

Un ensayo de zonificación física para la habilitación de barrios en los Andes venezolanos

*A physical zoning analysis for the outfitting of slums
in the venezuelan Andes*

Carlos Ferrer* y Jaime Laffaille**

Recibido: noviembre, 2002 / Aceptado: diciembre, 2002

Resumen

Se propone la aplicación de una técnica que permita definir, para regiones montañosas niveles de susceptibilidad expresados en términos de estabilidad / inestabilidad y propensión al colapso de laderas, limitantes asociados con la conducta torrencial de ríos y quebradas, restricciones por vicios del subsuelo o efectos del subdrenaje, sin dejar de incluir la serie de impedimentos relacionados con la dinámica de los abanicos aluviales en aquellos terrenos ocupados por barrios. Como elementos clave en la definición de los parámetros físicos cuyo potencial puede inducir a cambios se tienen: valores de pendiente, litología y disposición estructural en el sentido de establecer relaciones entre discontinuidades e inclinación del terreno. Especial énfasis adquiere la sismicidad (relaciones de atenuación) y se señalan las dificultades en la recolección de datos de precipitación: factores ambos claves como elementos detonantes. La evaluación de la tipología constructiva y los niveles de daño forman parte de la vulnerabilidad. Toda esta información constituye la base de los planos de uso recomendado de la tierra y de síntesis, herramientas útiles que facilitan la toma de decisiones relacionadas con planes de rehabilitación. Como ejemplos de caso se analizan las delicadas condiciones de una zona de barrios al suroeste de Valera (Trujillo), lo que refleja la crítica situación de las colinas que rodean esta ciudad; el barrio Los Pepos en Santa Cruz de Mora se sitúa sobre trazas activas de la falla de Boconó y dos sectores en la ciudad de Mérida afectadas por movimientos de masa activos (La Vega del Hospital y San José de Las Flores). Se insiste en la necesidad de definir parámetros comunes para la zonificación de áreas de comportamientos homogéneo: el único instrumento de evaluación que puede garantizar el éxito de los programas de habilitación de barrios.

Palabras claves: barrios; zonificación; niveles de susceptibilidad; vulnerabilidad; uso de la tierra; Andes venezolanos.

* Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos. Mérida–Venezuela. E-mail: carlosferrerve@yahoo.com

** Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Lab. de Sismología. Fundación para la Prevención de los Riesgos Sísmicos (FUNDAPRIS). Mérida–Venezuela. E-mail: jaimel@ula.ve; nicejaimi@msm.com

Abstract

The analysis proposes the application of a method to enable the definition of susceptibility levels for mountainous areas in terms of stability/instability and propensity to slope collapse, limiting factors associated with the torrential activity of rivers and streams, restrictions resulting from subsoil failing or sub-drainage effects, without excluding the lot restrictions related to the response of alluvial fans in slum-occupied lands. The key elements in the definition of physical parameters which may potentially induce change are: gradient values, lithology and structural formation so as to fix the relationship between discontinuities and terrain sloping. Special emphasis is made on seismicity (attenuation relation), and the difficulties to collect precipitation-related data are pointed out. The evaluation of the construction typology and damage levels form part of vulnerability. This information sets the basis of recommended land use diagrams and synthesis, helpful tools for decision-making when restoration plans are executed. Some examples of the above are the sensitive conditions at a slum area southwest of Valera (Trujillo State), which depicts the critical situation of the city's surrounding hills; Los Pepos slum in Santa Cruz de Mora, which is located on active traces of the Boconó fault; and, two sectors located in the city of Mérida affected by mass active motion (La Vega del Hospital and San José de Las Flores). It is necessary to set out standard schemes for carrying out zoning plans in areas of homogeneous behavior: the single evaluation instrument which may guarantee the execution of successful programs for slums outfitting.

Key words: slums; zoning; susceptibility levels; vulnerability; land use; venezuelan Andes.

Introducción

La preocupación y la urgente necesidad de encarar técnicamente y buscar soluciones a la problemática relacionada con los barrios marginales y su posible habilitación, plantea un desafío a la comunidad de técnicos y científicos del país. En este sentido constituye meta obligatoria la búsqueda de metodologías novedosas y conceptualmente simples que sirvan de orientación a los costosos estudios exploratorios y de los análisis puntuales de calidad de sitio. Esta oportunidad se vino canalizando mediante la instrumentación de sendos programas coordinados por el Consejo Nacional de la Vivienda (Habilitación Física de

Zonas de Barrios) y el Ministerio de Ciencias y Tecnología (Gestión de Riesgo y Reducción de Desastres; Vivienda y Hábitat); no obstante la idea original, altamente loable, parece haber sido derrotada ante la imposición del típico proceso inercial: el viviendismo.

El problema es reconocidamente grave y amerita un esfuerzo serio y sostenido orientado a resolver el déficit de 1.500.000 viviendas, de las cuales sólo 500.000 nuevas deben ser construidas y el resto recuperadas. Es justo reconocer el aporte dado por Baldó y Villanueva (1995;1998) en definir una filosofía orientada a la solución integral del problema y aupada a partir de un estudio encaminado a resolver la crítica situación

de los barrios de Caracas. Este marco de referencia fue ensayado durante la breve pasantía de ambos por el Consejo Nacional de la Vivienda, mediante la conformación de consorcios sociales que orientaban su acción al mejoramiento y (o) sustitución de viviendas y a la dotación de los barrios con una infraestructura que facilitase la integración de estas comunidades a los circuitos urbanos. En este sentido la organización y participación comunitaria, vía actividades autogestionarias, es la base fundamental en la solución del problema planteado. Este elemento de autogestión justifica por si solo la necesidad de presentar la información, recabada en el estudio físico, en un formato 'legible' para personas no especializadas.

En este sentido, algunos esfuerzos han sido realizados en los Andes venezolanos para darle soporte técnico al estudio de uno de los importantes componentes para el análisis de la habilitación de zonas de barrios: el conocimiento del medio físico. La evaluación detallada de las condiciones de sitio constituye el soporte sobre el cual se apoyará el trabajo y los resultados obtenidos por los restantes componentes (social y urbanístico). El ensayo de metodologías que permitan conocer las variables físicas y de esta forma identificar amenazas naturales actuales y potenciales y la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones y urbanismos, constituyen las bases para definir niveles de susceptibilidad y finalmente sugerir un marco referencial para el uso equilibrado y óptimo de la tierra.

Cuatro zonas de barrio ubicadas en tres centros urbanos de los Andes venezolanos fueron seleccionados como áreas piloto para el ensayo de una metodología de zonificación física (Figura 1). El primero de ellos constituye un conglomerado de barrios denominado Santa Rosalía del Onoto (Santa Rosalía, Santa Rosalía parte Alta, San Benito y Las Mercedes: Unidad de Desarrollo Urbano 4) localizados al suroeste de la ciudad de Valera (estado Trujillo). El segundo conjunto se ubica al norte de Santa Cruz de Mora (estado Mérida), y se define como sector Los Pepos (Pueblo Nuevo, Los Pepos, El Hospital y El Mirador). Dos barrios, La Vega del Hospital y San José de Las Flores (medio y alto), están situados en la margen izquierda del río Albarregas (casco urbano) y en el cerro Las Flores (sector norte) de la ciudad de Mérida, respectivamente (Figura 1).

Metodología y técnicas de trabajo

La idea fundamental es producir un conjunto de planos donde se expresen niveles de susceptibilidades en función de una serie de limitantes propio de los sitios analizados y que, por lo general son de difícil extrapolación de un lugar a otro. Se hace énfasis en la distribución espacial de la probable ocurrencia de colapsos de ladera (movimientos de masa, dinámica de torrentes, aguas de subdrenaje, formación de surcos / cárcavas y desarrollo de abanicos aluviales) que

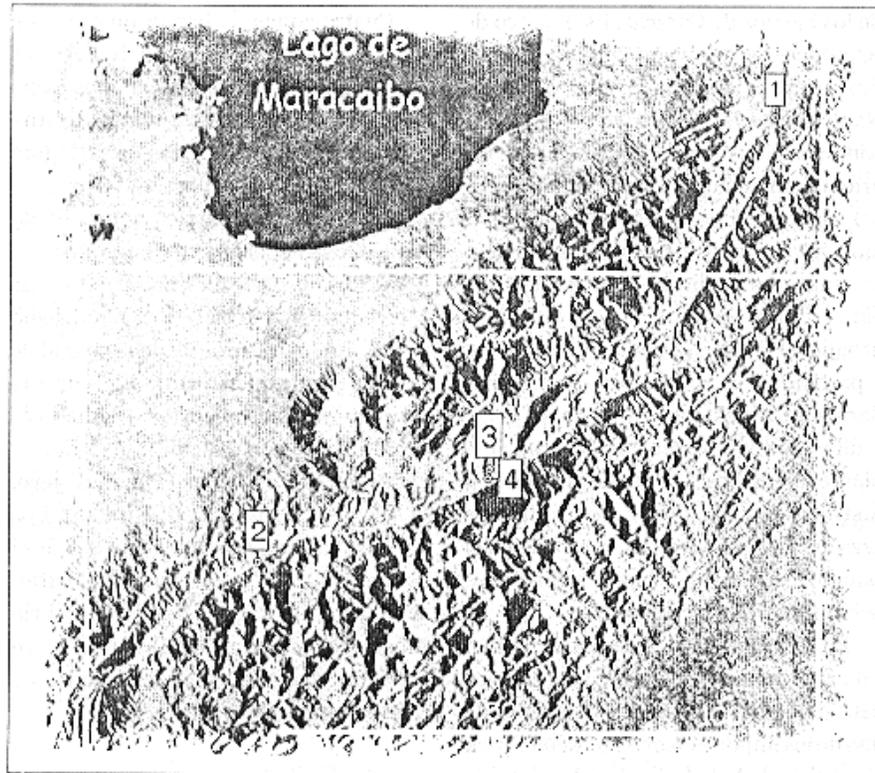


Figura 1. Localización de las áreas de estudio: (1) Santa Rosalía del Onoto (Valera, estado Trujillo); (2) Los Pepos (estado Mérida); (3) y (4) San José de Las Flores, La Vega del Hospital (Mérida, estado Mérida). Imagen de Radar: PDEVESA S.A.

puedan contribuir con fenómenos de inestabilidad en áreas montañosas. Estas técnicas se orientan a cartografiar en detalle los procesos y formas, precisar factores ambientales y establecer relaciones entre los mismos que conduzcan a definir problemas puntuales. Una de las ventajas de estas técnicas consiste en mantener los costos bajo parámetros moderados en función de los limitados recursos manejados por las instituciones dedicadas a resolver el problema de la

vivienda en el país. Detalles de estos aspectos metodológicos es posible encontrarlos en Brabb (1984), Carrara *et al.* (1995), Soeters y van Western (1996), Guzzetti *et al.* (1999), y en caso de aplicación de Sistemas de Información Geográfico, Clerici *et al.* (2002).

En regiones montañosas, como los Andes venezolanos se hace especial consideración en el análisis y cartografía de los movimientos de masa; en especial detalles como la definición del área de

despegue y la diferenciación con las zonas de acumulación, clasificándolos de acuerdo a los esquemas de mayor aceptación (Varnes, 1978; Hutchinson, 1988; Cruden y Varnes, 1996). De esta forma fueron reconocidos cinco grandes categorías (derrumbes, deslizamientos traslacionales y rotacionales, flujos y de tipo complejo) y sus niveles de actividad (activos, inactivos y relictos; estables, inestables y potencialmente inestables), definidos en las respectivas leyendas (figuras 2 y 3). Entre los posibles factores que contribuyen con la inestabilidad se consideran la litología (expresada como unidades litoestratigráficas), valores de pendiente, orientación de las estructuras y su posición en relación a la pendiente; las evidencias de fallamiento reciente fueron consideradas y cartografiadas cuidadosamente (Ferrer, 2002).

Como factores detonante de la inestabilidad de las laderas se analiza la actividad sísmica en función de relaciones de atenuación obtenidas por Laffaille y Rengifo (1999), en base a un evento de magnitud moderada (5.3 grados) que sacudió la región de Carora – Curarigua (Lara), que dió como resultado:

$$I_0-I = -3.25 + 4.14 \log R \text{ (dirección norte-sur) (1)}$$

$$I_0-I = -2.9 + 4.02 \log R \text{ (dirección este-oeste) (2)}$$

A partir de relaciones empíricas entre la intensidad epicentral (I_0) y la magnitud, la intensidad (I) a una distancia R y la aceleración horizontal del suelo (Sauter,

1989) se puede plantear la ecuación (1) como:

$$\log a = 0.65 + 0.54M - 1.49 \log R \text{ (3)}$$

En base a esta relación de atenuación se obtiene un valor de aceleración máxima (aceleración de gravedad) de: $a_{max} = 0,389g$ y un $a_{medio} = 0,25g$ para el Barrio de Santa Rosalía del Onoto (Valera) (sismo de magnitud 6.9, profundidad 12,5 km y un radio epicentral de 10 km) (Ferrer y Laffaille, 2000). Para el barrio Los Pepos (Santa Cruz de Mora), este valor se estima en $a_{max} = 0,411g$ (magnitud 7.2; profundidad 12,5km y un radio epicentral de 15km) (Ferrer y Laffaille 2002 a). La aceleración máxima varía de (a_{max}) 0,24g a 0,3g para La Vega del Hospital (Mérida), a partir de un evento modelo de magnitud 6 y distancia de foco entre 9–12 km. (Ferrer y Laffaille, 2002b; En Prensa). Para el caso de San José de Las Flores (Alto y Medio) este valor se estima entre (a_{max}) 0,25g – 0,3g (evento modelo de magnitud 6; epicentro en trazas cercanas para una distancia al foco de 9–12km). (Ferrer y Laffaille, 2002c;d).

Con la vulnerabilidad asociada a edificaciones se definen las tipologías predominantes o promedio con base a la estimación de daños probables en escenarios preferentemente sísmicos; en este sentido se adoptó la clasificación de más amplio uso (Escala MSK). Se incluye tres tipos básicos: A (tradicional), B (artesanal), C (diseño estructural) y R (rancho) (Cuadro 1).

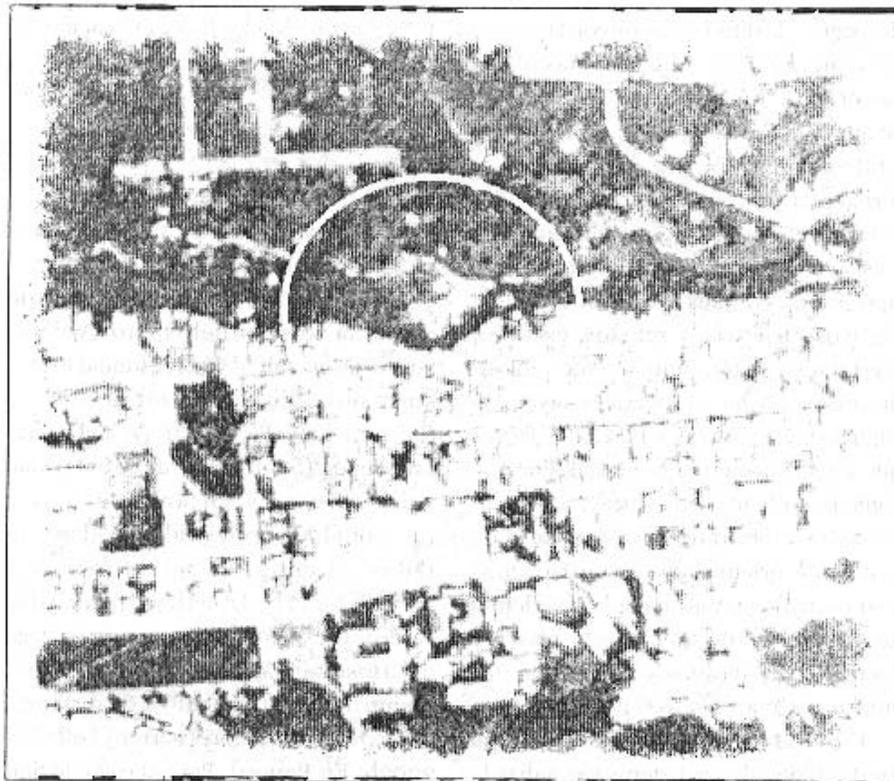


Figura 2. Plano geológico y geomorfológico de la zona de barrios de Santa Rosalía del Onoto (Valera, estado Trujillo) (Ferrer y Laffaille, 2000)

Condiciones físicas generales

Constituyen los Andes de Venezuela la cordillera más extensa y mejor desarrollada del país; se extiende desde la cordillera Oriental de Colombia hasta las cercanías de la ciudad de Barquisimeto, a lo largo de casi 500km y un ancho que alcanza los 100km. De clara orientación suroeste – noroeste, varía de altitudes entre 80-100m en ambos piedemontes hasta casi 5000m en el pico Bolívar. Los Andes abarcan los estados Táchira,

Mérida, Trujillo y parte de Lara. La cordillera funciona como una barrera entre las regiones caribeñas y las llanuras del interior, lo que determina la distribución de las precipitaciones y las temperaturas, al controlar la orientación y la altitud. Cuatro grandes unidades morfoestructurales pueden ser reconocidas: depresiones de Táchira y Barquisimeto; la cadena central cortada por una gran estructura geológica, zona de fallas de Boconó y caracterizada por una serie de valles intercorderanos.

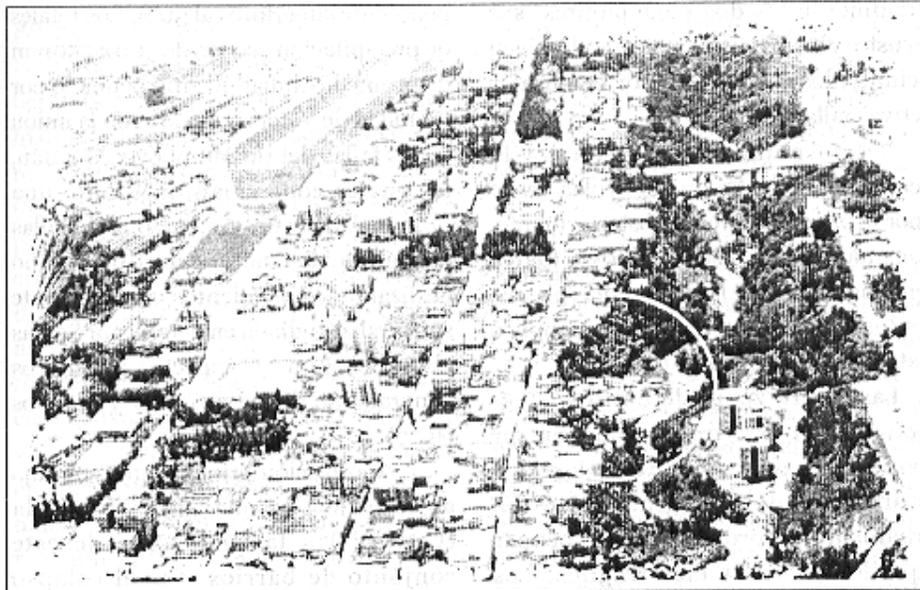


Figura 3. Perfiles geológicos de la zona de barrios de Santa Rosalía del Onoto (Valera, estado Trujillo) (Ferrer y Laffaille, 2000)

Cuadro 1. Clasificación de las edificaciones de acuerdo a su tipología, materiales de construcción y grado de vulnerabilidad.

Tipo	Descripción	Vulnerabilidad
R	Rancho	X
A1	Tradicional: paredes de adobe y techo de teja	XI
A2	Tradicional: paredes de tapia y techo de teja	IX
A3	Tradicional: paredes de bahareque y techo de teja	VI
A6	Tradicional: paredes de bahareque y techo de zinc o tejalit	IV
AB	Tradicional reforzada: paredes de tierra o bloques, columnas, techo de teja.	VIII
B1	Artesanal: paredes de bloque trabado y techo de zinc o tejalit	VII
B2	Artesanal: paredes bloque, machones y de techo de zinc o tejalit	V
B4	Artesanal: paredes de bloque, columnas y techo de zinc o tejalit	III
B5	Artesanal: paredes de bloque, columnas y vigas	II
C	Diseño estructural	I
	I: mejor, XI: peor.	

Finalmente los dos piedemontes: sur lacustre y llanos occidentales, ambos bien delimitados y definidos por extensas y activas fallas inversas.

Los asentamientos humanos y la ocupación de las tierras agrícolas desde épocas precolombinas y posteriormente, con más fuerza, ha seguido la lógica tendencia a ocupar las tierras más planas, conformadas en su mayoría por amplios sistemas de abanicos aluviales.

Las cuatro zonas de barrios seleccionados en este trabajo pueden ser considerados representativas de la región andina, donde una gran parte del urbanismo desordenado suele ocupar aquellos terrenos más frágiles. Los problemas encontrados consisten, tal y como fue ilustrado en la primera parte, en la desestabilización y ruptura del equilibrio natural de las laderas, del comportamiento del agua superficial y subsuperficial de modo que uno de los objetivos fundamentales debe ser orientado a la evaluación de las probabilidades que en el futuro ocurran colapsos y la forma como sus efectos impactan la seguridad de las áreas marginales.

Análisis de casos y resultados

Santa Rosalía del Onoto: zona de barrios en la ciudad de Valera

Incluye la sección media e inferior de una cuenca de tercer orden, con altitudes que varían de 525 a 700 msnm; algo más del 67% del área ocupada posee valores de

pendiente superiores al 30%. Los totales de precipitación oscilan de 500 a 550mm de promedio anual. El sitio ocupado por la ciudad de Valera coincide con la unión de las fallas del río Momboy y Motatán, las cuales conforman, mediante una pronunciada inflexión, la zona de fallas de Valera. Estructura de tipo rumbo deslizante y movimientos predominante sinistral, estudiada en detalle por Soulas (1985) (Figura 1). Aspectos geológicos generales se deben a García y Campos (1977).

La motivación principal que condujo al Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI) a la evaluación de este conjunto de barrios fue el colapso generado por el deslizamiento de Santa Rosalía (Blas Santiago, com. pers., 1999). Este movimiento de masa tuvo lugar a principios del año 1999 y afectó, con severos daños a numerosas viviendas. Se trató de una serie de deslizamientos rotacionales retrogresivos, con un volumen estimado entre 750.000 a 900.000 m³, representativo de las delicadas condiciones de estabilidad del área (Ferrer y Laffaille, 2000; 2001) (Figuras 2 y 3).

El área ocupada por estas barriadas presenta serios limitantes debido a la baja calidad del material rocoso, disposición estructural favorable al corte, agravada por los altos valores de pendiente, una muy activa circulación de flujos sub-superficiales que generan un pronunciado lavado de finos (textura SM muy sensibles) mediante el conocido proceso de tubificación (piping) (Figura 3:

Perfiles A-A' y B-B'). A ello se le agrega la presencia de dos importantes superficies de ruptura (fallas recientes) y un historial sísmico que hace previsible movimientos de magnitudes moderadas ($4 < M < 6$). El problema más grave, lo que puede ser extrapolado a otras áreas de la ciudad de Valera, lo constituye la inestabilidad geomorfológica. Predominan en todo el sector deslizamientos rotacionales y traslacionales, muchos de ellos activos y otros relictos (Figuras 2 y 3). De acuerdo a los resultados obtenidos en encuestas, consultas a diarios regionales y catálogos, existe una estrecha relación entre eventos sísmicos (moderados), desplazamientos de los terrenos y el desalojo de habitantes por inestabilidad de los terrenos (Ferrer y Laffaille, 2000).

A partir del estudio de tipología constructiva y distribución de daños en viviendas (vulnerabilidad), así como de las condiciones física de los terrenos sobre ellos construidos, se determinó que bajo un escenario sísmico (moderado) daría como resultado: 35 viviendas parcialmente destruidas y cerca de 300 con daños de consideración. El plano de susceptibilidad indica que de las 54 has de superficie ocupadas por estos asentamientos pueden ser considerados: terrenos estables (con restricciones) alrededor del 20%; terrenos con limitaciones que varían de leves a severas, 15%; terrenos potencialmente inestables, 30%; inestables, 35%. En síntesis, alrededor del 80% de los terrenos que conforman este sector de la ciudad de Valera presenta muy

fuertes limitaciones para su desarrollo (Ferrer y Laffaille, 2000).

Barrios ubicados en el área de influencia de la falla de Boconó: estado Mérida

Los Pepos, Santa Cruz de Mora

El primero de ellos se localiza en el área norte del poblado de Santa Cruz de Mora (cuenca del río Mocotíes): este conjunto de barrios, englobados con el nombre de Los Pepos conforma alrededor del 40% del casco urbano de esta ciudad. Una serie de colinas alineadas al patrón principal del fallamiento regional y constituidas por filitas de colores verdosos a grisáceos, intercaladas por capas de 20–30cm de un esquisto finamente foliado y en forma dispersa por metalimolitas, relacionadas con la Asociación Mucuchachí (Carbonífero), cartografiada en la región por García *et al.* (s/f). Toda la sección está muy plegada y fuertemente tectonizada. Los promedios de precipitación alcanzan los 1.900-2150 mm / anual, determinando la presencia de un bosque húmedo tropical (bhT) como zona de vida. Dos cursos de régimen esporádico atraviesan el área, alimentados vía subdrenajes y cuyos períodos de retorno para eventos importantes parecen ser bastante largos (superiores a los 100 años; según información de los pobladores y presencia en los cauces de viviendas que datan de más de un centenar de años), no por ello los mismos deben ser subestimados.

Las condiciones físicas del área de estudio definen un alto nivel de fracturamiento de los macizos rocosos y un

debilitamiento de los mismos, una distribución del agua de percolación a lo largo de las discontinuidades que genera una meteorización diferencial profunda, a su vez favorecida por el intenso plegamiento y todo ello combinado con valores de pendiente que varían de moderado a fuerte. La mayor amenaza lo constituye la actividad sísmica; al tomar los valores de aceleración anteriormente referenciados, los daños esperados se cuantificarían en base al siguiente patrón: 50% de edificaciones tradicionales (Tipo A) así como ranchos y viviendas del Tipo B podrían resultar destruidas o sufrirían severos daños. Edificaciones Tipo B con estructuras resultarían destruidas en un porcentaje cercano al 5%; las demás experimentarían daños de consideración (incluye colapso total). Construcciones del Tipo B que poseen vigas y columnas, así como las del Tipo C, tendrían daños reparables (grietas y rajaduras profundas), no obstante algunas sufrirían daños severos (Ferrer y Laffaille, 2002a).

Aproximadamente el 30-35% de la superficie total del área ocupada por Los Pepos fue evaluada como no recomendada para la consolidación o el desarrollo de nuevas viviendas. Corresponde a los sectores ubicados al norte-noroeste y suroeste, que abarca terrenos sometidos a fuertes limitantes (deslizamientos, deformaciones progresivas, subdrenajes y lavado de finos, baja calidad del material rocoso) y restringido por valores de pendiente muy inclinadas (27-45%). Predomina aquí el subtipo de vivienda más vulnerable a la actividad sísmica

(Tipo B,) (Cuadro 1), correspondiente a un diseño del Instituto Nacional de Vivienda (INAVI).

La inestabilidad detectada se refleja en los patrones de daños, bien sean ellos agrietamientos generalizados por socavamiento; derrumbes y deformaciones por deslizamientos. La conclusión es obvia, impedir y desestimular la construcción de nuevas viviendas en estos sectores, considerar como prioritario el diseño de adecuados sistemas de drenaje y la estabilización de algunos taludes señalados en la cartografía. Una gran parte del área cubierta por estas barriadas pueden ser desarrolladas o consolidadas, ya que presentan buenos márgenes de seguridad; aquellas viviendas que necesitan ser reforzadas, con la finalidad de mejorar su comportamiento sismorresistente, son adecuadamente señalados, mediante colores, en los juegos de planos que acompañan el trabajo (Ferrer y Laffaille, 2002a).

Los terrenos más extensos coinciden con sectores de pendiente moderada, la incidencia de movimientos de masa y problemas asociados con la tubificación son menores, la presencia de tres trazas 'frescas' producidas por el fallamiento relacionados con la estructura mayor fueron detalladas en la información y se le dió especial consideración dentro de los riesgos sísmicos. El sector Los Pepos y Pueblo Nuevo, núcleo tradicional, presenta el mayor número y densidad de viviendas, así como la mejor red de vialidad y servicios consolidados. En la evaluación de la vulnerabilidad se detectaron un número importante de

casas agrietadas, daños estos que deben ser considerados como leves, relacionadas con deficiencias en las técnicas constructivas. La recomendación más sensata debe ser necesariamente orientada, vista la alta densidad de viviendas y considerable población, a la instrumentación de un plan piloto encaminado a concientizar a la comunidad en materia tan importante como es el comportamiento ante eventos extremos. Además de sugerir la ubicación adecuada de puestos de atención de emergencias, se evaluaron los niveles de percepción mediante encuestas diseñadas a medir la capacidad de respuestas y ajustes; estos resultados serán publicados posteriormente (Ferrer y Laffaille, 2002a).

La Vega del Hospital: barrio situado sobre una masa deslizada en el casco urbano de Mérida

El barrio La Vega del Hospital, situado en la margen izquierda del río Albarregas, se ubica sobre una masa deslizada tal y como puede ser apreciado en la figura. 4 (a y b). Muy probablemente se trata de un deslizamiento rotacional que, según los resultados presentados por Ferrer y Laffaille (2002d; En Prensa), se puede asumir que alcanzó su ángulo de reposo, por tanto una posible reactivación puede ser descartada, no obstante son previsible colapsos parciales. Las condiciones del material en el área de despegue no difieren de lo observado a lo largo de los taludes del abanico – terraza que sirve de sostén a la ciudad, sin embargo en el sitio analizado, el manto

freático se localiza entre los 3,5 y 4m de profundidad; evidencias de manantiales y líneas de percolación son numerosas. Esta situación de humedad, suelos localmente saturados, taludes casi verticales, condiciones previas de socavación por parte del río Albarregas y ubicado en una zona de fallamiento activo (falla Albarregas; originalmente identificada por Oliveros, 1976), hace pensar la existencia de posibles detonantes sísmicos para explicar parcialmente el origen del deslizamiento. Sobre este movimiento de masa, cuyo volumen se puede estimar entre 75.000 a 120.000 m³, han sido construidas unas 30 viviendas que ocupan una superficie de 3 has.

En la figura 5, tipología y vulnerabilidad, se muestra la distribución de las viviendas, características constructivas, distribución y tipos de daños. La combinación con la información de carácter físico y como procedimiento normal en trabajos con estas características, ya suficientemente explicado en páginas precedentes, se presenta los diferentes Niveles de Susceptibilidad (Figura 6), que para el caso analizado corresponde a cuatro limitantes: aquellos asociados con el borde del talud; con factores inherentes a la masa deslizada; las áreas potencialmente amenazadas por la dinámica del río Albarregas y como elemento de importancia se consideraron los sectores densamente urbanizados que ocupan el borde del talud.

En el uso recomendado de la tierra (Figura 7) se reconoce un grupo de viviendas que ocupan la corona del

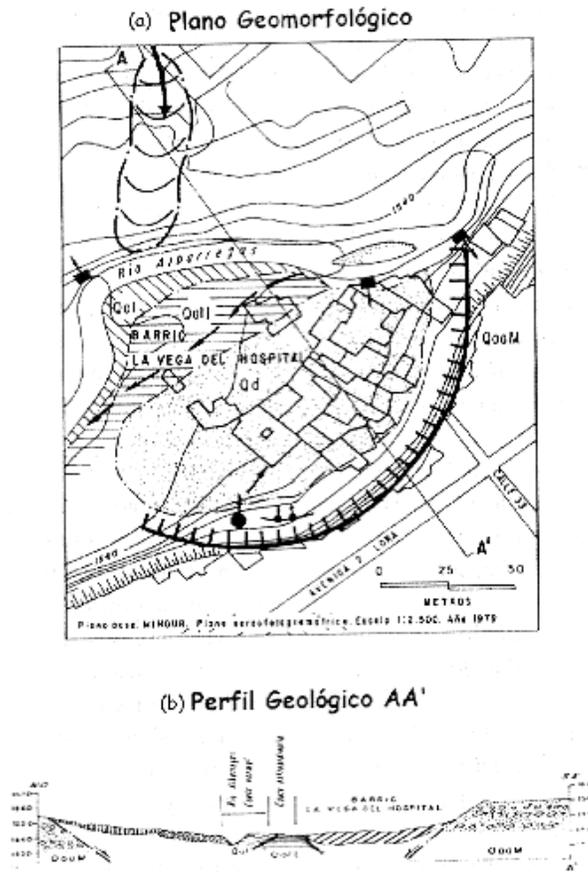


Figura 4. Barrio La Vega del Hospital (Mérida): a) Plano geomorfológico; b) Perfil geológico. (Ferrer, 2002; Ferrer y Laffaille, 2002b; En Prensa)

deslizamiento; se trata de construcciones en situación precaria, sin diseño sismorresistente y severas deficiencias constructivas. Estas limitantes constituyen una seria amenaza de colapso en escenario sísmico o en la eventualidad de reactivación parcial del deslizamiento por exceso de humedad o debilitamiento por

lavado de finos. Para el caso específico de las viviendas localizadas sobre la masa deslizada (Figuras 4a y b), donde es de esperarse aceleraciones altas y graves problemas relacionados con la baja calidad constructiva, se hacen recomendaciones puntuales para el mejoramiento de las edificaciones mediante el

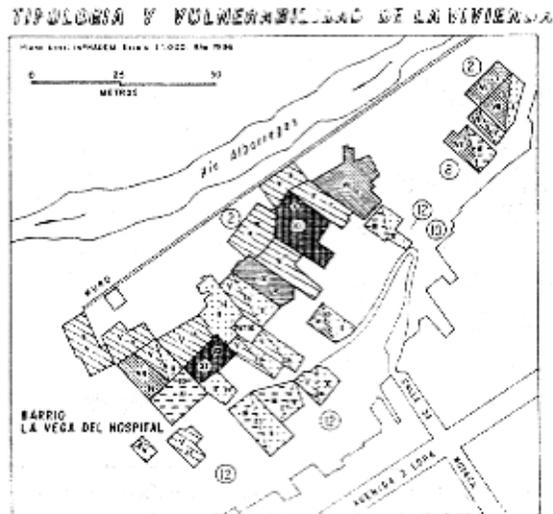


Figura 5. Ejemplo de tipología y niveles de daños en La Vega del Hospital (Mérida). (Ferrer y Laffaille, 2002b; En Prensa)

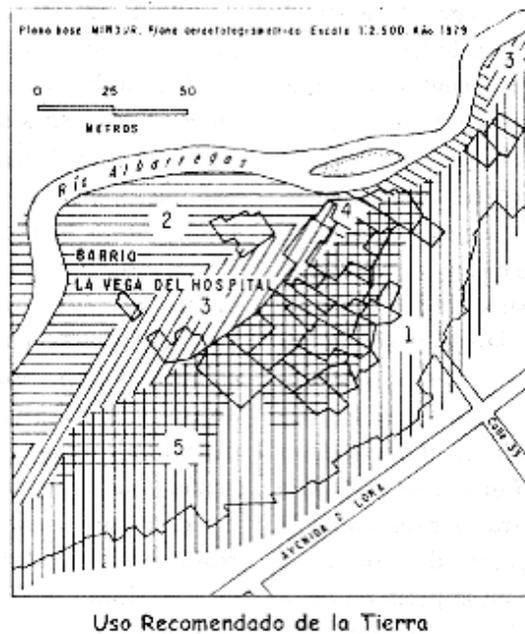


Figura 6. Ejemplo de las diferentes categorías de niveles de susceptibilidad utilizados para el caso de La Vega del Hospital (Mérida). (Ferrer y Laffaille, 2002b; En Prensa)

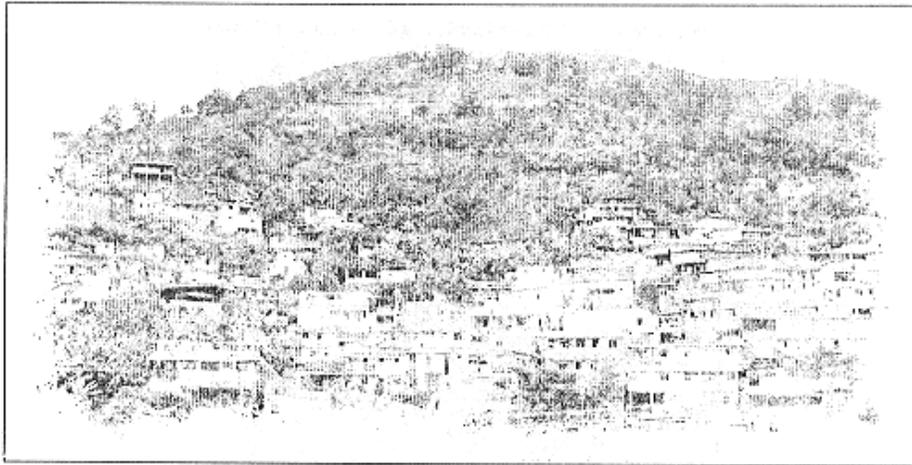


Figura 7. Uso recomendado de la tierra para el caso específico del barrio La Vega del Hospital (Mérida). (Ferrer y Laffaille, 2002b; En Prensa)

reforzamiento estructural. La amenaza real de desbordes (crecidas torrenciales) del río Albarregas y las graves deficiencias en la construcción de las viviendas ubicadas en esta área permiten sugerir el reforzamiento del muro de protección. Como recomendación general se señala la necesidad de prohibir nuevas edificaciones. Como ejemplo del uso autogestionario que trabajos de este tipo deben tener por parte de las comunidades, se incluye un plano síntesis (Figura 8).

Inestabilidad de laderas al norte de la ciudad de Mérida: San José Alto y Medio
Como ejemplo de graves problemas de inestabilidad se analizan dos conjuntos de barrios situados en la periferia de la ciudad de Mérida. Estos asentamientos ocupan las estribaciones sur del cerro Las Flores (Figura 1). En este sector, los

valores de pendiente superan los 30% y las condiciones climáticas son adversas debido a los significativos valores de precipitación (1750mm/anual).

Predominan las filitas pizarrosas, entre el 70 y 80% de la totalidad de la sección, intercaladas con capas de metaareniscas y meta-limolitas, correspondiente a la Formación Palmarito (Pérmico) (Oliveros, 1976). La unidad se encuentra intensamente plegada y fracturada hasta el punto que todas estas colinas se comporten como un verdadero acuífero, con una proliferación de manantiales, lagunas, líneas de percolación y una humedad constante a lo largo de los planos de diaclasas. Los suelos residuales son del tipo arena arcillosa y arcillas limosas (SC y ML). En estas condiciones proliferan extensos y complejos movimiento de masa; la gran mayoría de ellos activos, controlados por

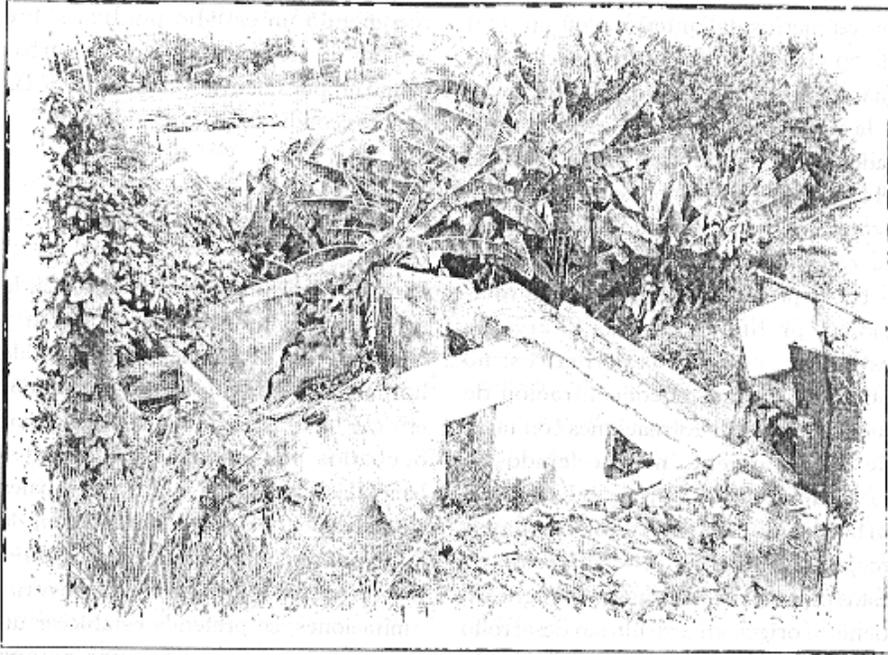


Figura 8. En este tipo de trabajo se incluye un plano síntesis con el objeto de facilitar su interpretación y con fines autogestionarios. Se una como ejemplo La Vega del Hospital (Mérida). (Ferrer y Laffaille, 2002b; En Prensa)

una muy dinámica circulación del agua subterránea, vía un denso patrón de discontinuidades. Todos estos detalles fueron cuidadosamente cartografiados y evaluados en los planos que acompañan este trabajo (Ferrer y Laffaille, 2002c).

San José de Las Flores Medio ocupa aproximadamente 2has y cuenta con 128 edificaciones, se trata de un barrio densamente poblado y ubicado sobre una serie de deslizamientos activos. Entre el 60 y 65% de las viviendas ocupan la masa desplazada, allí se concentra la mayor parte de los daños y abundan ruinas de eventos anteriores. El origen de estos movimientos de masa está estrechamente

relacionados con la construcción de una avenida (Los Próceres) a mediados de la década de los sesenta. El problema de inestabilidad se ha venido agravando por las rupturas de redes de drenaje. La mayoría de estos terrenos han sido clasificados como inestables o potencialmente inestables, de allí que una de las conclusiones del estudio es recomendar mucha prudencia en caso de rehabilitación física y las consideraciones puntuales surgen de la correlación entre tipologías, niveles de daños y condiciones del terreno.

Más complejo resulta el caso de San José de Las Flores Alto, ubicado a unos

pocos metros del anterior, con un total de 70 viviendas y con una distribución más dispersa. Los movimientos de masa y la reptación progresiva están controlados por la distribución del subdrenaje, el cual se encuentra altamente favorecido por el alto fracturamiento y debilidad de la roca. Numerosos deslizamientos activos, preferentemente del tipo rotacional, proliferan en toda el área de estudio y sus sectores periféricos; no obstante, la mayor concentración de movimientos y deformaciones con tasas de desplazamiento más acelerados se localizan al sur del barrio lindero con la urbanización Alto Prado. La mayor responsabilidad en la reactivación de estos procesos de deformación progresiva tiene su origen en este último desarrollo urbanístico. Estos terrenos han sido clasificados en su mayor parte como inestables o en todo caso con limitantes debido a la baja calidad del material rocoso. Ello obligó a sugerir fuertes restricciones en las orientaciones sobre el mejor uso de la tierra. Se indican aquellas viviendas donde se requieren monitoreos periódicos de los niveles de agrietamiento por considerar que las mismas se encuentran situadas en áreas críticas (Ferrer y Laffaille, 2002 c).

La gran mayoría de las construcciones en San José de Las Flores, Medio y Alto, pueden ser clasificadas como vulnerables en un rango de moderado a alto. Del gran total de viviendas (198) se consideró como necesario la reubicación de 40 de ellas (8%), con la ventaja que se logró detectar un terreno adecuado y se

recomendó un estudio puntual sobre calidad de sitio de forma que el urbanismo propuesto tuviese la garantía de las mejores condiciones de estabilidad.

Discusión y conclusiones

La concentración de la población en la faja costero montañosa al norte y occidente del país genera una serie de limitaciones que alcanzan situaciones críticas en el caso de aquellos terrenos ocupados por extensas y crecientes barriadas localizadas en las principales ciudades del país. Con la evaluación de cuatro áreas ubicadas en regiones montañosas y sometidas a severas limitaciones, se pretende establecer un marco de referencia para una amplia discusión sobre las técnicas a ser desarrolladas en la identificación de las variables físicas. Especialmente de aquellos elementos de mayor significación en el reconocimiento de amenazas naturales actuales y potenciales, así como algunos aspectos de la vulnerabilidad de las edificaciones y urbanismo; todo ello como base para la definición de los niveles de susceptibilidad que finalmente conduzcan a una serie de directrices orientadas a un mejor uso de la tierra en las zonas de barrios. En síntesis, herramientas que faciliten la toma de decisiones asociadas con planes de habilitación.

Los cuatro casos presentados resumen una técnica conceptualmente sencilla basada en un inventario de

aquellos factores de inestabilidad que afectan, y han afectado, los terrenos donde se asientan estas zonas de barrio. La unidad constituida por Santa Rosalía del Onoto en Valera, la de más alta concentración de población, de mayor densidad de viviendas y con los problemas más graves, refleja de forma palpable la crítica situación de las colinas que rodean este centro urbano. Menores problemas presentan Los Pepos, poblamiento de larga data localizado al norte de Santa Cruz de Mora, no obstante estar ubicado sobre una de las trazas activas de la zona de fallas de Boconó y las evidencias del impacto histórico dejado por el terremoto de 1894. Los dos barrios analizados en la ciudad de Mérida reflejan situaciones realmente críticas: una de ellas corresponde con los bordes de los taludes que rodean el abanico terraza y la compleja y variada situación de las laderas situadas al norte y sometida a un intenso proceso de urbanización. Las ilustraciones que acompañan este trabajo sintetizan las técnicas utilizadas; en este sentido y debido a un formato más reducido se utilizó como ejemplo de caso el barrio La Vega del Hospital (Mérida).

El estudio del medio físico en áreas montañosas implica la identificación de aquellos factores que inciden en la inestabilidad de las laderas: la litología y los valores de pendiente tradicionalmente han sido considerados las variables claves. La disposición estructural, en el sentido de establecer relaciones entre discontinuidades y pendiente del terreno, constituye otro de los elementos claves

que explican la generación de rupturas y el colapso de los materiales. Como mecanismos detonantes para los movimientos de masa se consideran los sismos y las precipitaciones. El factor sísmico se analiza en estos casos en base a la información generada por relaciones de atenuación a partir de eventos modelos. Los valores de precipitación, particularmente intensidad y frecuencia, se considera el agente más importante al influenciar directamente la saturación de los suelos e incrementar la presión de poros. Al ser los períodos de retorno de las lluvias extremas mucho más corto que los eventos sísmicos, su influencia sobre la dinámica de las vertientes y el impacto en las áreas ocupadas por barrios se incrementa notablemente. Desafortunadamente la carencia de datos debido al desmantelamiento de las estaciones y las dificultades en la obtención de información para largos períodos dificulta el uso de este importante elemento. Otro factor de desequilibrio lo constituye la ocupación espontánea, no planificada, de viviendas en áreas comprobadamente inestables. La premisa parte del hecho que aquellos sectores que han sido afectados en el pasado por diversos tipos de movimientos de masa poseen las probabilidades más alta que los mismos factores de desequilibrio se generen en el futuro.

El presente estudio constituye un ensayo inicial para definir las limitaciones y restricciones que, desde el punto de vista físico, poseen cuatro conjuntos de barrios distribuidos a lo largo de los Andes

venezolanos. Los criterios utilizados para delimitar los diferentes niveles de susceptibilidad deben ser optimizados y los linderos entre unidades de comportamiento deben ser cuidadosamente revisados. Este tipo de estudio permite seleccionar aquellas áreas más seguras en el sentido de orientar los análisis puntuales de calidad de sitio, de manera de instrumentar la habilitación y desarrollo de nuevos conjuntos habitacionales dentro de los mismos límites del barrio. En este sentido, se han obtenido buenas experiencias en Santa Rosalía del Onoto y San José de Las Flores (Alto y Medio).

Como aspecto clave en el estudio integral para la habilitación de zonas de barrios se incluye la evaluación de la tipología constructiva y los niveles de daños en viviendas, vía de acceso, redes de drenaje y otros servicios, como parte del estudio de vulnerabilidad. De la experiencia obtenida en el análisis de estos sectores marginales resalta que la debilidad en las construcciones viene acompañada por una deficiente repuesta individual, muchas veces apoyada en creencias y costumbres que conducen al fatalismo, o la inercia; así mismo, la falta de actitudes y motivación conduce a una carencia de cooperación colectiva. Esta situación dificulta el establecimiento de los llamados consorcios sociales al obstaculizar la organización y participación comunitaria vía actividades autogestionarias.

Para concluir, es necesario reiterar la necesidad de interactuar con los equipos responsables de los componentes social

y urbanístico. La experiencia adquirida durante varios años de trabajo asesorando a grupos multidisciplinarios que realizan trabajos de análisis de vulnerabilidad física de comunidades orientados a habilitación, conduce a la conclusión que la adopción de medidas eficientes de reducción de vulnerabilidad es directamente proporcional a la cabal comprensión que las autoridades locales, la comunidad involucrada y los organismos ejecutores de dichas medidas tengan de la situación real de amenaza que da origen a los niveles de riesgo asociados con un determinado lugar. En este sentido, los investigadores en el área deben hacer un esfuerzo adicional para presentar sus resultados en un formato comprensible o 'legible' a personas no especialistas en el área.

Agradecimientos

Los autores están profundamente agradecidos a los ingenieros Blas Santiago y Carlos Chuecos por la amabilidad, entusiasmo y ayuda prestada en las difíciles labores de campo. Drs. Michel Schmitz, Franck Audermard y Roberto Ucar, los cuales dedicaron tiempo y esfuerzo en la revisión de una versión preliminar de este trabajo; no obstante las omisiones o errores son exclusivas de los autores. Las discusiones e intercambios de ideas con los Profesores Marbella Dugarte, Martín Rengifo y Ludolfo Martínez, enriquecieron el texto. Los gráficos que ilustran el estudio se

deben a Luis Dugarte, la diagramación y cuidado en los detalles de impresión a Reina Albornoz: un reconocimiento a ambos. El Proyecto de Evaluación Física de Barrios con fines de Habilitación contó con el aporte financiero de la Fundación para Prevención de los Riesgos Sísmicos del estado Mérida (FUNDAPRIS). Un resumen ampliado de este trabajo fue presentado en el III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, celebrado en Caracas (15-18 de julio, 2002).

Referencias Citadas

- BALDÓ, J. y VILLANUEVA, F. 1995. Los barrios: problemas y soluciones. En: G. Imbesi ; E. Vila. (ed). **Caracas: Memorias para el futuro**. 173-184. Gangemi, Editores Milano, Caracas.
- BALDÓ, J. y VILLANUEVA, F. 1998. **Un Plan para los Barrios de Caracas**. Consejo Nacional de la Vivienda, Caracas. Venezuela. 414 p.
- BRABB, E. 1984. Innovative approaches to Landslides hazard and risk mapping. *Proc. Fourth International Symposium on Landslide*, 307-324. Canadian Geotechnical Society, Toronto-Canada.
- BIENIAWSKI, Z.T. 1989. **Engineering Rock Mass Classification**. Wiley. New York-USA. 251p.
- CARRARA, A.; CARDINALI, M.; GUZZETTI, F. y REICHENBACH, P. 1995. *GIS – based techniques for mapping landslide hazard*. (<http://deis158.deis.unibo.it>).
- CLERICI, A.; PEREGO, S.; TELLINI, C. y VESCOVI, P. 2002. A procedure for landslide susceptibility zonation by the conditional analysis method. **Geomorphology**. 48 (4): 349 – 364.
- CRUDEN, D.M. y VARNES, D.J. 1996. Landslide types and processes. En: A.K. Turner; R. Schuster; (eds). **Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research**. 36-75 Board Special Report 247. Washington D.C.
- FERRER, C. 2002. Evaluación de las condiciones físicas de los barrios: un aporte metodológico. *II Seminario Latinoamericano de Geografía Física*. Ediciones de La Universidad del Zulia (LUZ) 18-28. Maracaibo-Venezuela. (24-27 de Junio)
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2000. *Estudio geológico y geotécnico del barrio Santa Rosalía del Onoto (UDU4), municipio Valera, estado Trujillo*. Fundación para la Prevención de los Riesgos Sísmicos del estado Mérida (FUNDAPRIS), Mérida-Venezuela. Informe Técnico. 93p. + Anexos. Inédito.
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2001. Una metodología para la zonificación de riesgos en áreas marginales: ejemplo de caso del barrio Santa Rosalía del Onoto, Valera, Trujillo. *IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en los Andes*. Mérida-Venezuela (<http://www.forest.ula.ve/ama-merida2001>). Mérida-Venezuela (25-2 de Diciembre).
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2002a. *Evaluación de las condiciones físicas y análisis de la vulnerabilidad como base al establecimiento de niveles de susceptibilidad del Sector Los Pepos, Santa Cruz de Mora, Mérida*. Fundación para la

- Prevención de los Riesgos Sísmicos del estado Mérida (FUNDAPRIS), Mérida, Venezuela. Informe Técnico. 86p. + Anexos (Inédito).
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2002b. *Evaluación de las condiciones físicas y análisis de la vulnerabilidad como base al establecimiento de niveles de susceptibilidad del Sector La Vega del Hospital, municipio Libertador, Mérida*. Fundación para la Prevención de los Riesgos Sísmicos del estado Mérida (FUNDAPRIS). Mérida-Venezuela. Informe Técnico. 52p. + Anexos. Inédito.
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2002c. *Evaluación de las condiciones físicas y vulnerabilidad con fines de habilitación del barrio San José de Las Flores. Mérida*. Fundación para la Prevención de los Riesgos Sísmicos del estado Mérida (FUNDAPRIS). Mérida-Venezuela. Informe Técnico. 78p. + Anexos. Inédito.
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2002d. Un ensayo de microzonificación para la habilitación de barrios en los Andes venezolanos. *III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica-camino hacia una menor vulnerabilidad*; 37-39: Caracas-Venezuela (18-20 de Julio)
- FERRER, C. y LAFFAILLE, J. (En Prensa). Una aproximación al estudio de niveles de susceptibilidad en un barrio ubicado en la ciudad de Mérida, Venezuela. **Revista Geográfica de Venezolana**.
- GARCÍA, J.R.; Campo, V. 1977. Evolución tectónica e historia geológica de la región de Valera – Escuque, estados Trujillo y Zulia. *II Congreso Latinoamericano de Geología*: 1825 –1836; Caracas-Venezuela (11 – 16 de Noviembre, 1973).
- GARCÍA, J.R.; RONDÓN, F. y CANELÓN, G. (s/f). *Mapa geológico de la región de Tovar – Guaraque – Mesa Bolívar – Bailadores*, Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Geología. Caracas-Venezuela.
- GUZZETTI, F.; CARRARA, A.; CARDINALI, M. y REICHENBACH, P. 1999. *Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, central Italy*. **Geomorphology**, 31 (1): 181 – 216.
- HUTCHINSON, J.N. 1988. General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. En: C. Bonnard (ed.). **Proc. Fifth International Symposium on Landslides**. Vol. 1.3-35. A.A. Balkema, Rotterdam. Netherlands.
- LAFFAILLE, J. y RENGIFO, M. 1999. Estudio de las intensidades de los eventos sísmicos que sacudieron la región de Carora en diciembre de 1995. *VI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica*. 1-8. Mérida-Venezuela (12 – 15 de Mayo).
- OLIVEROS, O. 1976. **Estudio geotécnico de la meseta de Mérida**. Ministerio de Obras Públicas, Dir. Gen. Desarrollo Urbano, Secretaría Técnica. Caracas -Venezuela. Publicaciones Técnicas. Tomo I, 31-48, + Anexos.
- ROMANA, M. 1985. New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. *International Symposium on the Role of Rock Mechanics*, ISRM 49-53. Zacatecas- México (2-5 de Mayo).

- ROMANA, M. 1992. Métodos de corrección de taludes según la clasificación geomecánica SMR. *III Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*: 629-650; La Coruña-España (20-30 de octubre).
- SAUTER, F. 1989. **Fundamentos de Ingeniería Sísmica**. Edit. Tecnológica de Costa Rica, San José-Costa Rica. 172p.
- SOULAS, J.P. 1985. Neotectónica del flanco occidental de los Andes de Venezuela entre 70° 30' N y 71° 00' W (fallas de Boconó, Valera, Tuñame, Piñango y del Piedemonte). *VI Congreso Geológico Venezolano*. 2688-2711. Caracas- Venezuela (7-12 de Octubre).
- SOUTERS, R. y VAN WESTERN, C.J. 1996. Slope instability recognition, analysis, and zonation. En: A.K.Turner,; R. Schuster, (eds.). **Landslides: Investigation and Mitigation**. 129-177. Transportation Research Board, Special Report 247. Washington, D.C.
- VARNES, D.J. 1978. Slope movement types and processes: En: R.L. Schuster; R.J. Krizek, (eds). **Landslides: Analysis and Control**. 11-33. Transportation Research Board, Special Report 176. Washington, D.C.