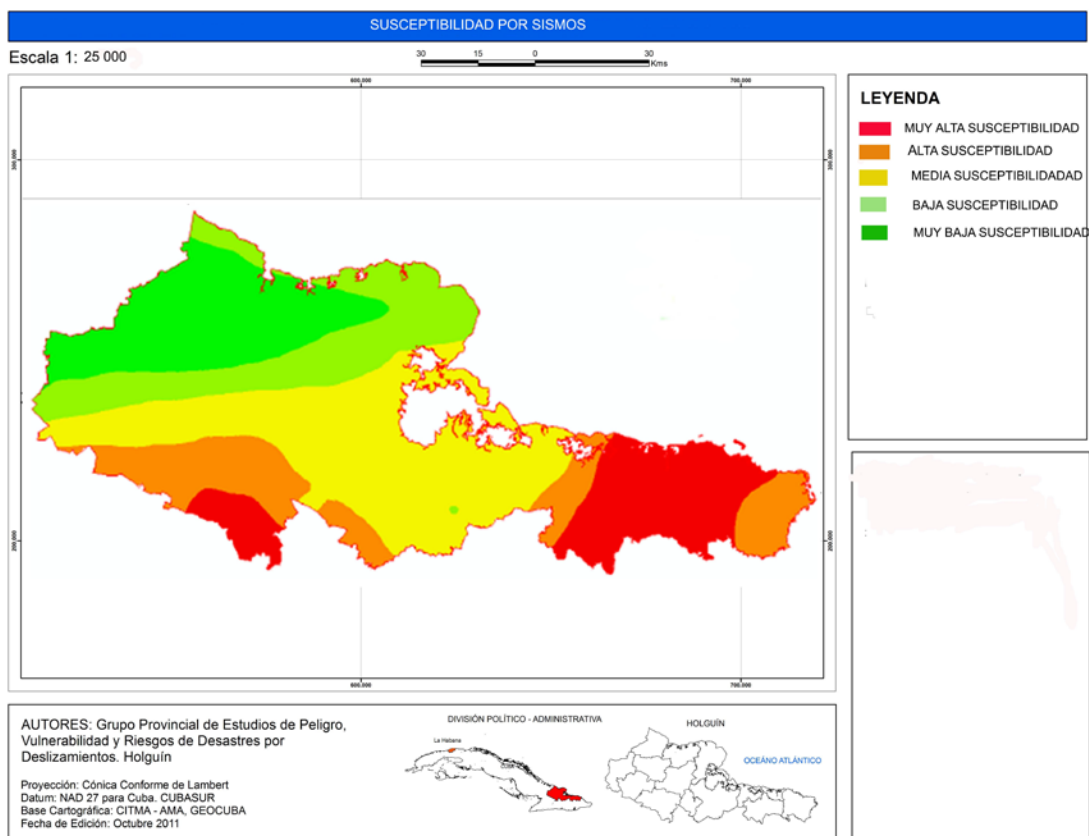


Figura 11. Mapa de susceptibilidad de deslizamientos por el factor sísmico.

La combinación entre los factores disparadores (lluvias intensas y sismos) y con los mapas geomorfológicos, litológicos e hidrogeológicos, basado en la determinación de condiciones de inestabilidad de ladera según la cartografía SIG empleada permite identificar y clasificar distintos niveles de susceptibilidad. Se considera que el grado de susceptibilidad al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los factores de disparo.

Resultados y Discusión.

Se identificaron en la provincia un total de 40 zonas con deslizamientos de tierras históricos (datos que se tiene a partir del ciclón Flora [octubre de 1963] hasta la actualidad) y se clasificaron un total de 32 zonas de peligro divididas en dos grupos: Zonas de Macro-deslizamientos y Zonas de Deslizamientos. Los factores externos y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos), actúan como factores de disparo alterando el equilibrio de la ladera o talud mayoritariamente en la zona noreste de la provincia (Mayarí-Sagua-Moa).

En el caso específico de la lluvia cómo factor de disparo se consideraron las intensidades de lluvias potencialmente generadoras de deslizamientos, se utiliza la lluvia máxima en 24 horas con un período de retorno de 50 años, aplicando la distribución de valores extremos. Se tuvieron en cuenta las características climatológicas en la determinación de la estabilidad o inestabilidad de las laderas.

Los principales macro-deslizamientos de la provincia se concentran en la zona que ocupa el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. En esta zona precipitaciones mensuales inferiores a 125 mm no conducen a un aumento de la humedad del terreno, mientras que una precipitación entre 125 y 250 mm si la incrementa, y precipitaciones mensuales superiores a 250 mm conducen a una humedad del suelo muy alta y por ende se incrementa el peligro.

En los últimos años esta región ha sido afectada por sismos considerando este factor como disparador. El potencial de generación de deslizamientos por actividad sísmica se correlacionó con la escala de intensidades. Se utilizaron los datos sobre aceleraciones pico entregado por el Centro Nacional de Investigaciones Sísmicas (CENAI) para establecer los valores correspondientes del parámetro de disparo por sismicidad (Ds). Los municipios con mayores afectaciones por sismos son: Moa Sagua de Tánamo y Mayarí.

La activación de un deslizamiento generalmente está relacionada con cambios del relieve provocado por el propio movimiento de la masa deslizada. Las intensas lluvias y los sismos son los factores disparadores de mayor fuerza para poner en movimiento grandes volúmenes de rocas y suelos. En teoría todos los taludes son estables hasta tanto se modifique su equilibrio actual y se produzca un deslizamiento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- Abramson L.W., Lee T.S., Sharma S., Boyce G.M.. (2002). "Slope Stability and Stabilization Methods". J.Wiley & Sons.
- Abramson L.W., Lee T.S., Sharma S., Boyce G.M. (1996). "Slope stability and stabilization methods. John Wiley and Sons, New York, 629 p.
- Arango et al 2008., Nuevos criterios acerca de las características sismo geodinámicas del extremo nororiental de Cuba. *XII GEOCIENCIAS, Sociedad cubana de Geología, Palacio de Convenciones, la Habana, 2008.*
- Corominas, J. 1987. "Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera". Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME, Madrid.193-201 p.
- Corominas J. y García, A., 1997: "Terminología de los movimientos de laderas (conferencia)". IV Simp. Nac. Sobre taludes y laderas inestables, Granada. Vol. (2): 320329.
- Colectivo autores, 2011. Estudio de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgos por deslizamientos de la provincia de Holguín Informe final. AMA Holguín.
- Earthquake Damage-General (on line)
http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/slideset/1/1_thumbs.shtml, 21 junio 2006.
- Huezco V., (abril 2004) Sismos en El Salvador 1900-2001; Contexto. Servicio Nacional Territoriales, (on line),
www.snet.gob.sv/Riesgo/analisis/SISMOSELSALVADORyCA.pdf, 21 junio 2006-
- I.C.G.C., 1985. "Mapas Topográficos de la República de Cuba, Provincia Holguín. Escala 1:25 000. Edición 1 E-821, Cuba.
- I.G.P., 2001. "Mapa Geológico de las Provincias Orientales". Escala 1:100 000. Edición digital por el grupo CASIG-IGP, Cuba.

I.G.P., CENAI, GEOCUBA ORIENTE NORTE, 2008. "Valoración de la amenaza sísmica en la región minera del noreste de Holguín". Reporte Etapa I: Grado de estudio geólogo - geofísico, geodinámico y sismológico. Obtención del modelo sísmo tectónico preliminar. s.l. : 44 p.

Kramer S (1996) Geotechnical Earthquake Engineering, Editorial Prentice Hall, New Jersey.

Mora-Castro S., Diego-Morales L.,2006, Los sismos como fuentes generadoras de deslizamientos y su influencia sobre la infraestructuras y líneas vitales de Costa Rica (online), http://www.crid.or.cr/crid/CD_CNE/pdf/spa/doc337/doc/337.contenido.pdf 15 junio 2006.

Plafker G., Ericken G., Fernandez-Concha J., Geological aspects of the May 31, 1970, Peru earthquake. U.S. Geological Survey, <http://Bass.Geosciencesworld.Org/Cgi/Content/Abstract/61/3/543/>, junio, 2006.

USGS (13 October 1999) Earthquake and Rainfall Triggers Landslides and Lahar Mt. Ontake Volcano, Japan September 14, 1984. Volcano Hazard Program (on line) <http://volcanoes.usgs.gov/Hazard/What/Lahars/OntakeLahar.html>, 20 junio 2006.

USGS (20 junio 2002) Earthquake on June 6, 1994, Triggers Landslides and Catastrophic Lahar Near Nevado del Huila Volcano, Colombia Volcano Hazard Program (on line) <http://volcanoes.usgs.gov/Hazard/What/Lahars/HuilaLahar.html>, 20 junio 2006.