

CAPÍTULO

19



Identificación de zonas de riesgo naturales ocasionados por deslizamientos

de tierra mediante
el uso del SIG
en el cantón Ibarra

POR

Francisco **ALMEIDA ROSALES**

Diego Leopoldo **MEJÍA**

César Alonso **ZULETA PADILLA**

Introducción

Los fenómenos naturales ocasionan un sinnúmero de catástrofes y la prevención de ellos ha demandado mayor atención del mundo científico. Los fenómenos naturales (terremotos, erupciones volcánicas, desprendimientos de tierras, tsunamis, inundaciones y sequías) han estado presentes en toda la evolución del planeta provocando daños y pérdidas incalculables de vidas humanas, económicas y alteraciones al ambiente. Estos fenómenos son provocados por (Brabb, 1989) la naturaleza misma o también por el hombre. Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos, causando miles de muertes y daños en las propiedades por el valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb, 1989).

En el cantón Ibarra, la problemática se centra en que no se cuenta con cartografía actualizada sobre riesgo a deslizamientos. La investigación está basada en el uso de sistemas de información geográfica y el software ArcGis 10.3.1, principalmente para la elaboración de un mapa de peligro a deslizamientos, así como en la propuesta de medidas de prevención y mitigación en la zona estudiada. La elaboración del mapa de deslizamientos fue llevada a cabo mediante el método Mora Varhson, el análisis multicriterio y la herramienta Model Buldier del software ArcGis, lo que permite identificar las áreas de la zona estudiada con peligro de deslizamientos.

El objetivo general planteado es proponer la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para identificar zonas de riesgo naturales vulnerables y los deslizamientos de tierra en el Cantón Ibarra, provincia de Imbabura, usando como principal herramienta el software ArcGis 10.3.

Materiales y métodos

El área de estudio se enfocó principalmente en la parte urbana de la ciudad de Ibarra. La georreferenciación de los sitios de deslizamientos observados en campo fue efectuada en toda la ciudad, y el procesamiento de todos los datos obtenidos en campo y en información bibliográfica o digital fue procesado en los laboratorios de cómputo de la PUCESI.

Materiales

Cámara fotográfica, Software (SIG o GIS) Sistema de Información Geográfica, GPS, Libreta de campo, Computador

Métodos

Fase de precampo

Contempla la definición del área de estudio, recolección de información bibliográfica, cartografía existente, fotografías satelitales y estudios previos.

Fase de campo

Se basa en la observación y levantamiento de información en campo.

Fase de postcampo

Procesamiento y análisis de datos utilizando el software ArcGis para la seguir los siguientes procesos:

- Diseño de la cartografía inventario de deslizamientos
- Elaboración de la base de datos del área de estudio (pendiente, cobertura vegetal, isoyetas, formaciones geológicas, permeabilidad) para facilitar la generación de mapas.
- Se generó el mapa de peligro de deslizamientos utilizando como primer paso el método Mora Wahrson, que “permite realizar un análisis de áreas extensas bajo amenaza de deslizamientos, utilizando indicadores morfodinámicos” (Barrantes, 2011), tales como el relieve relativo, la litología, la humedad del suelo, la sismicidad y la lluvia. Este método está basado en la siguiente ecuación:

$$S = (P * L * Pe * V * Ge) * (LI)$$

Donde:

Susceptibilidad de amenaza a deslizamiento = (S)

Pendiente = (P)

(Litología) = (L)

Permeabilidad = (Pe)

Cobertura vegetal = (V)

Formaciones Geológicas=(Ge)

Intensidad de lluvia = (LI)

Tomando como referencia la ecuación anterior, se procedió a hacer el análisis multicriterio, en el cual cada variable ha sido ponderada con un valor que define su grado de influencia en los deslizamientos de tierra, ponderando con 1 el menor valor respecto a la influencia que tiene esta variable en los deslizamientos y con 5 el mayor.

Los análisis multicriterio y los modelos de decisión multiobjetivo ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de PLANIFICACIÓN, particularmente debido a que varios efectos intangibles como los sociales y las repercusiones ambientales, pueden ser considerados cabalmente (Nijkamp, 1977).

La utilización combinada de SIG y EMC nos permite:

- Analizar y describir el territorio
- Seleccionar un conjunto de alternativas deseables
- Simular distintos escenarios para tomar la decisión final

Todos estos factores condicionantes y factores detonantes se utilizan en el análisis multicriterio y se organizan de forma jerárquica según su grado de importancia en la ocurrencia de deslizamientos. A estas condiciones expuestas con la ayuda del criterio de especialistas se asigna la respectiva ponderación la cual debe ser igual al 100% (Tambo, 2011).

Para la obtención del mapa de deslizamientos de tierras según la metodología utilizada se procedió a establecer el diseño o modelo conceptual (Model Buldier) en el software ArcGis.

Obtenido el mapa de peligro de deslizamientos se procedió al análisis y la propuesta de zonas seguras en el área de estudio, así como también se generó la propuesta de medidas de mitigación y de prevención.

Resultados y discusión

Cartografía-inventario de deslizamientos

En la fase de campo se identificaron 29 sitios con evidencias de la ocurrencia de procesos de deslizamientos de laderas. Los lugares donde se encontraron huellas de deslizamientos ocurridos se procedió a georreferenciarlos ayudándonos de un GPS y el programa informático ArcGis 10.3.1 con la finalidad de saber dónde se encuentra el punto del evento ocurrido exactamente haciendo un inventario de los deslizamientos, como muestra la **FIGURA 1**, y luego se comparó con el mapa obtenido, para lo cual se recurrió al empleo del método heurístico.

Cartografía temática

Se elaboró una base de datos espaciales correspondiente a pendientes, formaciones geológicas, permeabilidad, cobertura vegetal, isoyetas, deslizamientos. A continuación, se hace un análisis de la pendiente y de los deslizamientos.

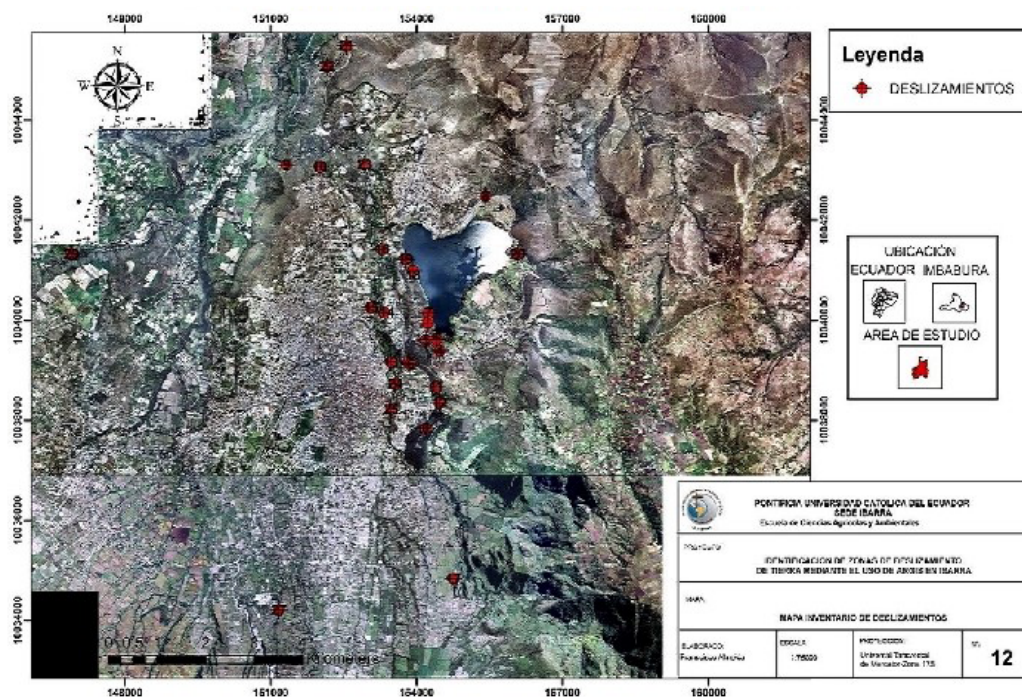


FIGURA 1
Representación cartográfica del inventario de deslizamientos.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de pendientes

En el área de estudio se identificaron las pendientes colinadas que se extienden en una superficie aproximada del (26.84%) del territorio cantonal, y que precisamente son las extensiones que más predominan; posteriormente se encontraron aquellas pendientes suaves o ligeramente onduladas (20.01%), en orden le siguen con porcentajes casi similares, las pendientes montañosas (16,91%), las moderadamente onduladas (16.84) y las pendientes escarpadas 16.75%), mientras que en un porcentaje menor del territorio cantonal se encuentran tierras con pendientes planas o casi planas (2.62%), como muestra la **FIGURA 2**.

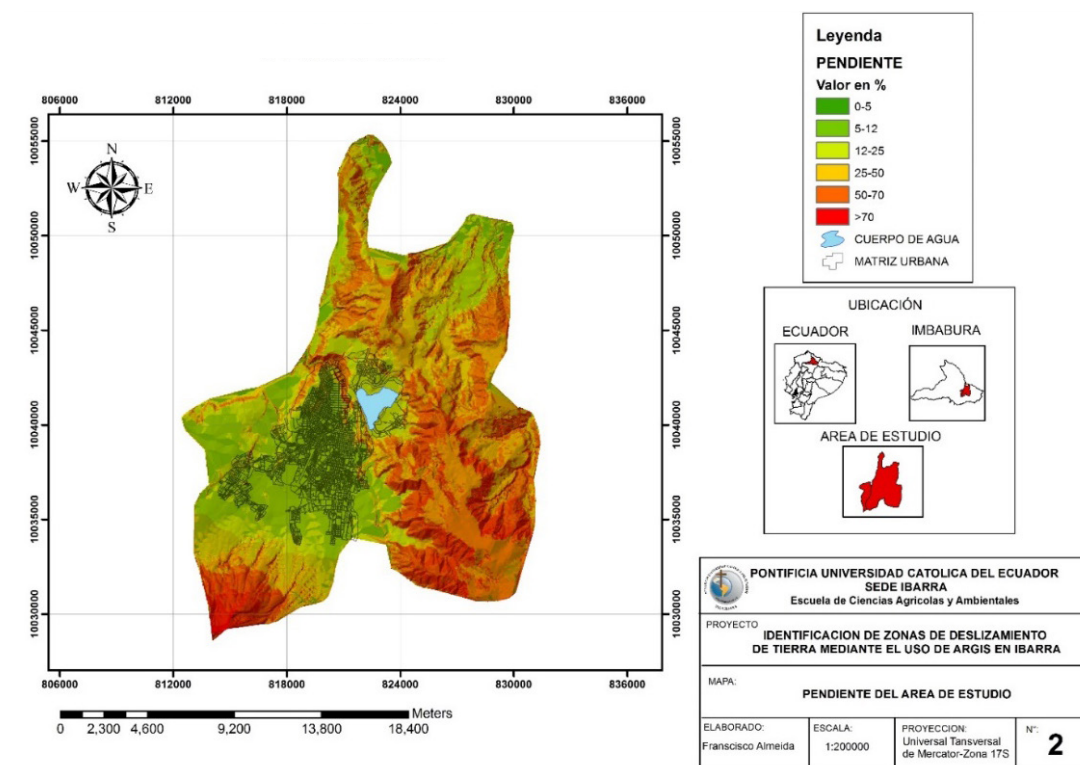


FIGURA 2
Mapa de pendientes.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de pendiente Mapa de deslizamientos

El nivel de amenaza considerado “muy bajo” abarca una extensión del área de estudio con un 15.30% de la superficie total. En las mayores áreas de este tipo predominan pendientes que varían del 0 a 5%, situación que contribuye a que no haya peligro de deslizamiento. La mayor parte del área estudiada se constituye de terrazas, andesita, conglomerados y brechas. En cuanto a cobertura vegetal se observan áreas agropecuarias que no presentan muchas pendientes y bosques. Las zonas pertenecientes a este nivel de amenaza son una parte del área urbana de la ciudad de Ibarra y de San Antonio entre otros.

El nivel de amenaza denominado “bajo” en el área de estudio está representada en un 22.76%, correspondiente a 6168.98 hectáreas. Sus pendientes van de ligeramente

ondulada a colinadas. Este grado de amenaza 2 se encuentra en mayor parte dentro de la formación volcánica Imbabura y en muy pocas áreas en la formación volcánica Angochagua. En su cobertura vegetal consta de zonas agropecuarias y vegetación arbustiva.

Una extensión aproximada de 6274.13 hectáreas que corresponde al 23.14% del área de estudio presenta un nivel de amenaza “moderada” para la ocurrencia de deslizamientos, se forma en la segunda área con un nivel más alto registrado en el área de estudio. Su cobertura vegetal está constituida por suelos de uso agropecuario y varias áreas de suelo erosionadas, las cuales están desprovistas de vegetación y que de alguna manera influirían para la ocurrencia de deslizamientos. Las pendientes de esta área geográfica fluctúan entre el 25 y el 50%, en las cuales es frecuente la presencia de vertientes irregulares, cauces de río y colinas medianas. (Molina, 2001)

Dentro del área categorizada de deslizamientos existen 7514.581 hectáreas pertenecientes a un nivel de amenaza considerada “alta”, y que corresponden al 27.72% de la superficie total del territorio, siendo así la de mayor porcentaje. La zona considerada de amenaza “muy alta” se extiende en una superficie de 2996.11 hectáreas del territorio, es decir, ocupa el 11.05% del área total correspondiente a Ibarra. Esta área es la que menor extensión posee en cuanto a áreas consideradas de amenaza muy alta.

En este territorio se presentan pendientes de 50% a mayores de 70%, constituyendo elementos que aumentan la inestabilidad del terreno, posee relieves montañosos característicos de valles interandinos, en donde se encuentran vertientes cóncavas, colinas medianas, como indica la **FIGURA 3**.

Los estudios, incluidos en el (Gobierno Autónomo Municipal, 2014), se limitan únicamente a determinar de manera general las áreas de vulnerabilidad alta y muy alta, que corresponden a más de un tercio de la superficie cantonal, sin embargo, esta información no es precisa ni cierta, pues no se encuentran estudios documentados científicamente.

Propuesta para la prevención y mitigación de deslizamientos de tierra

Se incluyen las medidas de obras de ingeniería (construcciones, de protección de las riberas y otras) y las normativas (uso adecuado de tierras, del agua, sobre ordenamiento urbano y otras)

Prevención

- Emitir una regulación o norma que prohíba actividades antrópicas aplicando sanciones drásticas en las zonas en donde ocurren los deslizamientos, como cortes verticales al pie de una ladera, vibraciones ocasionadas por maquinaria o uso de explosivos.
- Impedir la instalación o construcción en ningún lugar donde se encuentren pendientes muy fuertes.
- Evitar e impedir que mayores áreas del territorio cantonal se deforesten.
- Normar y regular el uso de suelo para la agricultura ganadería o agroforistería.

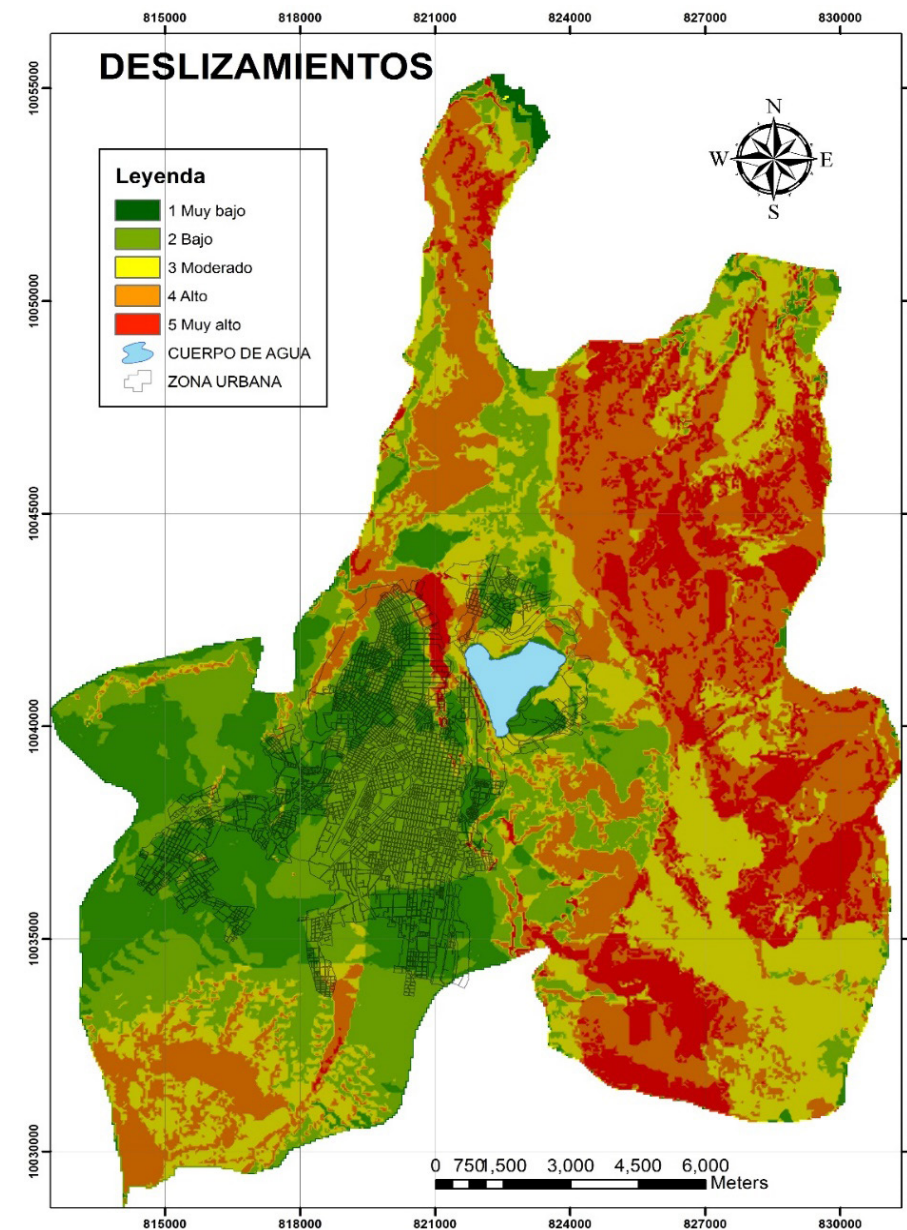


FIGURA 3
Mapa de deslizamientos.
Fuente: Elaboración propia

Mitigación

- Considerar la ejecución a corto plazo de programas de capacitación e instrucción a las comunidades y autoridades locales expuestas a esta clase de riesgos respecto al peligro inminente que les aguarda.
- Reforestación. Es necesario y urgente definir acciones tendientes a una reforestación masiva con especies nativas, actividad relacionada en su totalidad con el aumento o disminución de los deslizamientos, pues, según los expertos la vegetación, causa un efecto positivo y evita los problemas de erosión y que un mayor número de deslizamientos ocurra.

Zonas de seguridad

Siguiendo lo mencionado en la metodología (INDECI, 2015), el área urbana de la zona de estudio fue dividida en dos bloques, el “Bloque 1” posee una superficie de 4130.21 ha, y el “Bloque 2” una superficie de 3210.62 ha. En toda el área urbana se identificaron 10 zonas seguras, 8 zonas seguras correspondientes al “Bloque 1” y 2 zonas de seguridad para el “Bloque 2”.

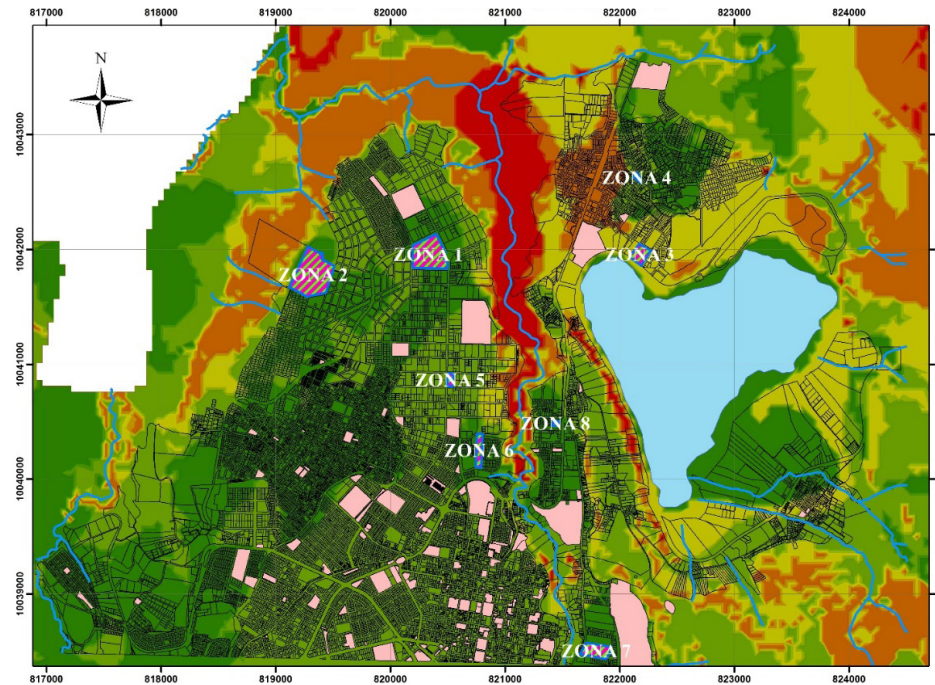


FIGURA 4
Mapa zonas seguras, bloque 1.
Fuente: Elaboración propia

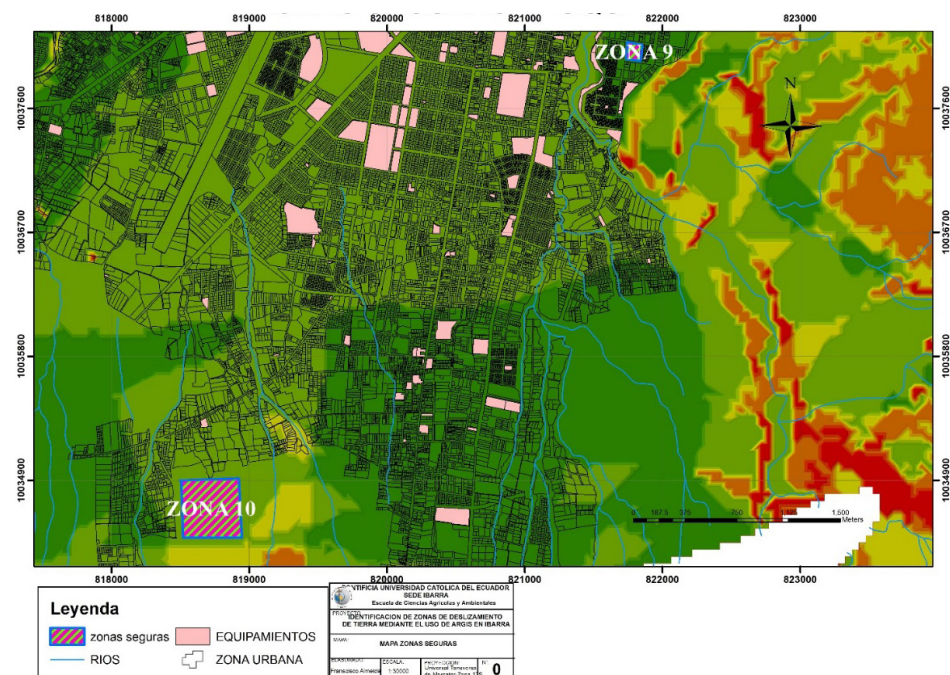


FIGURA 5
Mapa zonas seguras, bloque 2.
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Se logró construir el mapa de deslizamientos de tierra del área de estudio utilizando como herramienta principal los Sistemas de Información Geográfica y el software ArcGis 10.3.1 para obtener así cinco clases de peligro: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto.

Las áreas potencialmente vulnerables a sufrir deslizamientos en la zona urbana de la ciudad de Ibarra se encuentran ubicadas en la parte norte de la ciudad en sectores como Priorato, Yahuarcocha, Azaya, a lo largo del cauce del río Tahuando, Loma de Guayabillas

El factor detonante principal para ocurrencia de deslizamientos son las precipitaciones. Los factores que más influyen en la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos de tierra son la pendiente del terreno y el uso del suelo.

No hay en la actualidad un plan estratégico para la evacuación de las personas de los sitios con peligro en situación de emergencia debido a que las autoridades no cuentan con la información necesaria para desarrollar un plan.

Referencias

- Barrantes, G. B. (2011). Efectividad de la metodología Mora Vahrson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*. N° 47, 141 - 162.
- Brabb, H. (1989). Deslizamientos: alcance y la importancia económica. Actas del 28° Congreso Geológico Internacional: Simposio sobre la tierra. *Actas del 28° Congreso Geológico Internacional: Simposio sobre la tierra* (pág. 47). Washington D.C.: AA Balkema: Rotterdam y Brookfield.
- Gobierno Autónomo Municipal, I. (2014). *PDOT - Plan De ordenamiento Territorial*. Ibarra.
- INDECI. (2015). *Guía Técnica De Procedimientos Para La Identificación De Rutas De Evacuación Y Zona Seguras En Lugares Públicos, Ante Lluvias Intensas Y Sus Peligros Asociados Como Inundación Y Movimientos En Masa*. Lima.
- Molina, L. &. (2001). Aplicación de SIG en la Evaluación de la Amenaza Relativa por Fenómenos de Remoción en Masa en el Municipio de El Líbano, Tolima. pp 111.
- Nijkamp, Peter y Delft, A. van (1977). *Multi-Criteria Analysis and Regional Decision-Making*. Primera Edición. Eiden: bEdit .springer
- Tambo. (2011). Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja. La Habana, Cuba. Obtenido de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bits-tream/28000/316/1/t-senescyt-0086.pdf>.