

Estudios de los riesgos geológico-ambientales del sector La Joya-San Jacinto en el Estado Mérida

Carlini*, Alejandro y Vera, Agustín

Escuela de Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela
*alejandrocarnib@yahoo.com

Resumen

Con el objeto de evaluar los riesgos geológicos-ambientales presentes en el área ocupada por La Joya – San Jacinto en el Estado Mérida, se ha llevado a cabo un análisis de las variables que intervienen en la realización de mapas geológicos, geomorfológicos y geotécnicos para obtener como resultado un mapa de sectores de inestabilidad. Este mapa se generó a través de la superposición de dichas variables asociándolas a diferentes rangos de pendientes presentes en el área de estudio, obteniendo de ésta manera sectores que son representados a través de porcentajes de inestabilidad. También es importante tomar en cuenta la continua expansión urbana que en los últimos 40 años ha afectado al área de la ciudad de Mérida, sin ningún tipo de control. Además, el sector ocupado por La Joya – San Jacinto es considerado como una zona de “posible expansión poblacional” (POU, 1992), por lo cual, este trabajo trata de servir de apoyo a aquellas organizaciones que realizan planes urbanísticos y obras civiles para evitar posibles desastres naturales en la zona.

Palabras clave: Riesgo, mapas, superposición, zonas, inestabilidad.

Ambient geological risks studies in La Joya-San Jacinto zone at Mérida state

Abstract

With the aim of evaluating ambient geological risks in La Joya-San Jacinto area at Mérida State, an analysis of variables that take part in carrying out the geological, geomorphological and geotechnical maps, has been made to obtain as a final product an instability sectors map. This map was created from the overlay of these variables associated with different ranges of slopes in the area, obtaining sectors that are represented by installation percentages. It is also important to take into account the continuous urban expansion that in the last 40 years has been affecting Mérida City, without any kind of control. Furthermore, the sector occupied by La Joya-San Jacinto is considered a “possible expansion zone” (POU, 1992), therefore this paper tries to help those organizations make urban plans and civil structures in that area to avoid possible natural disaster.

Key words: Risk, maps, overlay, zones, instability.

Recibido: 02-02-05 Revisado: 09-04-07

1. Introducción

Debido a la creciente demanda de terrenos aptos para la construcción de viviendas, se ha hecho necesaria la utilización de las zonas aledañas al cauce del Río Chama y las laderas y vertientes de la Sierra Nevada de Mérida específicamente en la Región de La Joya-San Jacinto. A consecuencia de posibles movimientos recientes de la zona de Falla de Boconó, se propuso un estudio geológico, geomorfológico y geotécnico de dicha zona con el propósito de conocer los riesgos planteados acerca de la inestabilidad potencial del terreno. Los movimientos de dicha zona de Falla podrían provocar desequilibrios en el perfil longitudinal del río Chama, el cual asociado a grandes períodos de lluvias torrenciales podrían activar procesos de remoción de masas de gran magnitud, perjudicando directamente a los habitantes de esta zona densamente poblada actualmente.

Es por esto que a través de estudios de suelos detallados y de análisis de variables geológicas y geomorfológicas se propone identificar y describir zonas de inestabilidad, y así elaborar diversos mapas para establecer aquellas zonas de posibles riesgos geológicos, con el fin de alertar a las poblaciones ubicadas dentro de estas zonas y servir de apoyo a aquellas organizaciones que realizan planes urbanísticos y obras civiles para evitar posibles desastres naturales.

Existen factores geológicos en la zona, como tipos de rocas friables, fallamientos, fracturas, y una tectónica compleja que mantiene en continua actividad a la Sierra Nevada, que al momento de actuar en una misma zona pueden coexistir con elementos antrópicos, pueden producir eventos desastrosos. Si sumamos a esto las variables geomorfológicas como entallamientos, cárcavamientos, escurrimientos difusos intensos, deslizamientos

desprendimientos, y la granulometría de los depósitos coluviales presentes en la zona, además de las varias geotécnicas, como tipos de suelos y su respectivo comportamiento como terreno de fundación, se tiene un conjunto de factores y variables que al ser analizados globalmente, aunadas a agentes climatológicos como lluvias y crecidas que la zona presenta un gran potencial de riesgo geológico e inestabilidad.

2. Riesgos geológicos

“La Ingeniería Geológica como ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas producidos por la interacción entre el medio geológico y la actividad humana, tiene una de sus principales aplicaciones en la evaluación, prevención y mitigación de los riesgos geológicos, es decir, de los daños ocasionados por los procesos geodinámicos (González de Vallejo, 2003)

Los problemas que se derivan de dicha interacción hacen indispensable plantear procedimientos adecuados para obtener un equilibrio entre las condiciones naturales y las acciones antrópicas sobre el terreno.

Según González de Vallejo (2003), para un estudio de Riesgo Geológico se deben manejar los términos: peligrosidad, riesgo y vulnerabilidad. La peligrosidad según el mismo autor, se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de determinada intensidad en un lapso de tiempo dado, tomando en cuenta: a) Donde cuando ocurrieron los procesos en el pasado, b) La intensidad y magnitud que tuvieron, c) Las zonas en que pueden ocurrir procesos futuros, y d) La frecuencia de ocurrencia (Varnes, 1984 y Barbat, 1998. Tomado de González de Vallejo, 2003).

Igualmente, el concepto de riesgo incorpora consideraciones socioeconómicas y se define como pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a edificios o a estructuras, etc.), y por último, la vulnerabilidad se define por el mismo autor como el grado de daño potencial en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada.

De acuerdo con lo antes dicho y en base al enfoque dado a este estudio, se propuso incorporar métodos que permitan planificar y elaborar zonas de inestabilidad, los cuales deben partir del conocimiento previo de los procesos geodinámicos y morfodinámicos del comportamiento geomecánico del terreno. Si a esto se le aplica términos como vulnerabilidad y costo, se puede generar zonas de riesgo, que engloben todas las características necesarias para evitar o reducir los riesgos geológicos e incorporar la influencia de estos a la planificación y ocupación del territorio. Sin embargo, a las zonas de inestabilidad que serán determinadas, no se le aplicarán los términos de vulnerabilidad y costos, sino que se propondrán zonas de posibles Riesgos geológicos al momento de estudiar todas las variables con el fin de alertar a los entes encargados de planificar y desarrollar emplazamientos de obras civiles a futuro en la zona de estudio.

La geología regional de la zona se compone de rocas que van desde el precámbrico hasta el reciente, sin embargo la principal formación rocosa presente es la Asociación Sierra Nevada, de edad Proterozoico Tardío, la cual se compone de esquistos, pegmatitas y gneises.

3. Geología local

Para los efectos de este estudio, la zona ha sido dividida cartográficamente en 3 unidades principales: una Unidad Coluvial, conformada por aquellos materiales transportados por gravedad, la acción hielo-deshielo y por el agua cuyo origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y su posterior transporte como derrumbios por procesos de remoción de masas. Frecuentemente se asocian a masas inestables. A esta unidad se atribuyen los numerosos conos de deyección presentes en la zona, así como los valles de los ríos Chama y Mucujún.

Una Unidad Aluvial, compuesta de materiales transportados y depositados por ríos. Su tamaño varía desde arcillas hasta las gravas, cantos y bloques, éstos últimos con carácter bien redondeado debido al continuo transporte que sufren. Esta unidad se atribuye a la Terraza de Mérida.

Y una última Unidad Rocosa, conformada por la Asociación Sierra Nevada, la cual ocupa el centro de la Cordillera de los Andes, constituyendo tanto el basamento de la Sierra de la Culata como el de la Sierra de Mérida; constituida esencialmente por esquistos y gneises cuarzo-feldespáticos, en el grado de la anfibolita del metamorfismo regional, los cuales se evidencian por la presencia de sillimanita y migmatitas. Los otros tipos petrológicos e representados por rocas muy silíceas, y localmente se encuentran lentes de anfibolitas, metareniscas y cuarcitas, las cuales por lo general aparecen intrusadas por diques pegmatíticos. En algunas localidades, algunas intrusiones graníticas han producido aureolas de contacto formando así zonas migmatíticas.

Esta asociación fue estudiada por Andara en 1994, el cual definió diferentes unidades dependiendo del tipo de roca asociada, así definió tres unidades: Unidad Granítica- Pegmatítica, Unidad Anfibolítica-Esquistosa y Unidad Migmatítica-Gnéisica. En la zona de estudio se reconocieron al menos dos de las unidades, la Unidad Pegmatítica (U1) y la Unidad Esquistosa (U2). De acuerdo con esto se procedió entonces a delimitar gracias a la escala empleada y en base a los afloramientos observados en campo y a los análisis de las fotografías aéreas, zonas donde se encuentran esquistos y otras donde afloran pegmatitas; dicha zonificación se realizó debido a que cada tipo de

presenta un comportamiento geotécnico y grados de estabilidad diferentes, por lo que se hizo necesaria su divisic



Fig. 1. Esquisto y pegmatitas asociadas en un afloramiento representativo de la zona. Nótense los colores de meteorización rojizos y grisáceos para las pegmatitas y los esquistos respectivamente, en fresco se presentan blanquecinas y grises oscuro.

En la Fig. 1 se pueden apreciar las rocas que principalmente componen la zona de estudio: las pegmatitas, con carácter friable, color blanquecino y abundantes cuarzos y feldespatos; y por encima de estas, los esquistos cuales presentan brillo sericítico, foliación característica, feldespatos, cuarzo y poca friabilidad.

4. Geología estructural

Como principal factor morfotectónico influyente, se tiene la traza de la Zona de Falla de Boconó, la cual atraviesa la zona de estudio de Noreste a Suroeste por debajo del material aluvional y controla visiblemente el curso de Chama. Aunado a la Falla de Boconó están dos fallas inferidas, de carácter regional, las cuales separan las lomas antes mencionadas. Estas fallas se infieren a través de las numerosas ensilladuras observadas en campo y algunas facetas triangulares apreciadas en las fotografías aéreas y en imágenes de satélite (Fig. 2). Dichas fallas se nombraron Falla 1 y Falla 2, la primera es la que se encuentra más próxima a la Zona de Falla de Boconó, segunda es la que le sigue. Además, en la mayoría de los afloramientos se aprecia como el material se encuentra muy brechado y fracturado, producto de la posible actividad de dichas fallas y la Falla de Boconó. Estas fallas atraviesan la zona de estudio en su totalidad y corren de manera casi paralela a la traza de la Zona de Falla de Boconó.



Fig. 2. Fotografía aérea de la zona mostrando los alineamientos de las posibles Falla 1 y Falla 2 presentes, además de la Zona de Falla de Boconó y la traza de la Falla de Albarregas; todas estas permiten apreciar la complicada geología estructural a la que se encuentra sometida la zona en cuestión.

5. Geomorfología

Se puede decir en general que la geomorfología de la zona consta de numerosas vertientes con problema movimientos de masas como desprendimientos, deslizamientos y reptaciones, que generan focos de inestabilidad continuos problemas para los residentes de la zona debido a los constantes bloqueos de las vías de comunicación mismo, los taludes de los conos y la terraza también son relevantes a la hora de calcular la inestabilidad debi que se presentan en toda la extensión del área y generan también numerosos desprendimientos como consecue de sus altas pendientes (Fig. 3). Los conos de deyección presentes son un problema latente para la pobla generando posibles zonas de riesgo debido a la probabilidad de reactivarse su formación, generando catástrof pérdidas humanas y materiales.

6. Análisis de suelos

Un modelo general de los suelos en la zona podría ser el siguiente: predominancia de materiales finos como lim arcillas, asociados a arenas y gravas en determinados zonas, mayormente donde se presentan los conos qu estudiaron previamente, lo cual consistiría en depósitos aluviales. El material fino proviene de la erosión de esquistos y gneises de la Asociación Sierra Nevada, los cuales se ven afectados por frecuentes procesos meteorización generando un desgaste de los mismos y convirtiéndose así en una fuente de aporte considerabl sedimentos para la conformación de los suelos que se ubican en el área de estudio. Los caracteres cohes friccionantes, las plasticidades y los porcentajes de Gravas, Arenas y Finos ayudan a comprender que hay z donde el terreno se puede comportar excelente o malo a la hora de realizar fundaciones sobre él. Si se tie mayores proporciones de finos, los suelos son clasificados como malos terrenos de fundación, permitiend clasificar esa área como geotécnicamente inestable.

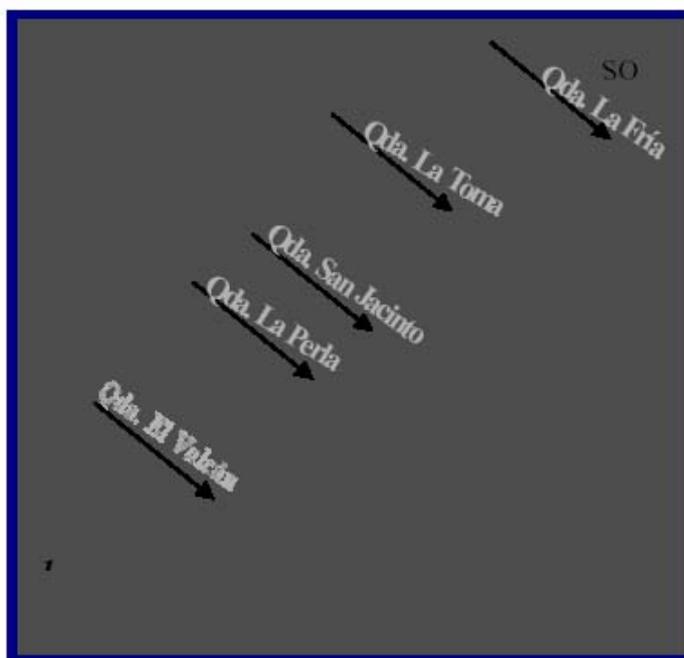


Fig. 3. Vista 3D de la zona donde se aprecian los diferentes conos de deyección y los nombres de las diferentes quebradas asociadas a los mismos. Nótense los pronunciados entallamientos en la cordillera y como el cono de San Jacinto ubicado en el centro de la imagen obligó al Río Chama a modificar su cauce.

En el caso de zonas que presentan arenas y gravas en la composición de sus suelos, y los finos están en m proporción, actuando como material cementante, se tienen condiciones de fricción y la granulometría indica que terrenos de excelentes a buenos para realizar fundaciones. Desde el punto de vista geotécnico, estos terreno pueden comportar de forma inestable debido a que son muy variables en dirección horizontal, lo que hace variar propiedades físicas y mecánicas, por lo que no se debe confiar en un solo método para una clasificaciór estabilidad.

7. Obtención de las zonas de inestabilidad

Este modelo trata de generar de una manera simple y directa un mapa de Sectores de Inestabilidad a través c superposición de variables reflejadas en mapas geológicos, geomorfológicos y de pendientes. Y así, tener c resultado zonas que representen porcentajes de inestabilidad tomando en cuenta todos los factores en un mi mapa, este mapa es llamado mapa de Sectores de Inestabilidad.

Cada mapa consta de parámetros físicos, los cuales se superponen en forma numérica de manera que la estabil

Cada mapa consta de parámetros físicos, los cuales se expresan en forma numérica de manera que la estabilidad queda representada por un valor porcentual donde un 100% representa zonas de perfecta estabilidad y un 0% representa zonas de total inestabilidad, pasando progresivamente por los valores intermedios. Para la obtención de dichos valores porcentuales se emplearon valores índices comprendidos entre uno (1) y cero (0), máximo y mínimo respectivamente, con respecto a la calidad geotécnica de la variable analizada. Es importante comprender que una de estas variables (litología, meteorización y estructuras, formas y procesos, y pendientes), deben ser tratadas aisladamente en una primera fase para luego ser analizadas en conjunto. (Feliziani, 1989)

8. Resultados y conclusiones

De acuerdo a lo anteriormente establecido, en la zona de estudio de forma general hay un notable predominio de zonas con estabilidad intermedia, seguidos por los sectores de estabilidad regular, luego los sectores inestables y al último los sectores estables y muy inestables. Esto debido a que se tiene una elevada variabilidad de características geotécnicas en toda la extensión, de ahí que el mapa geotécnico elaborado se componga de zonificación variada y compleja. En base a esto se puede describir el comportamiento geotécnico de los terrenos de acuerdo a las características analizadas y al sector asignado.

Sectores muy inestables. (0%-20%)

Los terrenos donde la estabilidad oscila entre un 0% y un 20% son muy escasos, allí predominan pendientes altas, rocas pegmatíticas muy friables, deslizamientos y la presencia de algunas de las fallas descritas anteriormente. Todos estos factores clasifican estos terrenos como muy inestables. Considerando que el terreno estudiado tiene una extensión aproximada de 64 Km.², éstos solo ocupan el 1% del total de la zona de estudio.

Sectores inestables. (20%-40%)

Los terrenos con estabilidades entre 20% y 40% se caracterizan por presentar pendientes altas, rocas pegmatíticas friables, esquistos, eventuales depósitos aluviales y coluviales, cárcavamiento, entallamiento de los ríos y sus zonas aledañas, además de ubicarse en las cercanías de los valles de inundación del río Chama y sufrir daños debidos a posibles alteraciones del perfil de equilibrio que activen una erosión regresiva sobre los cauces de los drenajes presentes en el área. Ocupan el 14% del total de la zona de estudio. También es importante destacar que en la zona de casi todos los conos de deyección estudiados se presentan zonas inestables, lo cual podría eventualmente estar asociado al fallamiento característico presente en la zona, causar desastres naturales en un futuro. El crecimiento desordenado y no planificado en esta zona hace vulnerable tanto al terreno como a la población que actualmente habita ante cualquier evento como la reactivación de la Zona de Falla de Boconó o un cambio en el perfil longitudinal del río Chama.



Fig. 4. Proceso activo de la formación de un cono de deyección en el Sector de El Palón cerca de Tabay, Mérida. El escarpe presenta cerca de 30 metros de altura y en total consta de unos 200-300 metros de extensión.

Sectores de estabilidad intermedia. (40%-60%)

Aquellos terrenos que poseen una estabilidad entre 40% y 60% corresponden a zonas de inestabilidad intermedia que ocupan un 30% del total de la zona de estudio, un porcentaje considerable con respecto a las demás zonas obtenidas. Se caracteriza por presentar pendientes intermedias, las cuales pueden variar, rocas pegmatíticas y esquistas eventuales, depósitos coluviales en su mayoría y algunos depósitos aluviales. Los escarpes de la zona

de Mérida se encuentran dentro de ésta zona, así como todas aquellas poblaciones emplazadas sobre los cono deyección presentes en el área. Existen numerosos sitios que se encuentran dentro y en las márgenes de Chama, los cuales son propensos a sufrir inundaciones debidas a una eventual crecida del mismo.

Sectores de estabilidad regular. (60%-80%)

Donde los terrenos presentan estabildades entre 60% y 80% los sectores son considerados como de estabil regular. Dichos terrenos ocupan un 40% del total de la zona de estudio. Parte de la terraza de Mérida se encue incluida en estos sectores, específicamente las proximidades a los escarpes de la misma y la traza de la Falla Albarregas. Del resto, la Granodiorita del Carmen en general presenta también ésta clasificación, así como el r de la Cordillera incluida en este estudio, donde las pendientes son altas, la meteorización es mínima, las zona falla no actúan de forma directa, el escurrimiento es moderado y los procesos geomorfológicos son incipientes.

Sectores estables. (80%-100%) Por ultimo, hay terrenos con porcentajes de estabilidad entre 80% y 100% cuales son considerados estables y ocupan un 15% del total de la zona estudiada, un porcentaje relativamente con respecto a los demás obtenidos y tomando en consideración que la mayoría de los sectores estables deberíar los que se encuentran poblados, lo que no se aplica y se aprecia claramente en este estudio. Se caracteriza zonas donde las pendientes son muy bajas, la meteorización es nula y los procesos geomorfológicos son incipier Esta zona ocupa mayormente la terraza de Mérida con sus depósitos aluviales y eventuales zonas en la Cordiller Mérida donde los índices de las variables analizadas son altos y clasifican dichos terrenos como estables.

Referencias

1. Andara A, 1994, Estudio geológico del Parque Nacional Sierra Nevada, Trabajo final de grado, Universidad de Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Mérida, Venezuela.
2. Cabello O, 1966, Estudio geomorfológico de Mérida y sus alrededores, Universidad de Los Andes, Facultad Forestal, Escuela de Geografía, Mérida, Venezuela.
3. Casteletti I, 2004, Nociones de mecánica de suelos, Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil, Mérida, Venezuela.
4. Feliziani P, 1989, Un modelo de predicción del comportamiento geotécnico de los terrenos, evolución metodolc y cartografía temática, Memorias del VII Congreso Geológico Venezolano, Tomo III, pp. 1137-1163, Barquisir Venezuela.
5. González de Vallejo L, Ferrer M, Ortuño L y Oteo C, 2002, Ingeniería geológica. Pearson Education, Ma España.
6. Ministerio de Energía y Minas (MEM), 1997, Léxico stratigráfico de Venezuela, Tercera edición, Tomos I Caracas, Venezuela.