

**EFFECTIVIDAD DE LA METODOLOGÍA MORA-  
VAHRSON MODIFICADA EN EL CASO DE LOS  
DESLIZAMIENTOS PROVOCADOS POR EL  
TERREMOTO DE CINCHONA, COSTA RICA**

**EFFECTIVENESS OF THE MODIFIED MORA-VAHRSON  
METHODOLOGY IN THE CASE OF LANDSLIDES  
CAUSED BY THE CINCHONA EARTHQUAKE,  
COSTA RICA**

*Gustavo Barrantes Castillo \**

*Omar Barrantes Sotela \*\**

*Oscar Núñez Roman \*\*\**

**RESUMEN**

Uno de los primeros pasos en la gestión de riesgos por deslizamiento es la determinación de las zonas de amenaza, para esto existen una serie de modelos, cada cual con un nivel de complejidad y detalle, cuya selección dependerá del tipo y calidad de datos disponibles en cada región, así como de utilidad de la información generada para el tomador de decisiones. Uno de los modelos más ampliamente utilizados en la región centroamericana es denominado Método Mora-Vahrson, del cual

---

\* Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional Heredia. Correo electrónico: gbarrantes@gmail.com

\*\* Estudiante Asistente Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional Heredia. Correo electrónico: obarrantes@gmail.com

\*\*\* Estudiante Asistente Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional Heredia. Correo electrónico: oscarnuz1986@hotmail.com

Fecha de recepción: 20 de enero de 2011  
Fecha de aceptación: 16 de Mayo de 2011

se analizaran ex-poste al terremoto de Cinchona, con la finalidad de valorar su precisión, en virtud de su simplicidad y fácil aplicación.

**Palabras clave:** Desastres naturales, deslizamientos, terremoto de Cinchona.

#### ABSTRACT

One of the first steps in the landslide risk management is the identification of hazardous areas. For this there are a number of models, each with its own level of complexity and detail. The selection will depend on the type and quality of available data in each region, as well as usefulness of the information generated for the decision maker. One of the most widely used in Central America is called the Mora-Vahrson method, which will be analyzed post the Cinchona earthquake in Costa Rica in order to assess its accuracy, by virtue of its simplicity and easy application.

**Keywords:** Natural disasters, landslides, Cinchona earthquake, Costa Rica

#### Introducción

Los eventos sísmicos que ocurren en Costa Rica están asociados a las condiciones geodinámicas presentes en la región, principalmente como consecuencia de los movimientos de las placas tectónicas Cocos, Caribe y el Bloque de Panamá. Con base en los registros históricos e instrumentales, a partir del siglo XIX, se registran 48 terremotos, 21 de los cuales son debidos a fallamiento local (RSN: ICE-UCR, 2009).

Los desastres originados por movimientos sísmicos, suelen estar acompañados por efectos indirectos, tales como los deslizamientos y la licuefacción, tal como ocurrió en el terremoto de Limón de 1991 (Chacón, 1993).

El 8 de enero del 2009 ocurrió un sismo de magnitud de 6,2 Mw, aproximadamente a 6 km de profundidad, producto del desplazamiento ocurrido en el sistema denominado falla Ángel – Carablanca, se trató de un fallamiento de oblicuo en dirección aproximadamente NW\_SE, cuya ruptura se extendió por unos 12 km en horizontal y unos 6 km en su inclinación en profundidad (RSN: ICE-UCR, 2009). A consecuencia del mismo se generaron deslizamientos de importantes proporciones que se sumaron al desastre conocido como “el Terremoto de Cichona” que cobró la vida de 25 personas.

La mayor intensidad registrada fue de IX, muy localizada en los alrededores de las localidad de Cinchona, las intensidades en las demás poblaciones aledañas fueron de entre VII y VIII (RSN: ICE-UCR, 2009). Esta sacudida sísmica dejó como resultado pérdidas estimadas en 280.765

millones de colones (unos US\$492 millones) afectando principalmente infraestructuras tales como: puentes, caminos, viviendas, iglesias, líneas de transmisión eléctrica y las represas hidroeléctricas de Toro II y Cariblanco (Laurent, 2009).

Es común esperar que un terremoto provoque deslizamientos, principalmente si éste se presenta en áreas con fuerte pendiente, tal como fue el caso con el Terremoto de Cinchona. Debido a que este tipo de eventos puede producir grandes pérdidas resulta de vital importancia determinar la amenaza que representan antes de que se presenten. Para tal efecto existen varias metodologías, que permiten establecer la propensión a deslizamientos, como por ejemplo: el Método de Newmark, el método de falla plana, el método detallado de falla rotacional y el método Mora-Vahrson. Cada uno se basa en una combinación de parámetros como la heterogeneidad a los materiales geológicos, las condiciones topográficas, la cobertura vegetal o los estilos de ruptura de laderas. (CAPRA, 2010).

Por las características de su afectación, el terremoto de Cinchona se constituye en un excelente laboratorio para probar la eficacia de metodologías que permiten delimitar las áreas con alto potencial a deslizamientos. Tal es el caso de la metodología denominada Mora-Vahrson, utilizada ampliamente en América Central, como por ejemplo en Nicaragua (INETER, SNET & BGR, s.f) y en El Salvador (MARN, SNET, 2004) y Costa Rica, llegando a obtener resultados satisfactorios.

La metodología Mora-Vahrson permite realizar un análisis a priori de áreas extensas bajo amenaza de deslizamientos, utilizando indicadores morfodinámicos (Mora & Vahrson, 1993), tales como el relieve relativo, la litología, la humedad del suelo, la sismicidad y la lluvia, todo esto definido por índices de influencia para cada área, que pueden ser trabajados en un Sistemas de Información Geográfico (SIG), para obtener un mapa de potencial a deslizamientos.

El presente artículo pretende comparar las zonas afectadas por los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona con la zonificación realizada con la metodología Mora-Vahrson, en la parte alta y media de la subcuenca del Río Sarapiquí, con el fin de evaluar su poder predictivo.

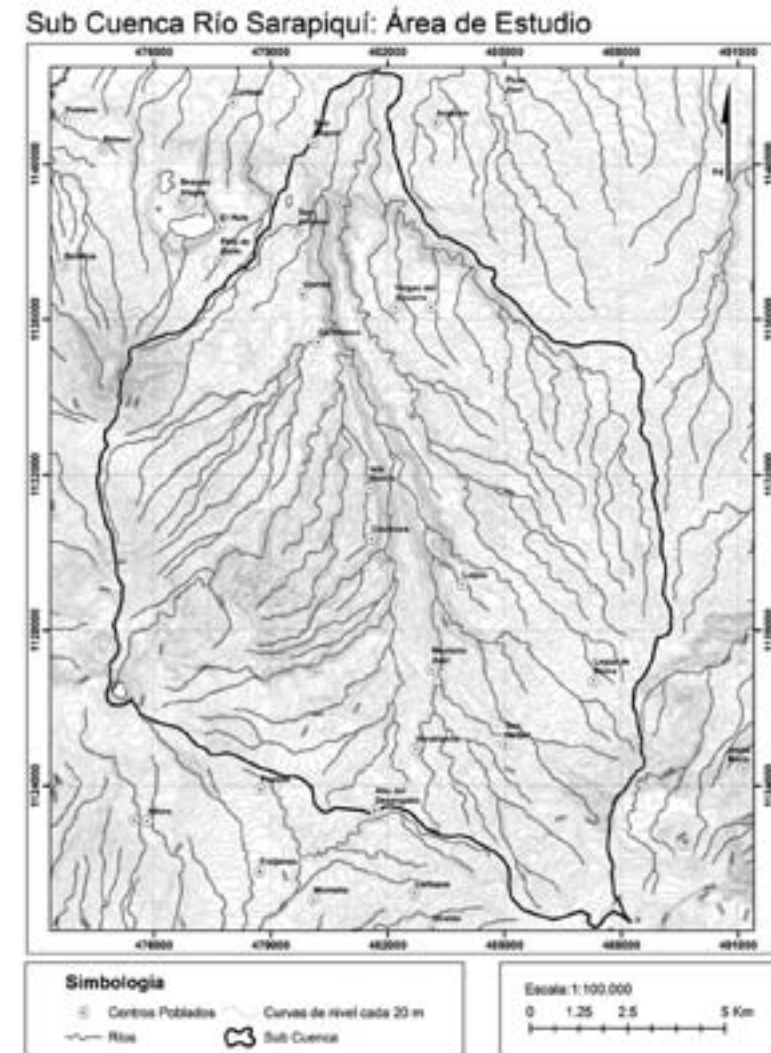
## Área de Estudio

La subcuenca del río Sarapiquí se ubica entre los volcanes Poás y Barva, y pertenece a su vez a la cuenca del río San Juan. En la definición del área de estudio solo se tomó en cuenta la parte alta y media de la subcuenca, comprendida entre la laguna del Barva y la confluencia del río Sarapiquí con el río Volcán, donde se exhiben fuertes pendientes e importantes cañones debido a la dinámica fluvial que directa los cerros, principalmente entre los 1700 a 2900 msnm. El área se enmarca entre las coordenadas CRTM05 1120000 S, 1144000 N, 490000 E y 475000, comprendiendo un área de 196 km<sup>2</sup> (mapa 1).

Se trata de una zona de elevada pluviometría, alto grado de meteorización y alta humedad en el suelo, condiciones que sumadas al movimiento telúrico del 8 de enero de 2009, provocan la ocurrencia de gran cantidad de deslizamientos, de varias dimensiones.

Con respecto a la división territorial administrativa, el área de estudio se localiza principalmente en el sector norte en los cantones de Alajuela y Heredia, así como en parte de los cantones de Grecia y Sarapiquí. En el área destacan los asentamientos como Montaña Azul, Cariblanco, Cinchona; poblaciones eminentemente rurales (dedicados a la actividad agrícola, especialmente de cultivos de helechos, fresas y flores ornamentales y a la ganadería de leche), no obstante actualmente se presenta un creciente sector terciario debido al desarrollo de la actividad turística.

Mapa 1



## Determinación de la amenaza a deslizamientos

En primera instancia debe aclararse lo que se entenderá por deslizamientos, en éste artículo se empleará este término en su sentido más amplio, para referirse a casi todas las variedades de movimientos de remoción en masa, incluyendo: deslizamientos propiamente, caídas, vuelcos y flujos, solamente se excluyen reptación y soliflujión (Gutiérrez, 2008).

Las causas de los movimientos de laderas pueden ser agrupados en dos grandes categorías denominadas; factores condicionantes y factores desencadenantes (González, Ferrer, Ortuño & Oteo, 2002):

- Los factores condicionantes o factores pasivos están contruidos por: las propiedades intrínsecas del propio terreno (litología, estratigrafía, resistencia al corte, grado de meteorización), las características morfológicas y geométricas de la ladera (topografía, pendiente), condiciones hidrogeológicas (humedad del terreno, nivel freático) y otros factores como estructuras geológicas, discontinuidades y estados de tensión-deformación.
- Los factores desencadenantes, activos o de disparo corresponden con las precipitaciones (que afectan el nivel freático y provocan erosión) tanto prolongadas como intensas, los movimientos sísmicos, actividad antrópica (excavaciones, represas, sobrecarga de edificaciones, construcción de carreteras, rellenos de laderas, filtraciones en áreas urbanas) y esporádicamente el vulcanismo (deslizamientos, lahares o avalancha de detritos relacionados con actividad volcánica).

Con base en este conocimiento sobre las causas de los deslizamientos, es posible desarrollar mapas de susceptibilidad, cuya función es guiar el uso del terreno acorde con sus limitaciones y servir de base para estudios de detalle sobre la estabilidad de laderas con fines constructivos. Los mapas de susceptibilidad pueden elaborarse de distintas formas (González, Ferrer, Ortuño & Oteo, 2002):

- **Evaluación directa:** Mediante reconocimiento en el campo o por medio de fotointerpretación detallada. Este tipo de trabajos son aplicables a escalas media y grande.

- **Modelos cartográficos:** Por medio de la superposición de mapas que representan los factores pasivos y activos. Este tipo pueden elaborarse de manera general (superponiendo los factores condicionantes con los procesos de inestabilidad conocidos para definir zonas susceptibles) o por medio de la construcción de índices, a los que se llega asignando valores y pesos a las variables representativas de los factores causantes de los deslizamientos, en este caso resulta de gran utilidad utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la asignación espacial de los valores y las funcionalidades matemáticas. Este tipo de métodos es apropiado para escalas pequeñas a medias.
- **Métodos probabilísticos:** Similar al anterior pero con la salvedad de que se determina la frecuencia de los factores activos, tales como periodo de retorno de las lluvias o de los sismos de determinada magnitud, también puede ser usada la frecuencia de los propios fenómenos de inestabilidad encontrados. Apropriados para escala media.
- **Métodos deterministas:** Basado en el cálculo de la estabilidad de las laderas en un sitio en particular. Apto para gran escala únicamente.

Este artículo se enfoca en un método de tipo modelos cartográfico, desarrollado en Costa Rica y ampliamente utilizado en América Central, se trata del Método Mora-Vahrson (Mora & Vahrson, 1991). Dicho método permite ubicar las áreas con potencial a presentar deslizamientos en caso de lluvias intensas, sismos de magnitud importante o una combinación de ambos.

A través de esta metodología se obtiene una zonificación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante la combinación de variables, para las cuales se establecen índices que reflejan el peso relativo de cada uno de los parámetros. Entre las virtudes que presenta esta metodología es su fácil ejecución mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La metodología resulta apropiada para su aplicación a países en vías de desarrollo, debido a que requiere de pocas variables y su aplicación es relativamente sencilla. No obstante incluye los factores más significativos desde el punto de vista de la inestabilidad de laderas y se basa en parámetros que pueden determinarse de manera ágil y económica en el campo y mediante trabajo de gabinete.

La mayor ventaja de esta metodología es su aporte en la toma de decisiones en procesos de planificación del uso del terreno, planificación urbana y de líneas vitales (Mora, Vahrson & Mora, 1992), evaluaciones regionales de amenazas por deslizamientos y en planes de gestión de riesgo. Sin embargo, no sustituyen los estudios geotécnicos de campo y laboratorio, necesarios para el diseño de obras civiles y sus complementos de protección y mitigación correspondientes, tampoco es capaz de determinar el tipo de deslizamiento que podría presentarse (Mora, Vahrson & Mora, 1992).

### La metodología Mora-Vahrson Modificada

La metodología puede resumirse de la siguiente forma (Mora & Vahrson, 1991): Se aplica mediante la combinación de parámetros, los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfodinámicos y su distribución espacial. Dichos parámetros reflejan los factores que conducen a la inestabilidad de la ladera, tales como litología, el contenido de humedad del suelo y el grado de pendiente de la ladera; con estos parámetros se determina un grado de susceptibilidad por elementos pasivos. A partir de estas condiciones, factores morfodinámicos desestabilizan las laderas que presentan cierto grado de susceptibilidad por factores pasivos, en esta metodología se utiliza la sismicidad y las lluvias intensas como elementos activos o factores de disparo que perturban el equilibrio de los materiales de la ladera.

El grado de susceptibilidad al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los factores de disparo (fórmula 1)

$$S = P * D \quad [1]$$

Donde:

S: grado de susceptibilidad a deslizamientos

P: valor producto de la combinación de los parámetros pasivos

D: valor del factor de disparo de los parámetros activos

Los elementos pasivos se componen de los siguientes parámetros (fórmula 2):

$$P = P_1 * P_h * P_p \quad [2]$$

Donde:

$P_1$ : valor del parámetro de susceptibilidad litológica

$P_h$ : valor del parámetro de humedad del terreno

$P_p$ : valor del parámetro pendiente

El factor de disparo se compone de los siguientes parámetros (fórmula 3):

$$D = D_s + D_{ll} \quad [3]$$

Donde:

$D_s$ : valor del parámetro de disparo por sismicidad

$D_{ll}$ : valor del parámetro de disparo por lluvia

Sustituyendo los parámetros, la ecuación completa se expresa como sigue (fórmula 4):

$$S = (P_1 * P_h * P_p) * (D_s + D_{ll}) \quad [4]$$

El resultado de la combinación de todos los factores (acorde con la fórmula 4) no se establece en una escala única de valores del indicador, pues éstos deben ajustarse a las condiciones de cada área estudiada. No obstante, se sugiere dividir el rango de valores obtenidos, para cada área de estudio, en cinco clases de susceptibilidad y asignar los calificativos que se presentan en el cuadro 1. El calificativo de susceptibilidad es una representación cualitativa de los diferentes niveles de amenaza y no una amenaza propiamente dicha.

Cuadro 1  
Clasificación de la susceptibilidad a deslizamientos

| Clase | Calificativo de susceptibilidad a deslizamiento | Características   |
|-------|---|---|
| I     | Muy baja  | Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.  |
| II    | Baja  | Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. |
| III   | Moderada  | No se recomienda la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, reforestación, entre otros. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos agropecuario.   |
| IV    | Alta  | No se recomienda la construcción de infraestructura, para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.   |
| V     | Muy alta  | No se recomienda la construcción de infraestructura, se recomienda como áreas de protección.  |

Fuente: Modificado de (Mora, Vahrson, & Mora, 1992)

### Determinación ex-post de la efectividad de la metodología Mora-Vahrson modificada para el caso del Terremoto de Cinchona.

El terremoto de Cinchona generó una serie de deslizamientos aún no cuantificados, varios de los cuales presentan grandes dimensiones. La mayoría se agruparon en las zonas de fuerte pendiente, tanto de tipo traslacional, rotacionales como de caídas, que luego se han transformado en flujos de detritos, que fueron a parar a los cauces de los ríos y quebradas (Mora, 2009).

Los deslizamientos provocaron la destrucción e inhabilitación de muchas viviendas debido a su ubicación en áreas inestables, en su mayoría construidas sin permisos. En cuanto a la destrucción de carreteras, la ausencia de diseños que contemplen las aceleraciones sísmicas, la falta de estructuras de retención y las fuertes pendientes en sus taludes fueron sus causas principales (Mora, 2009).

Los deslizamientos ocurridos a causa del terremoto ofrecen la posibilidad de contrastar el resultado de la metodología, permitiendo verificar la precisión del modelo. Para poder hacer un análisis cuantitativo se requiere de un mapa con la ubicación de los deslizamientos, no obstante esta información no está disponible, por lo que se debió utilizar el mapa que realizara Duarte (inéditos), con la ubicación de los deslizamientos obtenidos a partir del sobrevuelo realizado unos días después de la catástrofe.

A continuación se describen los pasos seguidos para la obtención de mapa de potencial de deslizamientos acorde con la metodología utilizada.

- **Susceptibilidad por elementos pasivos**

Los parámetros que conforma el mapa de elementos pasivo son descritos seguidamente:

**Parámetro humedad del Suelo ( $P_h$ ):** Para obtener los valores de humedad del suelo, se revisó la información pluviométrica de 14 estaciones meteorológicas, ubicadas dentro o en las proximidades de la subcuenca en análisis (Cuadro 2).

Cuadro 2  
Estaciones meteorológicas utilizadas

| N° Estación | Nombre de la estación meteorológica |
|-------------|-------------------------------------|
| 69506       | San Miguel – Sarapiquí              |
| 84030       | Fraijanes                           |
| 69639       | Agroverde                           |
| 69535       | Centro Rural Metodista              |
| 69528       | Palmira                             |
| 69586       | Tirimbina                           |
| 69503       | Puerto Viejo                        |
| 69537       | La Selva                            |
| 69504       | Colonia Penal                       |
| 69536       | Cariblanco                          |
| 69539       | Río Los Ángeles                     |
| 69508       | Chilamate                           |
| 69502       | Gavilan                             |
| 69566       | Santa Rita                          |

De las 14 estaciones meteorológicas consultadas, 3 estaciones presentaban registros meteorológicos de un período menor a 10 años, razón por la cual se aplicó un ajuste de datos climáticos para completarlas.

Debido a que los registros pluviométricos no estaban completos en todas las estaciones, fue necesario utilizar el método Razón-Normal para completar los datos faltantes en 6 estaciones. Se debe destacar que los registros de las estaciones San Miguel, Fraijanes y Agroverde, fueron ajustadas por el IMN, por lo tanto no fue necesario realizar procedimientos de estandarización adicionales.

Una vez completados y normalizados los datos para las estaciones, se procedió a obtener los promedios mensuales necesarios para asignar los valores acorde a la metodología Vahrson-Mora. Los datos puntuales fueron transformados a un mapa de superficie mediante una interpolación por método Kriging Ordinario.

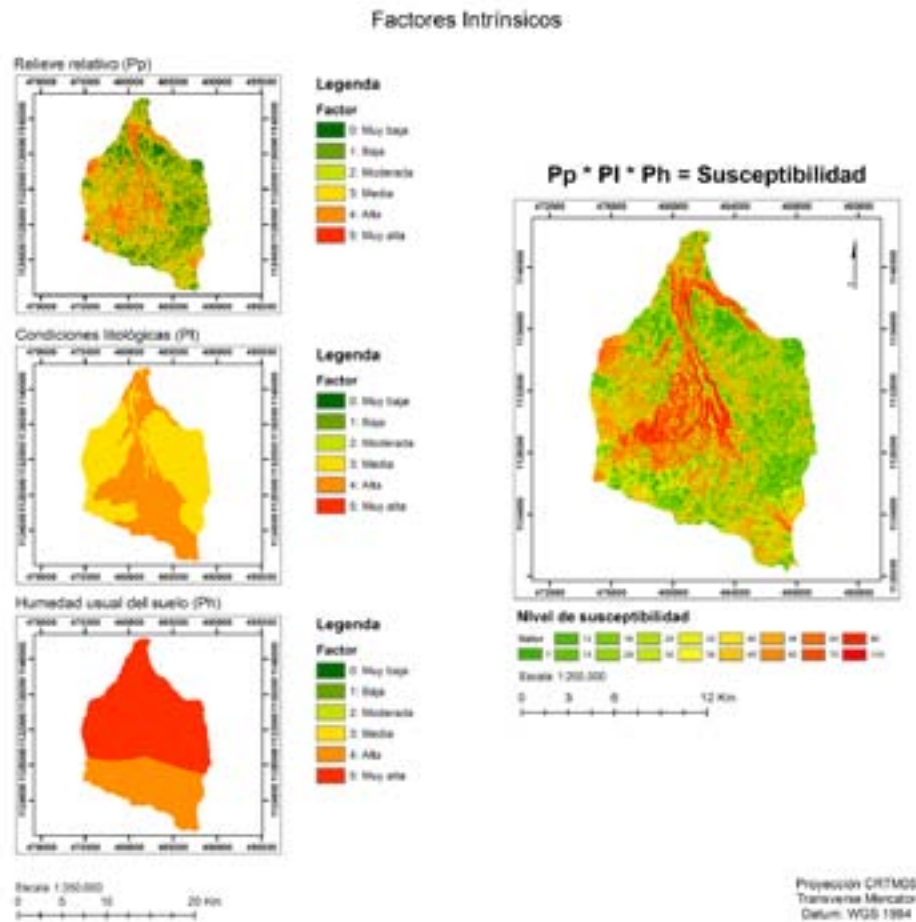
Como se puede apreciar en la figura 2, para el área de estudio se obtuvieron dos categorías: Muy alta y Alta, esto se sustenta en la localización de la subcuenca (en la subvertiente norte) ubicada en una zona que presenta una marcada influencia de los vientos alisios cálidos y húmedos provenientes del Caribe, lo que genera constantes y abundantes precipitaciones a través del año.

**Parámetro Pendiente ( $P_p$ ):** Para elaborar el mapa de pendiente se utilizaron las curvas topográficas de las hojas Poás y Barba, escala 1: 50 000, a partir de las cuales se originó un Modelo de Elevación Digital (MDT), con base en el cual se realizó el cálculo de la pendiente, los resultados se categorizaron acorde con la metodología. Como puede apreciarse en la figura 2, las pendientes más fuertes se encuentran en el sector oeste de la cuenca, en las faldas del Volcán Poás, así como en el cañón del Río Sarapiquí y en los alrededores de los cerros Congo y las Marías.

**Parámetro Litología ( $P_l$ ):** Para elaborar parámetro litológico se utilizó el mapa geológico de Soto (1999). De acuerdo con la interpretación de la litología, a la mayor parte del área se le asignó un valor de parámetro 3, por tratarse principalmente de rocas de origen volcánico, con similares condiciones geotécnicas en relación a la estabilidad de las laderas. No obstante a las formaciones PaleoPoás y PaleoBarva se les asignó un valor de 4, tomando en cuenta su antigüedad (figura 2).

El mapa de susceptibilidad por elementos pasivos resultante muestra una fuerte influencia de la pendiente con una leve atenuación en la parte sur por efecto del parámetro humedad (figura 2).

Figura 2  
Mapas correspondientes a los Parámetros Pasivos



- **Susceptibilidad por elementos activos**

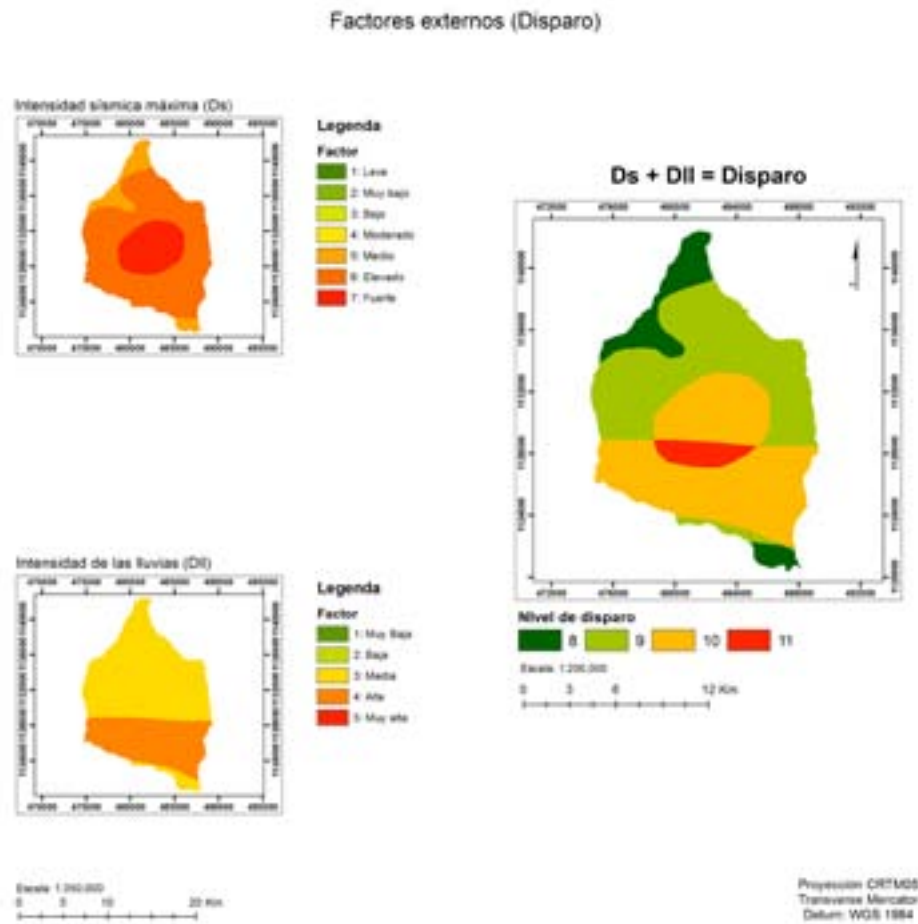
Los mapas correspondientes a los elementos pasivos son el de Parámetro Disparo por Intensidad Sísmica Máxima ( $D_s$ ) y el de Disparo por Intensidad de lluvias ( $D_l$ ). El primero se basó en el mapa de intensidades sísmicas establecido para el terremoto de Cinchona (Rojas et al, 2009), según Rojas la intensidad máxima para el terremoto fue de IX MM específicamente en los alrededores de Cinchona, en las otras poblaciones directamente afectadas se reportan intensidades entre VIII y VII, con base en dichos valores se asignaron valores de parámetro de 5, 6 y 7 (ver figura 3). En las principales urbes del país (Alajuela y Heredia y en San José) se reportan intensidades de VI.

En la elaboración del mapa correspondiente al parámetro Disparo por Intensidad de lluvias, se utilizó como base el Mapa preliminar de lluvias máximas anuales en Costa Rica para una duración de 24 h y un periodo de retorno de 100 años de Elaborado por Vahrson (escala 1:1.000.000), con base en este mapa el área de estudio quedó conformada por dos valores 3 y 4 (Ver figura 3).

El resultado de la combinación de estos dos mapas se observa en el mapa de disparo (ver figura 3) en este caso el área queda constituida por 4 clases, que van desde bajo a muy alta amenaza por factor de disparo.



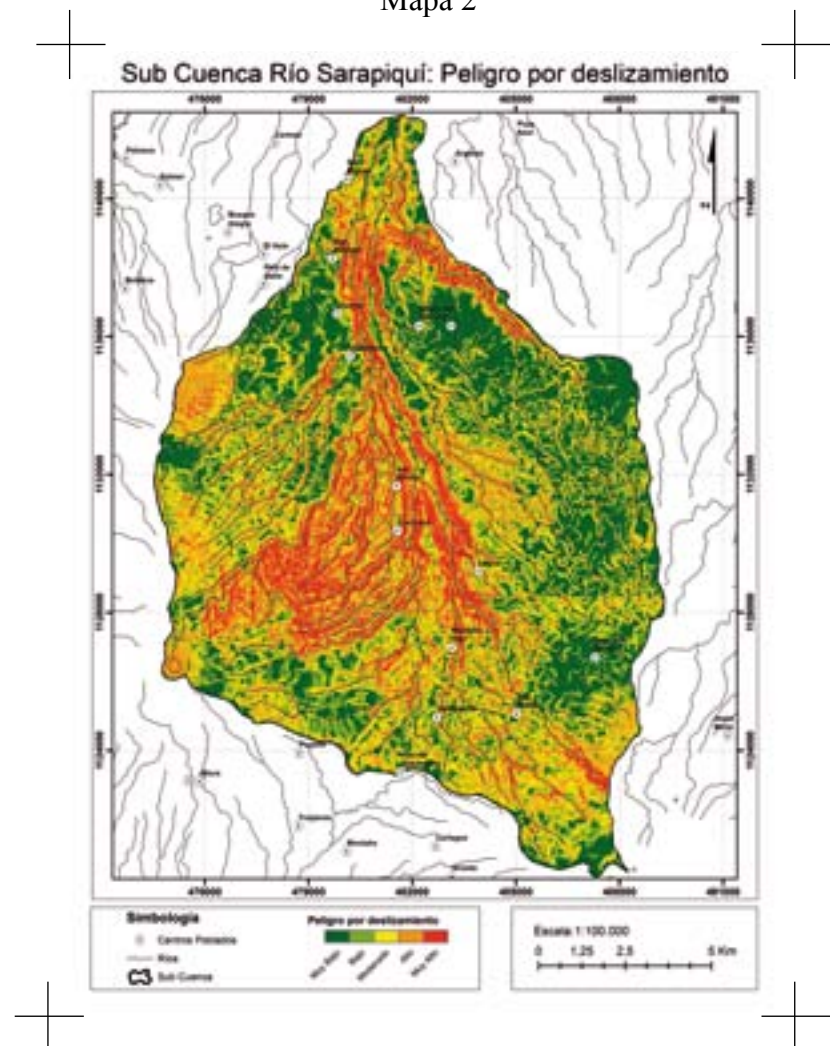
Figura 3  
Mapas correspondientes a los Parámetros Pasivos



• **Mapa de susceptibilidad a deslizamientos**

El resultado de la aplicación de la metodología se aprecia en el mapa 2, este mapa muestra que las zonas más propensas a deslizamientos son las ubicadas en las paredes de la garganta del río Sarapiquí y la Paz; sobre las faldas NE y NNE del volcán Poás; en las laderas del cerro Congo; en las paredes del cañón del río Volcán y en algunas secciones sobre la ladera del volcán Barba, como el suroestes de los cerros Las Marías.

Mapa 2



Como es de esperar las zonas de alto y muy alto peligro corresponden con zonas de fuerte pendiente, los demás factores parecen tener poco peso, debido por un lado a la interpretación que se hiciera de la susceptibilidad litológica y a lo grueso de la información meteorológica de que se disponía. Lo forma de franjas de mayor peligro intercaladas de las zonas bajo peligro son reflejo de la disección que hacen los cursos fluviales sobre el relieve (laderas y talweg). Para efectos de realizar un mapa para su aplicación en la gestión de riesgos parece más conveniente generalizar las zonas, lo que permitiría contemplar los peligros por arrastre de materia a través de los lechos de los ríos.

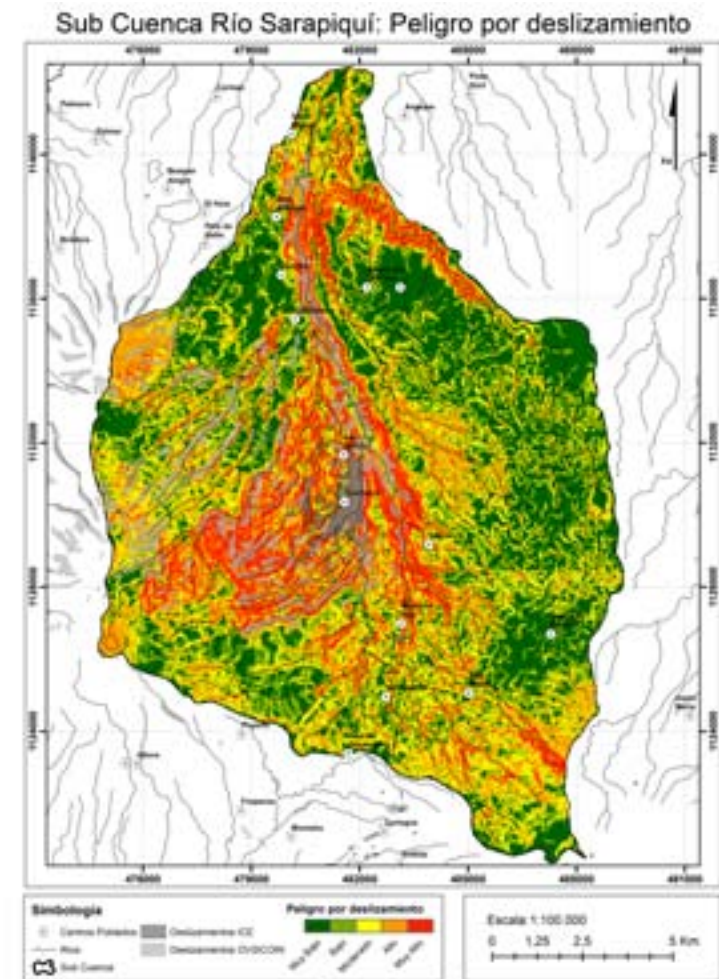
### Precisión de la Metodología Mora-Vahrson Modificada en el caso del terremoto de Cinchona

Con anterioridad, esta metodología fue aplicada para comparar su efectividad con los deslizamientos provocados el terremoto de Limón del 22 de abril de 1991, en donde se encontró una aceptable coincidencia entre el mapa de inventario de deslizamientos y el de potencial de deslizamientos obtenido con esta metodología (Chacón, 1993), sin embargo Chacón no sobrepuso los mapas para hacer una mejor estimación.

En este caso no se cuenta con un mapa preciso con la ubicación y extensión de los deslizamientos, debido a la falta de procesamiento de las imágenes existentes, no obstante se cuenta con el mapa elaborado por Duarte (2009) basado en el sobrevuelo realizado a la zona unos días después del deslizamiento, así como con el mapa parcial de deslizamientos para las zonas más pobladas, realizado por el ICE sobre fotografías aéreas con tecnología LiDAR, en ambos casos fue preciso eliminar los deslizamientos cuya inexistencia se demostró a partir de un análisis de rápidos de las imágenes LiDAR del ICR.

Al sobreponer ambos mapas con el mapa 2 se puede observar una muy buena coincidencia entre los deslizamientos supuestamente ocurridos y las zonas de alto y muy alto peligro por deslizamientos. Las discrepancias más notorias se ubican en el área comprendida entre el volcán Poás, el cerro Congo y el Poblado de Cariblanco, discrepancia probablemente atribuible a una exageración de las áreas deslizadas por parte de Duarte, quien realizó su mapa unos días después del sobrevuelo con base en las tomas que realizó.

Nos llamó poderosamente la atención la ausencia de deslizamientos en las laderas de los cerros Las Marías, zona que de acuerdo con la metodología, debía deslizarse al menos parcialmente, razón por la cual realizamos una gira de campo en la que constatamos la presencia de deslizamientos en esta zona, no obstante no pudimos llegar a la parte más empinada por problemas de acceso. A pesar de lo anterior se realizaron entrevistas a pobladores de la zona quienes nos confirmaron la presencia de grandes deslizamientos, particularmente en la cabecera del río San Rafael (Barbosa y Rodríguez, 2011).



## Conclusiones

- La gestión del riesgo a deslizamientos pasa por una serie de etapas, la primera de ellas consiste en establecer la amenaza por deslizamientos, para lo cual es mejor partir de una escala regional que permita identificar los sitios donde se requieran hacer estudios de campo para establecer la estabilidad de las laderas.
- La zonificación de deslizamientos establecida con la metodología Mora-Vahrson Modificada resulta tener suficiente precisión para establecer la susceptibilidad a deslizamientos a escala media, afirmación que puede sustentarse en la comparación entre los deslizamientos ocurridos por el terremoto de Cinchona y las áreas de mayor peligro definidas con la metodología.
- No es conveniente hacer aplicación de la metodología Mora-Vahrson a gran escala (mayor de 1:50.000, para el caso costarricense) en razón, por un lado, de la dificultad de conseguir información litológica y de altitudes con más detalle, y por otro del poco detalle existente para la información meteorológica.
- La metodología Mora-Vahrson modificada muestra ser una metodología sencilla pero aceptablemente precisa para ser utilizada en la zonificación de susceptibilidad por deslizamientos y sus resultados son aplicables al ordenamiento territorial, pero no sustituyen los estudios de estabilidad de laderas.

## Bibliografía

- Barrantes, G. (2010). Lecciones aprendidas en gestión de riesgos a deslizamientos: caso zonificación de susceptibilidad por deslizamientos en Cuenca, Ecuador. En: *I Congreso Internacional Gestión de Riesgos, Ambiente y Energías Alternativas* (10, 11 y 12 de Noviembre). Quito, Ecuador.
- Basabe, P.; Almeida, E.; Ramón, P.; Zeas, R. & Albarez, L. (1996). Avance en la prevención de desastres naturales en la cuenca del río Paute, Ecuador. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* N° 25 (3). pp. 443-458.

- Barboza, C. y Rodríguez, M. (2011). Comunicación personal. Trabajadores de la Finca La Esmeralda, camino a los Cerros Las Marías.
- CAPRA. (2010). Modelo amenaza por deslizamiento. Disponible en: HYPERLINK [http://www.ecapra.org/capra\\_wiki/es\\_wiki/index.php?title=MODELO\\_AMENAZA\\_POR\\_DESLIZAMIENTOS](http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=MODELO_AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS).
- Chacon, T. (1993). *Estabilidad de laderas y el impacto del terremoto de Limón*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Geografía. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. p. 175
- González, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación.
- Gutiérrez, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid, España: Pearson Educación.
- INETER, SNET & BGR. (S. f.). Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de Nicaragua: el Método Mora-Vahrson. Disponible en: [http://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/estudios/Mora\\_Vahrson.pdf](http://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/estudios/Mora_Vahrson.pdf)
- MARN & SNET. (2004). Memoria técnica para el mapa de susceptibilidad de deslizamientos de tierra en El Salvador. Disponible en: HYPERLINK <http://www.snet.gob.sv/Documentos/SusceptMovMasa-ES-SNET-2004.pdf>
- Montero, W.; Rojas, W.; Boschini, I.; Barquero, R.; Soto, G. J.; Alvarado, W.; Vargas, G. E.; Taylor, A.; López, W.; Climent, A.; Moya, A.; Peraldo, G.; Redondo, C. y Taylor, M. (2009). El terremoto de Cinchona. *Inf. RSN*. 34-5.
- Mora, R. (2009). "Observaciones geotécnicas del terremoto de Cinchona, 2009". *El terremoto de Cinchona*. *Inf. RSN*, 94-100.
- Mora, R. (julio, 2004). cidbimena. Disponible en: [cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Riesgo/pdf/spa/doc942-contenido.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Riesgo/pdf/spa/doc942-contenido.pdf)
- Mora, R.; Vahrson, W. & Mora, S. (1992). Mapa de Amenaza de Deslizamientos, Valle Central, Costa Rica. CEPREDENAR.
- Mora, S. & Vahrson, W. (1991). Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos sobre grandes áreas, utilizando indicadores morfodinámicos. En: *Memoria sobre el Primer Simposio*. Bogotá, Colombia. pp. 259-273
- Mora, S. & Vahrson, W. (1993). Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. En: *Tecnología ICE* N° 1, Vol. 3. p. 32

- Laurent, J. (2009). "Evaluación económica de pérdidas y daños". *El terremoto de Cinchona*. Inf. RSN, 101-127.
- Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE). (2009) El terremoto de Cinchona del jueves 8 de enero de 2009. En: *Revista Geológica de América Central N° 40*. San José, Costa Rica: Editorial UCR. pp. 92-93
- Soto, G. (1999). "Geología regional de la hoja Poás (1:50000)". *Estudio geológico-geotécnico de avance de factibilidad del P.H. Laguna Hule*. San José, Costa Rica: Informe Interno, Centros de Servicio, Diseño y Exploración Subterránea, ICE. p. 113

## SEÑALIZACIÓN TURÍSTICA EN COSTA RICA: HACIA UN MODELO ATRACTIVO Y RESPONSABLE EN CONDICIONES DE COMPETITIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD

TOURIST SIGNAGE IN COSTA RICA: TOWARDS A  
RESPONSIBLE AND ATTRACTIVE MODEL IN TERMS OF  
COMPETITIVENESS AND SUSTAINABILITY

*Nathalia Rodríguez Orozco\**

### RESUMEN

Es sabido que una adecuada señalización turística puede repercutir favorablemente en el desarrollo turístico de un destino, con las consecuencias socioeconómicas positivas que de ello se derivan. No obstante, algunos análisis que se derivan del Plan Nacional de Turismo Sostenible de Costa Rica 2002-2012 determinan que esta es escasa o nula en rutas nacionales y otras carreteras. Aunado a ello, existe un vacío tanto académico como técnico-administrativo relacionado con la temática; lo que ha motivado la realización de este estudio. El mismo se organiza en tres partes. En la primera de ellas se revisan de forma breve las iniciativas y los convenios que anteceden el periodo comprendido entre los años 2004-2009. En la segunda parte, se describe el estado actual de la señalización turística en Costa Rica, el cual abarca los años mencionados anteriormente. Finalmente, en la tercera parte se presentan cuatro estrategias a través de las cuales la señalización turística puede constituir un elemento diferenciador e innovador, capaz de incrementar la sostenibilidad y competitividad de nuestro país en el mercado global.

---

\* Escuela de Relaciones Internacionales, Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. Correo electrónico soynath@gmail.com

Fecha de recepción: 8 de febrero del 2011.  
Fecha de aceptación: 21 de marzo del 2011.