Estudio de riesgos geológicos de la cuenca hidrográfica del Río El Limón como aporte al plan de ordenación del territorio del Estado Aragua

Study of geologic risks at El Limón river hydrographic basin as a contribution to the Aragua State arrangement plan

Briceño, Katiuska[1]*; Sánchez, Yaritza[1]; Uzcátegui, Marisela[2] y González, Leonardo[1]
[1] Escuela de Ingeniería Geológica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes
[2]Grupo de Investigaciones de Ciencias de la Tierra, TERRA, Universidad de Los Andes
*katiuskabg@cantv.net

Recibido: 26-04-2007 Revisado: 10-10-2008

Resumen

La investigación tiene como objetivo determinar y evaluar los factores de vulnerabilidad-peligrosidad que afectan la cuenca hidrográfica del Río El Limón, basando su metodología en la aplicación del método científico clásico, realizando un reconocimiento de estructuras geológicas; identificación de factores que definen deslizamientos y caracterización de suelos-rocas por ensayos de laboratorio, para elaborar un mapa de Riesgos Geológicos, que sea usado para desarrollar el Plan de Ordenación del Territorio del Estado Aragua. Los resultados se fundamentaron en la creación de una metodología nueva, que evalúa los deslizamientos e inundaciones a través de factores desencadenantes, que se jerarquizaron, para reclasificarlos según su grado de vulnerabilidad-peligrosidad y, con el álgebra de mapas, elaborar el mapa final. La cuenca está sectorizada en alto riesgo en la parte media, por la conjunción de deslizamientos y denso urbanismo; riesgo medio en la parte baja, zonas del Lago de Valencia y parte alta, por la presencia de la carretera hacia Ocumare de la Costa y, bajo riesgo hacia el norte, donde no existe actividad humana.

Palabras clave: Vulnerabilidad, peligrosidad, riesgo, ordenación territorial.

Abstract

Petri Nets are a mathematical and graphical choice to model many kind of systems, which have been accepted by the scientist community, their permissiveness and spread give cause for being interpreted in several different ways during the modelling, making possible a wide range of applications. Although Petri Nets are not new, actually, the field of application continues growing thanks to their extensions and specific development. This review paper on Petri Nets provides the basic skills and concepts to help us to understand this topical research area.

Key words: Vulnerability, danger, risk, territorial arrangement.

1 Introducción

Por la importancia que tienen las cuencas hidrográficas como reservorios de agua y, conociendo el estado actual de la mayoría de éstas en América Latina, e incluso del mundo, producto de la inadecuada relación del hombre con su espacio, se hace necesario implementar acciones correctivas para minimizar dicha problemática. Lo planteado compete al área de la Cuenca Hidrográfica del Río El Limón; la cual se localiza en la región norte-costera de Venezuela; se extiende desde la vertiente sur del Parque Nacional Henri Pittier, al norte, hasta la desembocadura del Río El Limón en el Lago de Valencia, al sur (Ver figura #1); dentro de los límites del Municipio Mario Briceño Iragorry y el Parque Nacional Henri Pittier, en el Estado Aragua, Venezuela. Este espacio geográfico ha experimentado una intervención crítica de sus áreas y se ha convertido en una región vulnerable a cualquier desastre natural, pues la presencia de factores naturales, así como el hecho de que el país no cuenta con planes de prevención que aminoren los efectos de

fenómenos como el acontecido el 6 de Septiembre de 1987, que, tal como explica Elizalde et. al. (1987), se produjo, fundamentalmente, por la conjunción de factores naturales, iniciándose con lluvias de intensidad altamente excepcional. Las áreas con mayor pendiente, superficie paralela a la estructura geológica, mantos de alteración y suelos más espesos que retuvieran gran parte de la lluvia, fueron más susceptibles y se derrumbaron produciendo flujos rápidos de barro, piedras y árboles.

Por tanto, se plantea una metodología nueva para llevar a cabo la evaluación y análisis de los riesgos geológicos a los cuales está expuesta ésta importante cuenca, basada en el análisis de los principales factores condicionantes y desencadenantes de los procesos geológicos (deslizamientos e inundaciones), que potencialmente pueden causar daños sobre los seres humanos y bienes materiales.

2 Objetivos

2.1 General

Determinar y evaluar los factores de vulnerabilidad y riesgos geológicos que afectan la cuenca hidrográfica del Río El Limón, en pro del desarrollo del Plan de Ordenación del Territorio del Municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua.

2,2 Especificos

- Reconocer las formaciones litológicas que conforman la zona de estudio, por medio de la observación en campo y la realización-análisis de secciones finas de roca.
- Determinar los factores sísmicos, estructurales, geomorfológicos y geológicos que afectan la cuenca, para definir los procesos generadores de riesgos geológicos.
- Realizar la caracterización geotécnica de los suelos, en base a ensayos de laboratorio.
- Identificar las zonas de mayor susceptibilidad y peligrosidad, para elaborar un mapa de riesgos geológicos, que contribuya a la ejecución del Plan de Ordenación del Territorio del Estado Aragua.

3 Desarrollo de la investigación

3.1 Ubicación del área de estudio

La cuenca hidrográfica del Río El Limón está localizada dentro de los límites del Municipio Mario Briceño Iragorry y el Parque Nacional Henri Pittier, en el Estado Aragua, Venezuela, en un área aproximada de 7.690 Ha (Fig. 1).

3.2 Metodología

La investigación pretende determinar y evaluar los factores de vulnerabilidad, peligrosidad y riesgos geológicos, que afectan la cuenca hidrográfica del Río El Limón, al

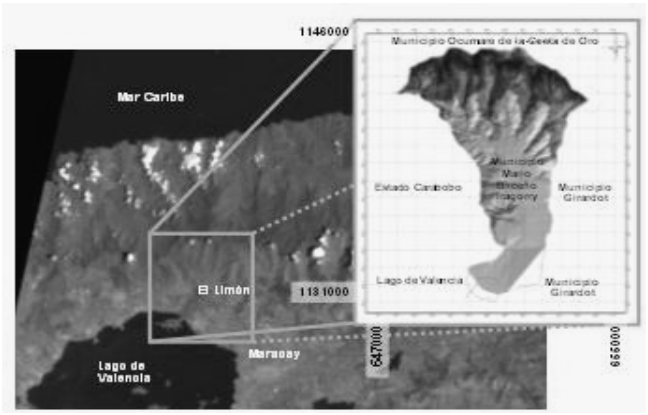

Fig. 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: propia

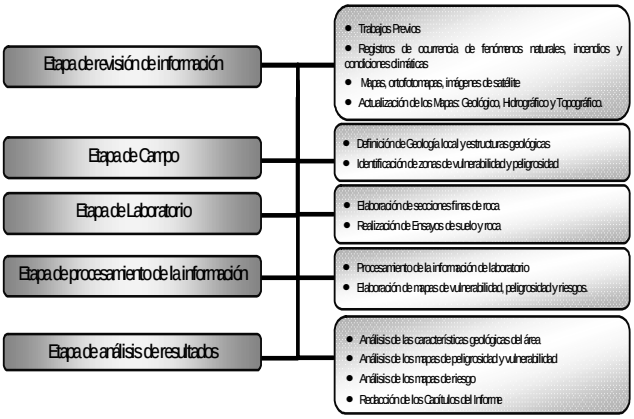

Fig.2. Esquema de la metodología. Fuente: propia.

aplicar un *Método Científico Clásico*, que consta de cinco etapas (Fig. 2):

3.2.1 Etapa de laboratorio

Ensayos en rocas

Para llevar a cabo los ensayos (Fig. 3), se utilizaron tres muestras de roca tomadas en diferentes puntos del área de estudio y, se realizaron los siguientes ensayos:

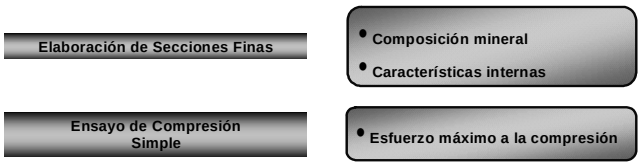

Fig. 3. Ensayos de roca realizados. Fuente: propia.

Ensayos en suelos

Se utilizaron 5 Kg de suelo de cada una de las zonas de muestreo, considerando la técnica de obtención de *muestras disturbadas*. Posteriormente se procedió a llevar las muestras al laboratorio para procesarlas por medio de diferentes ensayos (Fig. 4):

Fig. 4. Ensayos de suelos realizados. Fuente: propia.

3.2.2 Etapa de procesamiento de la información

Elaboración de mapas base

Las cartas topográficas y ortofotomapas del área de estudio, sirvieron para la digitalización del límite de la cuenca, las curvas de nivel y los cursos de agua presentes, utilizando el Sistema de Información Geográfico (SIG) *Arcview v.3.2®*, con la intención de elaborar el Mapa Base de la cuenca hidrográfica del Río El Limón escala 1:25.000, así como para confeccionar el Mapa Geológico y el Modelo Digital de Elevación (MDE). Para la elaboración de dichos mapas se utilizó el Sistema de Proyección Transversal MERCATOR, dato horizontal WGS-84, dato vertical nivel medio del mar, Hemisferio Norte, Huso 19; en sustitución del vértice provisional para Suramérica PSAD-56 (Venezuela), datum la Canoa, elipsoide Internacional 1909.

Elaboración de mapas de riesgo geológico a los deslizamientos.

Para la elaboración del mapa de riesgos geológicos a los deslizamientos e inundaciones, se aplicó la ecuación:

RIESGO = **Vulnerabilidad geológica + Peligrosidad + Vulnerabilidad social** Ec (1)

a. Mapas de vulnerabilidad geológica. Se elaboraron a partir de los mapas temáticos o inventario de los factores condicionantes de los procesos geológicos en estudio. Se obtuvo por medio de la aplicación de la ecuación:

Vulnerabilidad geológica = A***Tipo de suelo-roca aflorante** + B***Tipo de suelo-roca en subsuperficie** + C***Tipo de vegetación** + D***Hidrografía** + E***Balance hídrico** + F***Pendiente del terreno** + G***Orientación de las capas respecto al talud** Ec. (2)

donde:

Tipo de suelo-roca aflorante, tipo de suelo-roca en subsuperficie, actividad tectónica, tipo de vegetación, hidrografía, balance hídrico, pendiente del terreno y orientación de las capas respecto al talud: mapas temáticos o inventario de los factores condicionantes.

A, B, C, D, E, F, G, H: multiplicadores que se obtienen tomando en cuenta la importancia del factor en el proceso geológico (vulnerabilidad geológica). Para definirlos, se estableció la siguiente jerarquización (del 0 al 10), de acuerdo a su importancia en el proceso, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Valores de jerarquización de los factores

Grado de Vulnerabilidad	Valor de jerarquía
Muy vulnerable	9 – 10
Vulnerable	6 – 8
Medianamente vulnerable	4 – 5
Poco vulnerable	2 – 3
Muy poco vulnerable	0 – 1

Para efectos de la investigación, la vulnerabilidad al deslizamiento e inundaciones, los multiplicadores y factores condicionantes quedarían de la manera siguiente (Tabla 2a y 2b):

Tabla 2a. Jerarquización y asignación de valores a los factores condicionantes de deslizamientos

Orden	Factores desencadenantes	Valor de jerarquía
A	Tipo de suelo o roca aflorante	10
B	Tipo de suelo o roca en subsuperficie	2
C	Tipo de vegetación	8
D	Hidrografía	5
E	Balance hídrico	6
F	Pendiente del terreno	9
G	Orientación de las capas respecto al talud	7

Tabla 2b. Jerarquización y asignación de valores a los factores condicionantes de las Inundaciones

Orden	Factores desencadenantes	Valor de jerarquía
A	Tipo de suelo o roca aflorante	1
B	Tipo de suelo o roca en subsuperficie	3
C	Tipo de vegetación	8
D	Hidrografía	9
E	Balance hídrico	10
F	Pendiente del terreno	7
G	Orientación de las capas respecto al talud	1

La vulnerabilidad a estos procesos es producida por la actuación de factores condicionantes en grados diferentes, como se muestra en la tabla 3. Para dar explicación a cada uno, se evaluaron *parámetros secundarios* (permeabilidad, calidad de la roca, densidad de drenaje, entre otros), a los cuales se le asignó un rango de valores (del 0 al 5) para determinar su menor o mayor respuesta de vulnerabilidad al proceso (Tabla 3).

Tabla 3. Valores asignados a parámetros evaluados

Vulnerabilidad	Rango de Valores
Muy vulnerable	4.5 – 5
Vulnerable	3.5 - < 4.5
Medianamente vulnerable	3 - < 3.5
Poco vulnerable	2.5 - < 3.5
Muy poco vulnerable	< 2.5

Mapas temáticos o de inventario. Se elaboraron a partir de la evaluación de parámetros secundarios característicos de los factores condicionantes, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Mapas temáticos y parámetros secundarios evaluados

Factor condicionante	Parámetro secundario evaluado	Observaciones
A) Tipo de suelo-roca aflorante	Calidad de suelo + Calidad de roca	***Calidad de suelo =*** K+Ø+PE+C+F ***Calidad de roca =*** índice RMR de Bieniawski
B) Tipo de suelo-roca en subsuperficie	Litología + nivel freático	Mapas temáticos elaborados a partir de la información recopilada, cuya superposición en IDRISI permitió crear el mapa de Tipo de suelo-roca en subsuperficie.
C) Tipo de vegetación	Sin vegetación, Cultivos, Pastos o vegetación ligera, Hierba o grama y Bosques con vegetación densa	Parámetro cualitativo, el cual se evalúa a partir de la observación directa en campo.
D) Hidrografía	**Densidad de Drenaje =** $\frac{\Sigma \text{ longitud de cauces}}{\text{Área total}}$	Se utilizó el SIG Arcview v.3.2®, para dividir la cuenca en subcuencas, a las cuales se les calculó la longitud de los cauces según su orden (1, 2, 3, 4, 5) y el área total.
E) Balance hídrico	precipitación – evapotranspiración - escorrentía – infiltración = ± Variación del almacenamiento	Se considera, dentro del balance hídrico presentado, que la variación del almacenamiento es nula, con lo cual se puede encontrar el valor de la infiltración.
F) Pendiente del terreno	Mapa de pendientes	Elaborado en Arcview v.3.2® con las curvas de nivel previamente digitalizadas.
G) Orientación de las capas	Rumbo y buzamiento de las capas respecto al Rumbo y buzamiento del talud	Se tomaron los datos de las mediciones en campo, por medio de brújula Brunton.

Se crean mapas de contorno y se reclasifican, como se muestra a continuación en las Figs. 2 y 3:

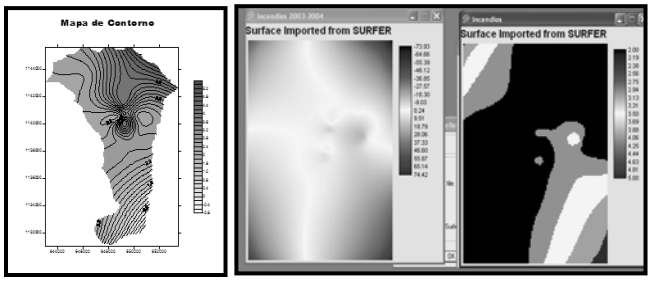

Fig. 2 y 3. Mapas de contorno y mapas reclasificados. Fuente: propia.

b. Mapas de peligrosidad. Se elaboraron a partir de los mapas temáticos de los factores desencadenantes del proceso geológico en estudio (Tabla 5).

Tabla 5. Factores desencadenantes y sus parámetros secundarios evaluados

Factor desencadenante	Observaciones
Incendios	**Incendios =** Σ incendios $_i$ ($i=1$ a n)
Actividad tectónico-sísmica	longitud de falla + actividad de falla
Registro de inundaciones	Se elaboró a partir de la información de zonas inundables registradas para el período comprendido entre 1693 hasta 1999

c. Mapas de vulnerabilidad social. Representados por los mapas temáticos correspondientes a los elementos sociales (Tabla 6).

Tabla 6. Factores condicionantes evaluados

Factor condicionante	Observaciones
Población	Obtenido a partir de tablas *base de datos* en Excel, con los datos de densidad de población, distribuidos según los diferentes sectores del área de estudio (parroquias)
Estructuras civiles	Muestra la ubicación de los centros poblados, las zonas recreativas o parques, instituciones de importancia (hospitales, escuelas, iglesias, entre otros) y demás estructuras civiles (puentes, túneles, etc.),

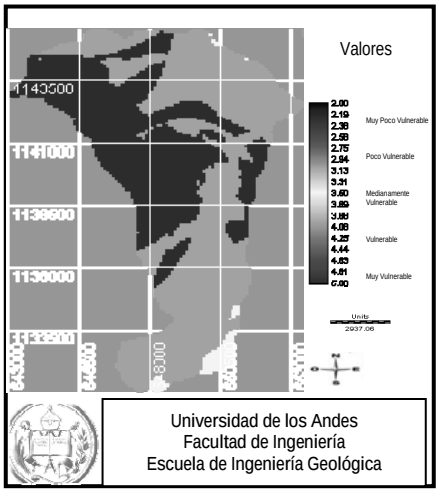

Fig. 4. Mapa de vulnerabilidad geológica a los deslizamientos. Fuente: propia.

4 Resultados

4.1 Mapa de vulnerabilidad geológica

4.1.1 Vulnerabilidad geológica a los deslizamientos

En el área de estudio se presentan frecuentemente movimientos de ladera, consecuencia de factores como: tipo de

litología, abundantes precipitaciones, fuertes pendientes, escasa vegetación, orientación desfavorable de las capas con respecto a los taludes, estructuras geológicas, el comportamiento hidrológico, etc. Éstos fueron considerados para elaborar el mapa de vulnerabilidad geológica por deslizamientos.

Luego de realizar la multiplicación de cada uno de ellos por su respectivo coeficiente previamente establecido, se realizó la sumatoria de los mismos.

Haciendo un análisis e interpretación del mapa generado (Fig. 4), es posible inferir que en la parte alta de la cuenca, ocurren deslizamientos de suelo, además de desprendimientos o caídas de bloques rocosos. En la parte media se identifican desprendimientos de material rocoso y flujos de derrubios. Para la parte baja, se tienen áreas vulnerables a este proceso, ya que allí afloran rocas metamórficas muy meteorizadas y fuertemente diaclasadas.

4.1.2. Vulnerabilidad geológica a las inundaciones

El área de estudio por localizarse dentro de una cuenca hidrográfica, está condicionada a la acción de los diferentes afluentes que drenan sus aguas al cauce principal, representado por el Río El Limón, así como a las condiciones climáticas reinantes. Las inundaciones, representan un evento natural y recurrente que se produce en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas.

La ubicación geográfica de esta importante cuenca, la hace susceptible a sufrir este fenómeno, debido a que en los meses de julio, agosto y septiembre, los cuales son los meses de lluvia, las precipitaciones medias alcanzan valores que van desde 150 mm, hasta valores mayores de 181 mm, Las fuertes lluvias a las cuales esta cuenca está expuesta, logran incrementar los niveles de las aguas de los ríos y quebradas.

El mapa de vulnerabilidad geológica a las inundaciones en esta cuenca (Fig. 5), fue elaborado de la misma manera que el de deslizamientos, solo que, como se dijo anteriormente, en este caso los parámetros evaluados fueron multiplicados por otros valores, dependiendo de su influencia en este fenómeno; dichos parámetros son el tipo de vegetación, la red de drenaje (hidrografía), el balance hídrico, y las pendientes del terreno, las cuales juegan un papel importante en la producción de eventos de esta naturaleza.

En el mapa se identifica que las áreas más vulnerables a inundarse son las correspondientes a la parte media y baja de la cuenca, abarcando también una porción de la parte alta debido a la presencia de las nacientes de algunas quebradas. Los sectores más propensos a inundarse serían Valle Verde, Las Mayas, La Candelaria, El Piñal, Corral de Piedra, Mata Seca, El Progreso, Caña de Azúcar, Los Rausseos, la Vía hacia Ocumare de la Costa y las áreas aledañas al Lago de Valencia.

Cabe destacar que el mapa arroja una pequeña porción de área con valor muy vulnerable, correspondiente a los sectores donde se interceptan las quebradas El Manguito y Corral de Piedra con el Río El Limón, registrándose allí los mayores valores de infiltración. Cabe acotar, que aunque en el mapa de vulnerabilidad geológica a la inundación, el sector El Paseo no se refleja como zona inundable, se constató, con experiencia de observación en campo, que el comportamiento hidráulico de las quebradas Valle Verde, La Soledad, Las Mayas, en unión con la Laguna Maya, bajo condiciones de fuertes lluvias en ésta área, genera inundaciones de magnitud considerable.

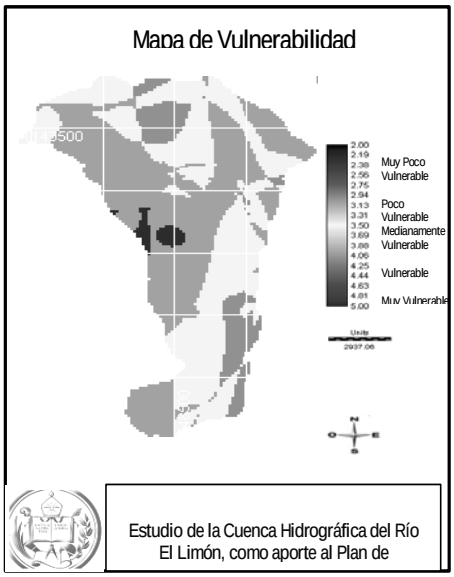

Fig. 5. Mapa de vulnerabilidad geológica a las inundaciones. Fuente: propia.

4.2. Mapa de peligrosidad

En el área de estudio se tiene un alto grado de fallamiento, con comportamiento activo e inactivo; la actividad de estas fallas, así como su extensión, van a producir posibles movimientos sísmicos, alterando el empaquetamiento de las partículas en macizos rocosos, y de los sedimentos en los suelos, actuando como un agente peligroso en la cuenca, como por ejemplo la Falla de El Limón, la cual es la más extensa y activa causando a lo largo de la misma mayor peligrosidad (Fig. 6).

En el caso de los incendios, el mapa se elaboró con la superposición de cinco mapas correspondientes a los incendios ocurridos desde el año 2000 hasta el 2005, dando lugar a un mapa de incendios final, donde se observa que las áreas más vulnerables a ser quemadas son, en su mayoría, las correspondientes a las filas y colinas que constituyen la parte media y baja de la cuenca, así como algunas zonas pertenecientes al Parque Nacional Henri Pittier (Fig. 6).

Según los registros de inundaciones en la cuenca, se elaboró un mapa en el que es evidente, que el mayor peligro de inundación se encuentra en las zonas media y baja de la misma, siendo el área adyacente al Lago de Valencia, la más peligrosa a inundarse.

Con la sumatoria de estos tres fenómenos de naturale-

za peligrosa, como son: los incendios, la actividad tectónica y los registros de inundaciones, se generó el mapa de peligrosidad, en el que se identifica que toda la cuenca presenta valores en el rango que va de peligroso a muy peligroso, en base a los eventos catastróficos aquí evaluados (Fig. 6).

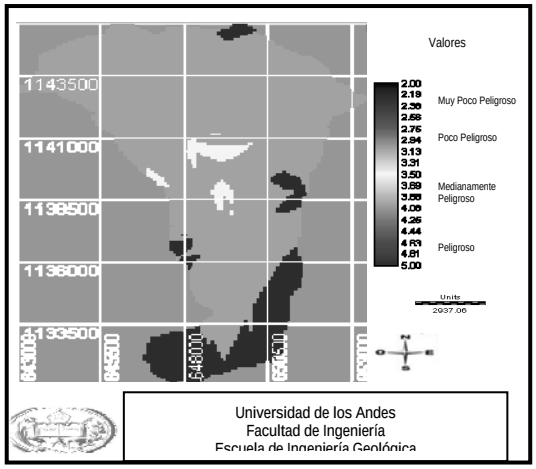

Fig.6. Mapa de peligrosidad. Fuente: propia

4.3. Mapa de vulnerabilidad social

El mapa de vulnerabilidad social resultó de la sumatoria de los mapas de distribución de población y obras civiles emplazadas en la cuenca (Fig. 7).

En el mapa la parte alta del área es muy vulnerable, ya que se encuentra la vía que comunica la ciudad de Maracay con la población de Ocumare de la Costa. En la parte media también se tienen altos valores de vulnerabilidad, debido a que allí se encuentra la gran masa poblacional. La parte baja está ocupada por la mayoría de empresas e industrias del estado, por lo cual el mapa arroja valores de muy vulnerables a vulnerables en estas zonas. Los rangos más bajos se encuentran en donde no existen obras civiles ni de infraestructura.

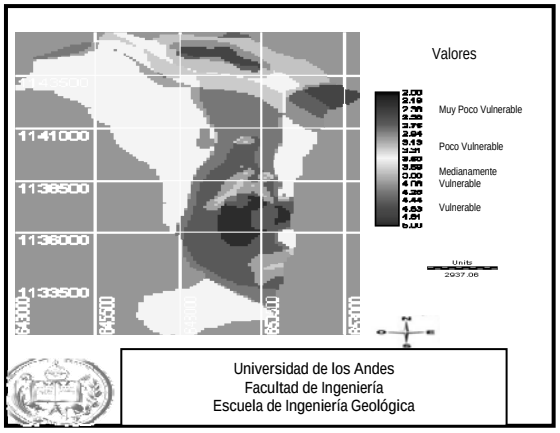

Fig. 7. Mapa de vulnerabilidad social

4.4 Mapa de riesgo

4.4.1 Riesgo a deslizamientos

Se puede afirmar que los deslizamientos constituyen importantes procesos de la dinámica superficial de la cuenca hidrográfica del Río El Limón, el mapa de riesgo a deslizamientos obtenido para ésta (Fig. 8), es el resultado de sus características geológicas, geomorfológicas, climáticas, geotécnicas, hidrogeológicas, aumentadas con algunos procesos socioeconómicos que ocurren en la misma, como el creciente y descontrolado incremento de la población y la falta de ordenamiento de los territorios.

Este mapa se obtuvo de la superposición de los mapas de vulnerabilidad geológica al deslizamiento, vulnerabilidad social y peligrosidad.

Sectoriza los lugares de bajo (color amarillo), mediano (color verde) y alto riesgo (color púrpura) a los deslizamientos, donde se evidencia que las áreas de mayor riesgo a sufrir este tipo de eventos son los sectores correspondientes a las partes media y baja de la cuenca. En el caso de la parte alta de la misma, se tienen valores de mediano a alto riesgo de deslizamientos (Fig. 8).

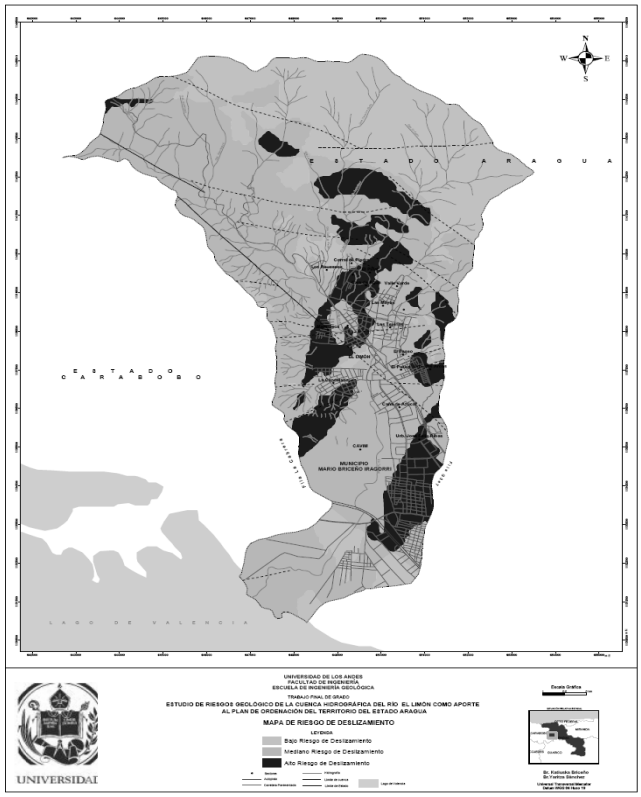

Fig. 8. Mapa de riesgos geológicos a los deslizamientos. Fuente: propia.

4.4.2. Riesgo a inundaciones

Las crecientes e inundaciones representan uno de los

principales desastres naturales que afectan constantemente la cuenca hidrográfica del Río El Limón, debido al comportamiento de sus quebradas y ríos. Las áreas que muestran los menores riesgos de inundación son las correspondientes a la parte alta de la cuenca, identificándose con color amarillo (Fig. 9). Dichas áreas se encuentran dentro del Parque Nacional Henri Pittier (vertiente sur), donde no hay actividad humana que pueda verse afectada por fenómenos de esta naturaleza. Las zonas representadas con color verde, corresponden a las zonas de mediano riesgo de inundación, las cuales representan un 75% del área total de la cuenca, se incluyen dentro de esta zona, una buena parte de los centros poblados más importantes del municipio y algunas vías de comunicación (Fig. 9).

Es posible afirmar que las zonas de mayor riesgos de inundación en esta cuenca, coinciden con las confluencias de las quebradas tributarias al Río El Limón, ésta situación se evidencia en los sectores Valle Verde, Corral de Piedras, Las Mayas, Tejerías, Mata Seca, La Candelaria, El Paseo, Los Arcos y las cercanías al Lago de Valencia, estas zonas se encuentran enmarcadas en las áreas de mayor riesgo de inundación, identificadas con color púrpura (Fig. 9).

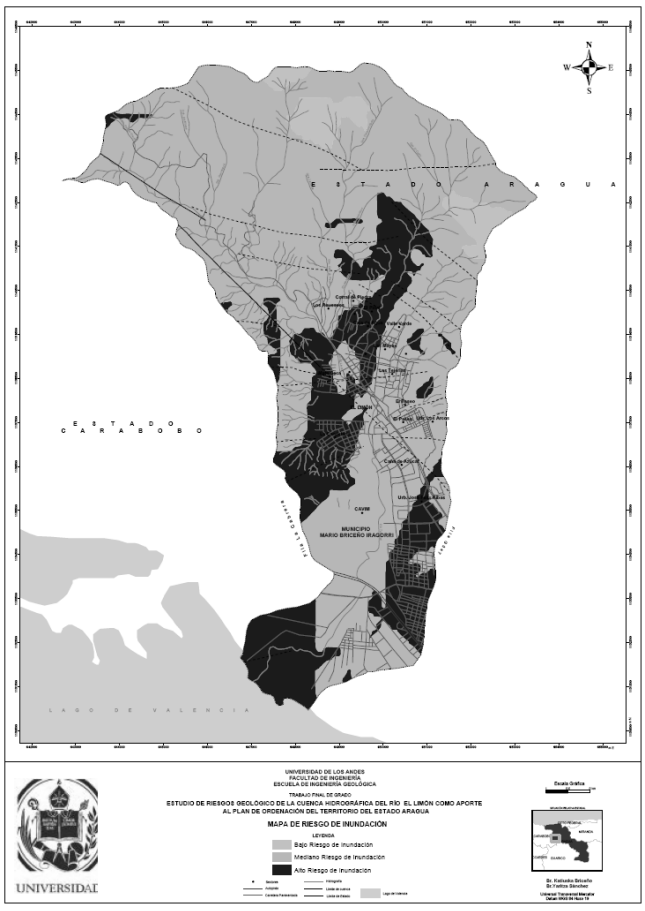

Fig. 9. Mapa de Riesgos Geológicos a Inundaciones. Fuente: propia.

5 Conclusiones

Los trabajos de campo permitieron corroborar y actualizar la información de la geología del área. Se obtuvo entonces que las formaciones litológicas corresponden a: esquistos cuarzo-feldespáticos micáceos (Fm. Las Brisas y San Julián), esquistos cuarzo-feldespáticos calcáreos (Fm. Las Mercedes), depósitos cuaternarios (aluviones) y depósitos sedimentarios de tipo "meta-conglomerados", conformados por clastos de origen metamórfico (esquistos, gneises, mármoles) en una matriz arenoso-limosa, que posiblemente corresponde a la base de la Formación Las Brisas.

La roca aflorante en la zona de estudio es afectada por planos de discontinuidad cuya orientación da lugar a acuñamientos bien definidos que constituyen planos preferenciales para el deslizamiento de los bloques que quedan expuestos debido al diaclasamiento neto al cual están sometidos los macizos. Las orientaciones casi ortogonales entre la foliación y las diaclasas presentes, permiten inferir que la roca ha sufrido dos tipos de esfuerzos durante períodos diferentes, uno asociado a la elevación de la Cordillera de la Costa por la Orogénesis del Cretácico Superior y otro asociado a la subducción de la placa del Caribe bajo la placa Suramericana.

Por medio de los ensayos de granulometría realizados para la investigación y aquellos consultados durante la recopilación de información, se logró definir que los suelos presentes en la parte media-baja de la cuenca corresponden a: arenas limosas (SM) y arenas bien gradadas (SW). A partir de la determinación del esfuerzo de compresión máximo en las muestras de roca analizadas, se pudo definir, por medio del índice RMR de Bieniawski (1989), que las rocas que forman los diversos macizos rocosos son de mala a muy mala calidad.

La determinación de los riesgos geológicos plantea un análisis de los factores condicionantes (vulnerabilidad geológica), los factores desencadenantes (peligrosidad) y de los elementos de población (vulnerabilidad social), los cuales dan lugar al fenómeno o proceso geológico.

El estudio de la vulnerabilidad geológica incluyó la evaluación de factores como: tipo de suelo-roca aflorante, tipo de suelo-roca en subsuperficie, tipo de vegetación, hidrografía, balance hídrico y orientación de las capas, cuyo solapamiento o suma algebraica, permitió generar el mapa de Vulnerabilidad Geológica del área. Para estudiar y cartografiar la peligrosidad, se evaluaron los factores desencadenantes, como: actividad tectónico-sísmica y registro de inundaciones e incendios. Para el caso de la vulnerabilidad social, se evaluó la ubicación de la mayor densidad de población y las obras civiles.

Finalmente, la superposición e interpretación de estos mapas, dio lugar a la sectorización de la cuenca en zonas de bajo, medio y alto riesgo, es decir, el mapa de riesgos geológicos deseado, donde se muestra que la parte alta y media de la cuenca es afectada principalmente por desliza-

mientos de bloques y suelos, siendo el área de afectación: la vía hacia Ocumare de la Costa, así como los sectores: Valle Verde, El Piñal, La Candelaria, Corral de Piedra, Mataseca y El Progreso; mientras que la parte baja (Urb. José Félix Rivas, Urb. Caña de Azúcar), al igual que las zonas cercanas al Lago de Valencia, se corresponden con las áreas menos riesgosas a sufrir fenómenos de deslizamientos, pero sí de inundación.

Referencias

Beloussov V, 197, Problemas básicos de geotectónica, Ediciones Omega, p.p. 156.

Boillot, G. 1984. Geología de los márgenes continentales. Ediciones Masson S.A., p.p. 69.

González C, Iturralde J y Picard X, 1980, Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones Foninves, Vol. I, p.p. 9.

González L, Ferrer M, Ortuño L y Oteo C, 2002. Ingeniería geológica. Editorial Pearson Educación, p.p. 608.

Graciano E, 2005, Desarrollo de un enfoque metodológico para el estudio de sistemas pedogeomorfológicos y de los suelos como componentes de los paisajes, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, p.p. 29-36.

Graciano E, Rosales A. y Bascones L, 1987, Aprender a convivir con la montaña: Catástrofe en la cuenca del río El Limón, Revista Carta Ecológica, Vol. 39.

Mattauer M, 1990, Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre, Ediciones Omega, p.p. 88.

Singer A, Rojas C y Lugo M, 1983, Inventario nacional de riesgos geológicos, Serie Técnica, FUNVISIS.

Ugas C, 1986, Ensayos de laboratorio en mecánica de suelos. 3ra. Edición, p.p. 106.

Whitten DG y Broks JR, 1980, Diccionario de geología. Alianza Editorial.