

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y
TELEDETECCIÓN. DETERMINACIÓN DE
VULNERABILIDAD URBANA.
CASO ESTADO VARGAS-VENEZUELA***

Geographic Information System and remote sensing.
Urban vulnerability assessment, Vargas state, Venezuela

*Rafael Batista,
Xavier Bustos*

RESUMEN

En una zona de alto crecimiento poblacional como el estado Vargas, levantar información con el propósito de elaborar escenarios de riesgo ambiental, se hace aplicar al geotecnologías que garanticen la validez y ubicación de los datos recuperados en campo. En este contexto, se desarrolló un estudio en las cuencas La Zorra, Tacagua y Mamo, las más densamente pobladas en el litoral central. Se construyó un sistema de información geográfica para gestionar datos del área de estudio a objeto de producir análisis espaciales que lleven a la generación de un mapa de vulnerabilidad urbana. Para ello se realizó una detección de cambios con

* Recibido: 22-04-2008.
Aceptado: 13-03-2009.

imágenes Landsat de distintos años a fin de identificar áreas con cambios significativos. Posteriormente, la cartografía digital de coberturas urbanas se superpuso a los datos del satélite IKONOS y se combinaron con el mapa de amenaza hidrometeorológica para seleccionar áreas críticas. La información colectada de las estructuras dentro de las áreas críticas fue localizada utilizando sistemas de posicionamiento global (GPS). Finalmente, este procedimiento permitió identificar los niveles de daños que podrían sufrir las edificaciones a la hora de un evento extraordinario (aludes torrenciales) así como establecer áreas con distintos grados de vulnerabilidad.

PALABRAS CLAVE: Inundación, aludes, nivel de daños, sistema de información geográfica, teledetección.

ABSTRACT

In an area of high population growth as the state of Vargas, boost information in order to develop scenarios of environmental risk, geotechnology is applied to ensure the validity and location of the retrieved data in the field. In this context, a study was conducted in the La Zorra watershed, Tacagua, and Mamo, the most densely populated section in the central coast. Building a geographic information system to manage data in the study area in order to produce spatial analysis leading to the generation of a map of urban vulnerability. This makes a change detection with Landsat images from different years to identify areas with significant changes. Subsequently, the digital mapping coverage of urban over-and IKONOS satellite data combined with the map of hydrometeorological threat to select critical areas. The information collected within the structures of the critical areas are located using Global Positioning Systems (GPS). Finally, this procedure allowed us to identify the levels of damage to buildings that may suffer when an extraordinary event (torrential avalanche) and to establish areas with different degrees of vulnerability.

KEY WORDS: Flooding, landslides, damage level, GIS, remote sensing.

INTRODUCCIÓN

Una de las limitaciones de los estudios que recuperan información detallada de campo, como los catastros, y auditorias de vulnerabilidad entre otros, es la desactualización de las bases cartográficas, los errores en los topónimos así como el cambio constante de la realidad urbana. A raíz de los eventos de lluvias extraordinarias ocurridas en el Edo. Vargas en los años 1999 y 2005, surgió el interés de hacer un estudio de vulnerabilidad urbana en las cuencas La Zorra, Tacagua y Mamo, las cuales son de las más densamente pobladas en el litoral central. Por tanto, levantar información con el propósito de elaborar escenarios de riesgo ambiental hace necesario que se apliquen nuevas tecnologías que garanticen la validez de los datos recuperados y su ubicación precisa.

Utilizando datos de sensores remotos, sistema de información geográfica (SIG), sistema de posicionamiento global (GPS), se identificaron con precisión áreas expuestas a inundaciones y aludes torrenciales, detallando el impacto de dichos fenómenos sobre los diferentes tipos viviendas, edificaciones esenciales y líneas vitales presentes en dichas áreas. Por lo tanto, bajo esta condición se tienen como objetivos del trabajo los siguientes:

Construcción de un SIG con el apoyo de los datos de los sensores remotos Landsat e IKONOS, de modelos digitales de terreno, cartografía digital, sistemas de posicionamiento global y datos del programa GoogleEarth, a objeto de producir análisis espacial para generar un mapa de grados de vulnerabilidad del área; y aplicar una metodología que apoyada en el SIG sirva para determinar los niveles de daños en zonas urbanas expuestas a la amenaza de inundaciones y aludes torrenciales.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el estado Vargas, municipio Vargas, entre las parroquias Catia La Mar y Raúl Leoni. Limita al norte con el Mar Caribe, al sur con la Serranía del Litoral, al oeste con quebradas menores y al este con la Quebrada Las Pailas. Su superficie es de 25,7 km² ó 2.568,7 ha., abarca tres cuencas hidrográficas (sistemas geodinámicos): cuenca del río Mamo, cuenca de quebrada La Zorra y cuenca de la quebrada Tacagua.

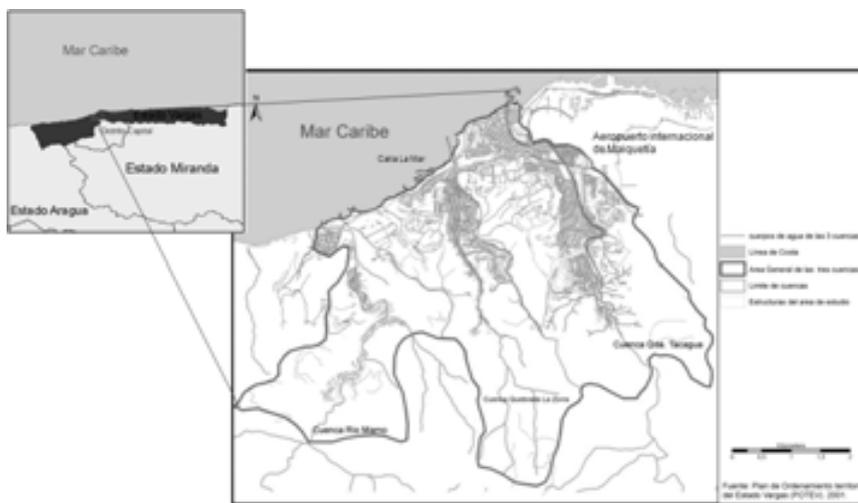


Figura 1. Localización relativa de las cuencas La Zorra, Tacagua y Mamo, estado Vargas

BASES CONCEPTUALES

Es conveniente definir brevemente los conceptos básicos manejados en este trabajo, tomados de Delgado (2008).

- **Amenaza:** es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período en un sitio dado.
- **Grado de exposición:** se refiere a la posición relativa de las edificaciones respecto a la fuente de peligro, por ejemplo un curso de agua o una ladera inestable.
- **Susceptibilidad:** es la predisposición al cambio en las edificaciones y líneas vitales, se subdivide en:
 - *Susceptibilidad de origen:* se evalúa en función del género o tipo de estructura, materiales de construcción y de la configuración de los elementos estudiados, en otras palabras, la edificación original.
 - *Susceptibilidad adquirida:* se refiere al envejecimiento y consiguiente deterioro que sufre la edificación, así como a cambios de uso y modificaciones estructurales.
 - *Vulnerabilidad:* es la capacidad de cambio que tiene un sistema ante las amenazas ambientales.
 - *Resiliencia (capacidad de respuesta):* es la resultante de la capacidad de anticipación, de respuesta (activa y pasiva) y de recuperación (física y social) de un sistema ambiental; respuesta que varía con el tiempo.
 - *Riesgo ambiental:* es la probabilidad de daños a una comunidad o grupo humano en un lugar dado, debido a las amenazas propias del ambiente y a la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

USO DE SENSORES REMOTOS

El sensor remoto Ikonos

Provee imágenes de alta resolución espacial (A.R.E) disponible tanto para imágenes pancromáticas (1 m de resolución) como para imágenes a color o multiespectrales de 4 m de A.R.E, ambos tipos utilizadas en el estudio.

Se escogieron dichos datos por ser ideales para dar respuesta a emergencias, observación y manejo de desastres que requieren reportes inmediatos. La banda pancromática permite a los usuarios distinguir rasgos con dimensiones tan pequeñas como 1 m que combinado con la resolución radiométrica de 11 bits por píxel, redundante en un mayor rango dinámico que facilita el contraste y discriminación de la información.

Las imágenes están corregidas geométricamente por lo que se remueven posibles distorsiones introducidas en los procesos de capturas. Pueden re-muestrearse a una proyección de mapas escogida por el usuario, en el estudio reutiliza El Datum La Canoa-UTM 19. Por lo tanto, no es necesario depender de fotografías aéreas, las cuales generalmente no tienen georeferencia; y requieren ser corregidas. En el trabajo se utilizó una imagen pancromática IKONOS de fecha 20 de enero de 2000 (a 1 mes de la tragedia de Vargas) y una imagen multiespectral de marzo de 2005. El uso de estas imágenes fue con el propósito de corregir detalles de los mapas realizados por los estudiantes del curso “Ampliación en reducción de vulnerabilidad y manejo de amenazas ambientales” del CENAMB-UCV, así como del Taller III de la maestría de “Planificación urbana” del Instituto de Urbanismo-UCV (2007).

El sensor remoto Landtast

Provee imágenes a 15 m de resolución espacial (RE) en modo pancromático, 30 m de RE en modo multiespectral (bandas 1a 5, y 7)

y 60 m de RE en el infrarrojo térmico (Banda 6). Los satélites de la serie LANDSAT TM tienen la particularidad de que “observan” la Tierra, con ayuda de escáneres ópticos multispectrales y envían datos a las estaciones en tierra, que suministran información valiosa, entre otras, sobre características del suelo y su uso. Se pueden descargar gratuitamente los datos de este sensor del servidor de la Universidad de Maryland; dirección <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Los datos de este sensor fueron utilizados ya que ofrecieron una perspectiva regional del área de estudio.

METODOLOGÍA EMPLEADA

El siguiente esquema muestra los pasos que se siguieron en la investigación, figura 2.

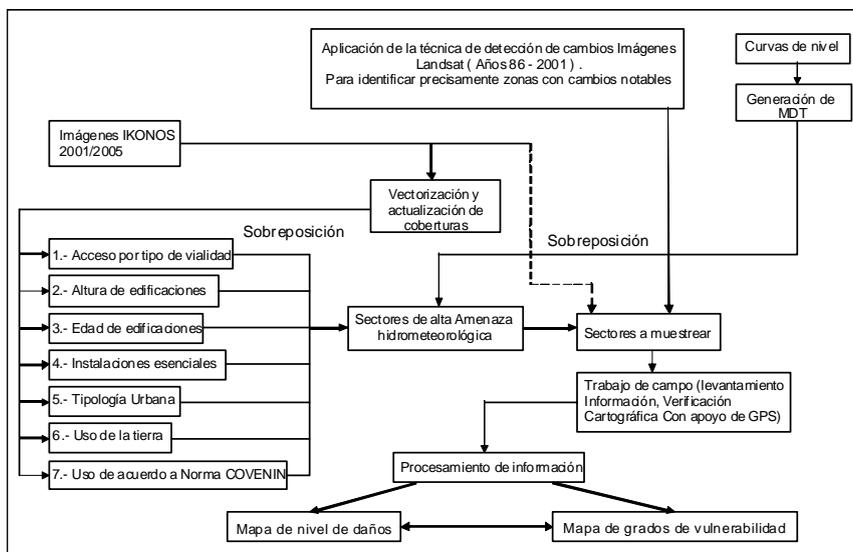


Figura 2. Esquema metodológico para la extracción de información temática con el uso de datos de sensores remotos

CREACIÓN DE COBERTURAS VECTORIALES

Para este trabajo se comenzó con la vectorización de capas de información: 1.- Acceso por tipo de vialidad, 2.- Altura de edificaciones, 3.- Edad de edificaciones, 4.- Instalaciones esenciales, 5.- Tipología urbana, 6.- Uso de la tierra y 7.- Uso de acuerdo a norma COVENIN, que fueron generadas por los participantes del curso y taller anteriormente mencionados, con el fin de superponerlas con la capa de amenaza hidrometeorológica, generándose así, una sectorización de áreas críticas para posteriormente proceder a levantar la información.

DETECCIÓN DE CAMBIOS

La sustracción de imágenes tomadas en distintas fechas se utiliza para identificar cambios que hayan ocurrido en el espacio. El proceso consiste en obtener dos imágenes de la misma área, en un mismo sistema de proyección y resolución espacial. Se realizó con dos imágenes Landstat TM años 1986 y 2001; dicho producto sirvió como insumo para la selección de los sectores a muestrear e identificar zonas de aludes.

GENERACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT) Y DERIVADOS A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL

Con la cobertura vectorial de las curvas de nivel del área de estudio a escala 1: 25.000, se generó con el programa ArcGis 9.1, el modelo digital de elevación, al que se le superpone la capa de amenaza hidrometeorológica para estimar datos altitudinales y de pendiente donde se emplazan las estructuras de los sectores seleccionados para el levantamiento de información.

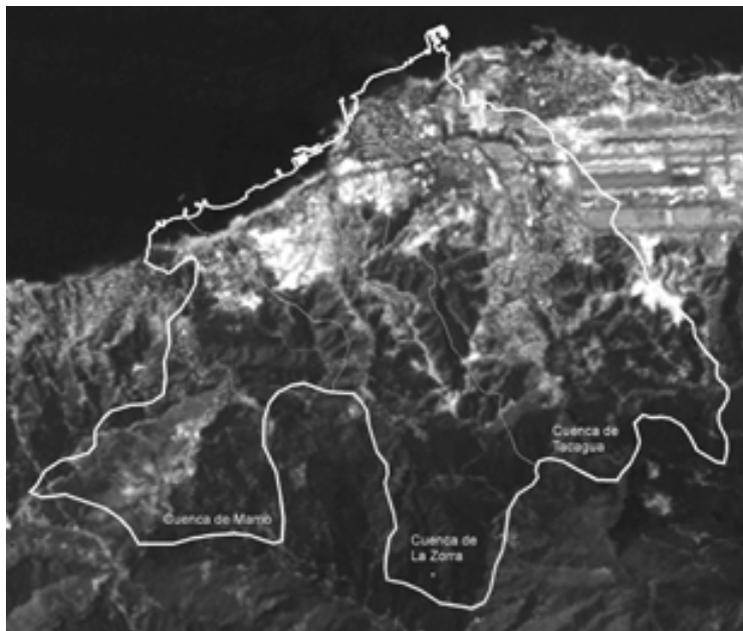


Figura 3. Imagen Landsat TM. Marzo 1986

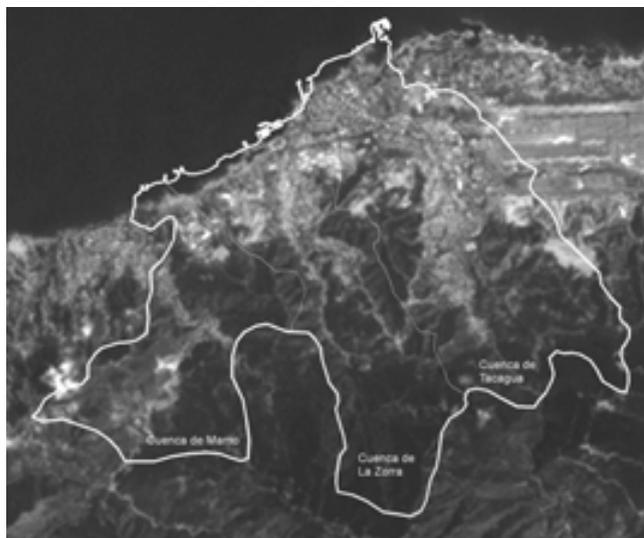


Figura 4. Imagen Landsat TM. Marzo de 2001

MAPA DE AMENAZA HIDROMETEOROLÓGICA

Fue producido por el Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF) de la UCV y se basa en un modelo bidimensional para simular inundación por agua, barro y detritos en zonas urbanizadas. Este modelo se llama FLO-2D, y toma entre otras variables, la combinación de velocidad del flujo y altura del cauce del río (profundidad de sedimentación) (López y Courtel, 2004). Se identifican tres tipos de amenaza (alta, media y baja).

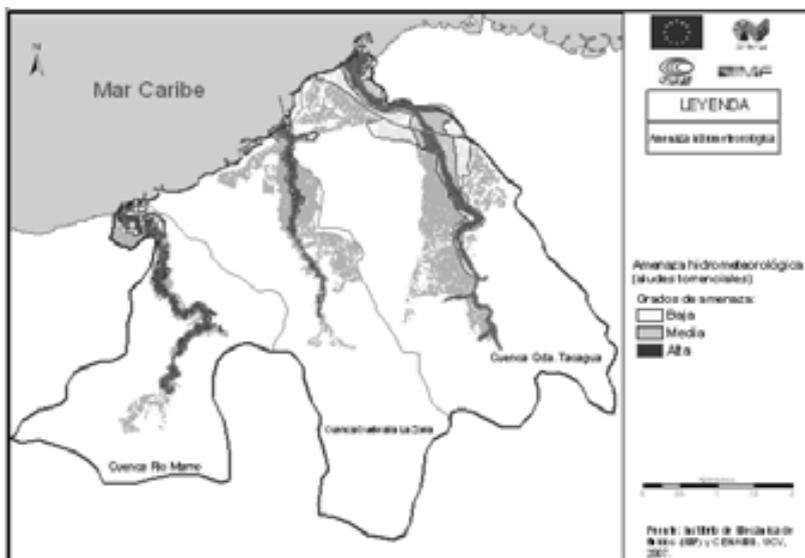


Figura 5. Mapa de amenaza hidrometeorológica (aludes torrenciales), caso estado Vargas

SECTORES A MUESTREAR

Es el producto de la superposición de las capas vectoriales ya mencionadas (figura 2), con el mapa de amenaza hidrometeorológica (aludes torrenciales); para la selección de los sectores se da prioridad a

la amenaza alta. El mapa de sectores a muestrear queda compuesto por 10 sectores para la cuenca de Mamo, 12 sectores para la de La Zorra y 36 para la de Tacagua, con un total de 58 sectores (figura 6). Para el total del área de estudio se levantaron 250 encuestas de manera proporcional entre las tres cuencas.

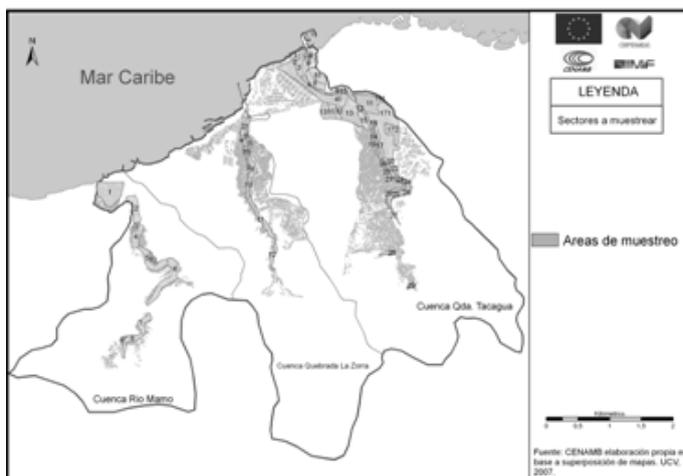


Figura N° 6. Sectores a muestrear, caso estado Vargas

TRABAJO DE CAMPO EN LOS SECTORES SELECCIONADOS, CON GPS, ENCUESTAS QUE RECABARON INFORMACIÓN DE VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS

Según el instrumento titulado “Auditoria de vulnerabilidad urbana” (Delgado, 2007), que entre otros factores evalúa el tipo de estructura (casa, edificio, rancho, etc.), materiales de construcción, grado de deterioro, cambios de uso y modificaciones hechas, se levantaron 250 encuestas a lo largo de las áreas de muestreo; las estructuras fueron precisadas con un sistema de posicionamiento global (GPS por sus

siglas en inglés). Durante el recorrido de campo, se verificaron y actualizaron topónimos de la cartografía utilizada.

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Con los mapas vectoriales se realizaron análisis, utilizando las herramientas de consulta espacial y localización, por atributos provistas por el SIG-Arcgis. Se determinó la cantidad de estructuras ubicadas en las franjas de alta, media y baja amenaza (consultas espaciales) y se utilizaron los datos del instrumento mencionado que registró aspectos de vulnerabilidad urbana (consultas por atributos), insumos para producir los mapas de vulnerabilidad y nivel de daños.

MAPA DE NIVEL DE DAÑOS

Refleja los cambios que se producirían en las estructuras en caso de que se concretase un evento hidrometeorológico excepcional. Por lo tanto, el nivel de pérdidas esperado que podría sufrir una edificación dependería fundamentalmente de la profundidad de la lámina de agua, de la velocidad del flujo y aspectos de la estructura (se toman en cuenta factores como materiales de construcción, su altura, grado de deterioro, entre otras). Este mapa indica el nivel de pérdidas económicas que podrían ocurrir a la hora de dicho evento. La metodología está en consonancia con otros estudios a nivel internacional, en donde se hace la valoración de costos, se sugiere revisar el artículo sobre estimación de pérdidas y cuantificación de costos, Cardona (2004).

MAPA DE GRADOS DE VULNERABILIDAD

Se generó a partir de los “grados de consolidación” definidos como “una expresión de la vulnerabilidad de una edificación basada en su susceptibilidad, su capacidad de recuperación (resiliencia) y su grado

de exposición”. Este valor o índice es análogo a su contraparte propuesto en la “escala macrosísmica europea” (Delgado, 2007).

Para medir el grado de consolidación, se tomaron en cuenta aspectos de las estructuras como materiales de construcción, tipología (barrios, urbanizaciones, industrial, etc.), grado de deterioro entre otras. Los valores obtenidos de dicha ponderación fueron reclasificados en tres categorías (alta, media, baja) estableciéndose así los grados de vulnerabilidad.

- Vulnerabilidad alta: agrupa las estructuras que son mayormente susceptibles a la amenaza hidrometeorológica; tienen poca o ninguna capacidad de recuperación a la hora de un evento extremo, y están muy expuestas a dicha amenaza.
- Vulnerabilidad media: agrupa las estructuras que pueden ser susceptibles a la amenaza hidrometeorológica, que tienen mayor capacidad de recuperación a la hora de un evento extremo o que se encuentran menos expuestas a la amenaza.
- Vulnerabilidad baja: agrupa las estructuras que no son tan susceptibles a la amenaza hidrometeorológica es decir, bien construidas y con materiales adecuados, que tienen buena capacidad de recuperación (con salidas de escape, con buen acceso a vialidad y servicios) o que no están expuestas a la amenaza.

RESULTADOS

Se generaron distintas coberturas vectoriales, las cuales se muestran a continuación.

En la figura 7, se observa, que predominan para las tres cuencas, áreas cuya vialidad no está definida en manzanas, sino más bien aquellas

adaptadas a la topografía en zonas de barrio, es decir, de tipo no lineal tal y como lo definen algunos autores (Herce y Magrinyá, 2002).

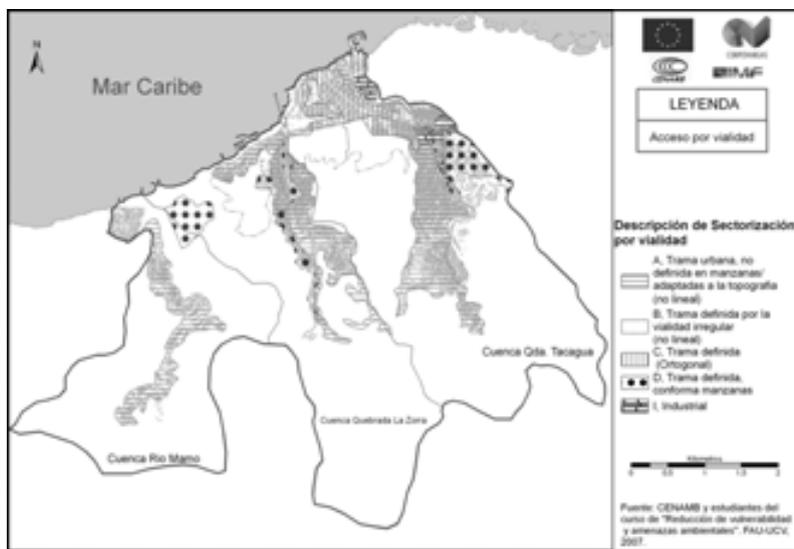


Figura 7. Acceso por tipo de vialidad, caso estado Vargas

Predominan en el área de estudio edificaciones categorizadas según Meli (1995), como bajas (de 1 a 3 pisos). De este tipo, la mayoría se concentran en zonas de barrio ubicadas en las cuencas medias y altas (figura 8).

Cobertura generada con el fin de identificar por décadas el crecimiento de barrios y urbanizaciones del área de estudio. El criterio de edad está basado en la escala macrosísmica europea, ISARD (2009); se observa un crecimiento importante en las cuencas altas a partir de la década de los 80 y 90 del pasado siglo (figura 9).

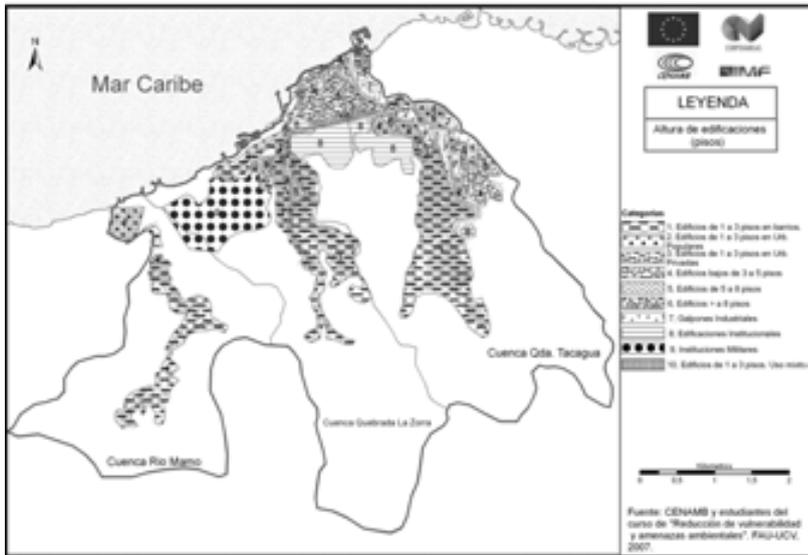


Figura 8. Altura de edificaciones, caso estado Vargas

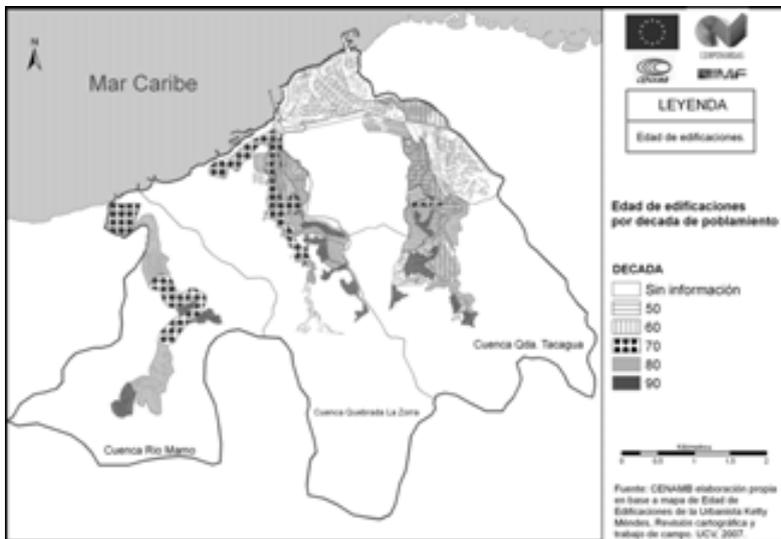


Figura 9. Edad de edificaciones, caso estado Vargas

La figura 10 se basa en los criterios de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA por sus siglas en inglés) según los cuales, estas instalaciones son vitales para la respuesta ante la emergencia y posterior recuperación del desastre. Incluyen hospitales, estaciones de policías y bomberos, centros de control de emergencia, centros de comunicaciones e inclusive las escuelas para albergar desplazados, FEMA (1999).

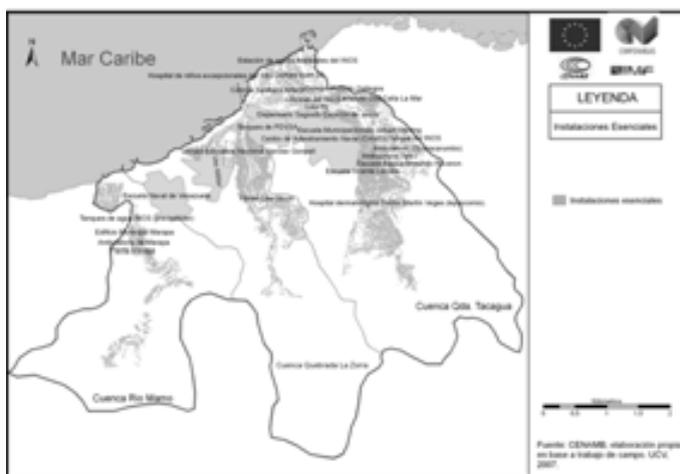


Figura 10. Instalaciones esenciales, caso estado Vargas

Por otra parte, el criterio para realizar este mapa (figura 11) se basó en elementos de la escala macrosísmica europea. ISARD (2009); para la cuenca de Mamo predomina la tipología de barrio no consolidado, mientras que en La Zorra, predominan dos tipologías que son barrios consolidados y no consolidados. En el caso de Tacagua, apenas hay un ligero predominio de zonas de barrio (consolidados y no consolidados) sobre las viviendas unifamiliares privadas y zonas industriales.

Basados en la información del uso de la tierra para el estado Vargas, generada por el Plan de Ordenación del Territorio del estado Vargas (POTEV), realizado por la Comisión Estatal de Ordenación Territorial de Vargas (COTEV, 2004) se obtuvo la figura 12. En las cuencas de Mamo y La Zorra predomina la categoría “desarrollos informales”, mientras que para Tacagua hay paridad entre “desarrollos informales” y la categoría "viviendas unifamiliares y multifamiliares”.

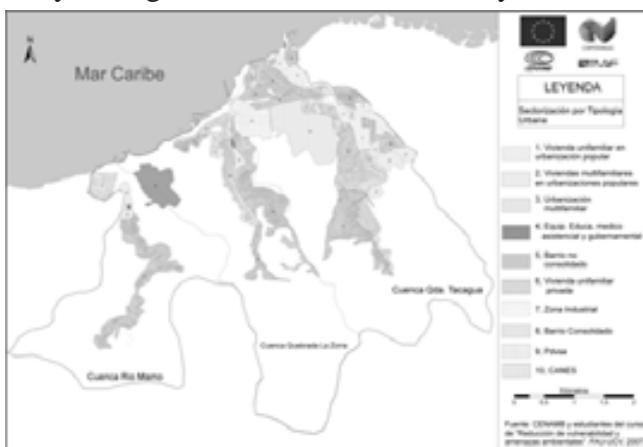


Figura 11. Tipología urbana, caso estado Vargas

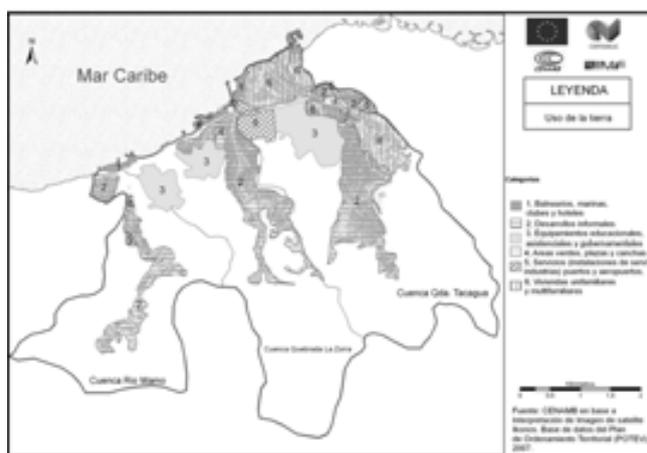


Figura 12. Uso de la tierra, caso estado Vargas

La figura 13 describe la distribución espacial de uso norma COVENIN; el mapa se elaboró de acuerdo con los criterios de FUNVISIS (2001), que aunque es una norma para el diseño sismorresistente, se toma como referencia por ser la única institución oficial a nivel nacional que da pautas sobre la construcción de viviendas. Una observación a la norma es, que no es aplicable a los desarrollos informales por la situación socio-económica de su población; ya que generalmente no puede cubrir los costos de los materiales de construcción y especificaciones técnicas que se exigen en la norma. Precisamente, la categoría predominante en el área de estudio que mejor se ajusta, corresponde a edificaciones de uso público o privado de baja ocupación (B2) ubicadas en zonas de barrios.

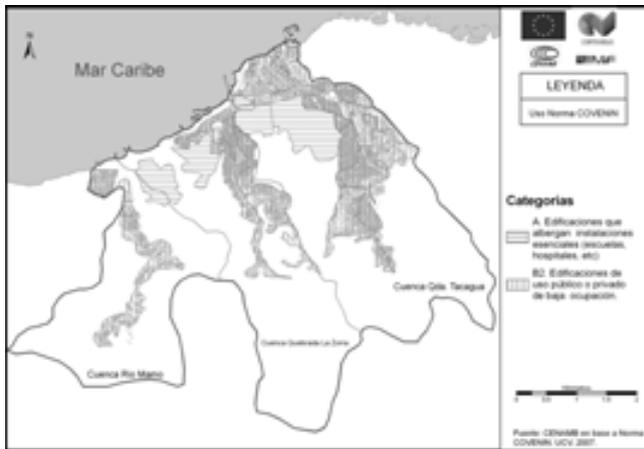


Figura 13. Uso de las edificaciones de acuerdo a la norma COVENIN, caso estado Vargas

En cuanto a la detección de cambio de usos en el área se tiene que después de efectuar la substracción se observa que el producto resultante posee zonas muy homogéneas (tonos claros) donde hubo poca variabilidad mientras que las áreas con cambios significativos se presentan con mucho contraste (tonos oscuros) que en gran medida coinciden con los deslaves de 1999; estos se aprecian, en la parte central

y sur de la cuenca de Mamo, parte suroeste de la Cuenca de La Zorra, y parte centro este y sureste de Tacagua; ver áreas encerradas en polígonos (figura 14).

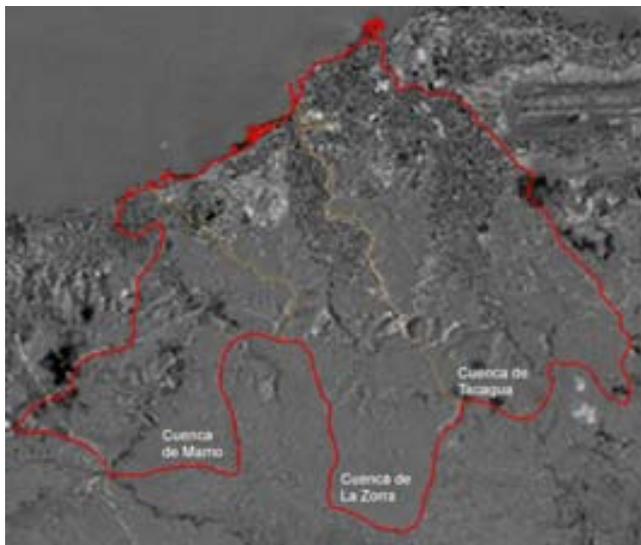


Figura 14. Imagen resultante. Producto de la substracción (Marzo 86-Marzo 01)

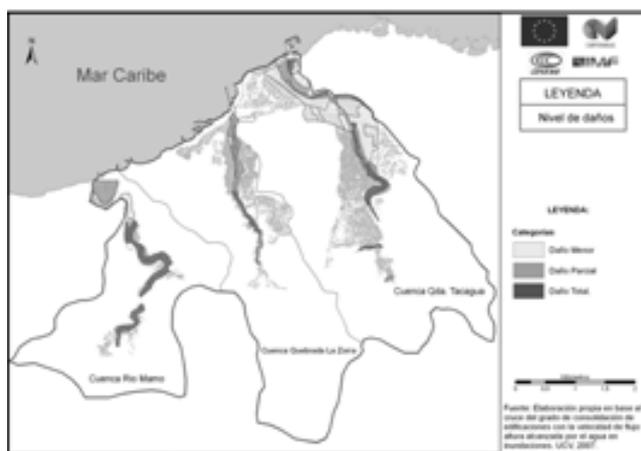


Figura 15. Nivel de daños a estructuras, caso estado Vargas

Como se observa en la figura 15, en el número de un evento hidrometeorológico habría un nivel de daño total para el 52% (136 ha. de 263,2 ha.) del área de muestra, en donde predomina la tipología urbana de "barrio no consolidado". El porcentaje de superficie discriminado para cada cuenca en el nivel de daño total es el siguiente: 53,5% para Mamo; 47,6% para La Zorra y 44,5% para Tacagua.

Como se muestra en la figura 16, en el área de estudio predomina la vulnerabilidad alta (58% cuya superficie equivale a 152,8 ha. de un total de 263,2 ha.). Al hacer un análisis independiente por cuencas, se observa que el 56% de la superficie de la cuenca de Mamo posee una vulnerabilidad alta. La cuenca de La Zorra tiene un 50,1% de su área en vulnerabilidad alta, mientras que la cuenca de Tacagua alcanza un 46,6% de vulnerabilidad alta. Las zonas más seguras se ubican en la quebrada Tacagua, donde la vulnerabilidad baja alcanza el 42,3% de la superficie estudiada; mientras que en Mamo ocurre lo contrario, donde la vulnerabilidad baja alcanza el 5,4%.

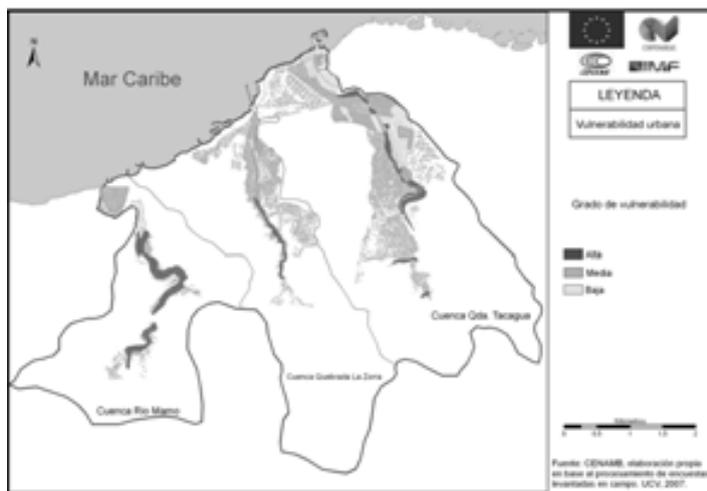


Figura 16. Vulnerabilidad urbana, caso estado Vargas

A partir de la combinación del modelo digital de terreno (MDT) y las imágenes del satélite IKONOS, se generan imágenes en tres dimensiones útiles para hacer reconocimiento en campo, como por ejemplo: identificación de zonas de deslaves, desborde de cursos de agua, así como de apoyo visual en la generación del mapa de nivel de daños y la superposición de las capas vectoriales (figura 17).

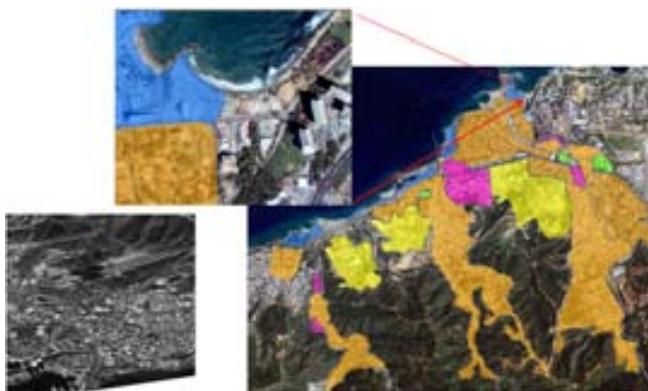


Figura 17. Ejemplo de vista de imagen y coberturas sobre el MDT

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la integración de los SIG, la teledetección y el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS), se resuelven en gran medida los problemas de actualización de catastro y cartografía de las áreas urbanas, en zonas densamente pobladas, lo que permite organizar, recuperar y espacializar la información de una manera confiable y segura. En este orden de ideas, el uso de herramientas geotecnológicas como el ArcGIS permite la manipulación de imágenes digitales y bases de datos, simplificando y potenciando a la vez los diferentes análisis necesarios para generar los mapas finales.

Los datos del satélite Landsat TM dan una visión regional del área de estudio; su utilidad se demostró al aplicar la técnica de detección de cambios cuyo producto permitió detectar zonas críticas (con cambios significativos), y precisar lugares donde es pertinente realizar levantamientos de información (mapa de sectores a muestrear). Las imágenes del sensor IKONOS permitieron actualizar de manera precisa la cartografía vectorizada a escala 1:5.000, los datos de este satélite sustituyeron las fotografías aéreas ya que tienen corrección, son más recientes, y una sola imagen del sensor puede abarcar la totalidad del área de estudio, evitándose el proceso de concatenación (mosaico) de fotografías aéreas.

El desarrollo del SIG permitió localizar las áreas urbanas con mayor vulnerabilidad dentro de cada cuenca; los mapas o bien las figuras descritas finales, son insumos potenciales para calcular o estimar pérdidas económicas que puedan ocurrir a la hora de un evento extraordinario, similar al del año 1999.

A partir de este estudio, se recomienda la elaboración de otro trabajo donde se tomen en cuenta variables adicionales que conduzcan a la elaboración de un mapa de riesgos urbanos.

RECONOCIMIENTO

Este trabajo se realiza en el marco del proyecto titulado "Implementación de una red de estaciones hidrometeorológicas y simulación de inundaciones torrenciales en las cuencas de Tacagua, Mamo y La Zorra, Edo. Vargas." contratado por CORPOVARGAS y financiado por la UNIÓN EUROPEA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Estatal de Ordenación Territorial de Vargas-COTEV (2004). *Plan de ordenación del territorio del estado Vargas (POTEV)*. Documento técnico. Volumen 2. p. 175.
- Delgado, J. (2008). *La vulnerabilidad humana: del paradigma de la resistencia al paradigma de la resiliencia*. Tesis Doctoral para optar al Título de Doctor en Arquitectura. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU). Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas, Venezuela.
- Delgado, J. (2007). *Auditoría de vulnerabilidad urbana en las cuencas de las La Zorra, Mamo y Tacagua. Edo Vargas*. Informe de avance N° 3.
- FEMA. (1999). *Earthquake loss estimation methodology. HAZUS 99*. Federal Emergency Management Agency - FEMA. Washington, D.C. USA.
- FUNVISIS. (2001). *Norma Venezolana COVENIN 1756:2001-1. Edificaciones sismorresistentes, requisitos y comentarios*. Editorial FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 71 pp.
- Herce M., Magrinyá F. (2002). *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Infraestructuras del Transporte y Territorio, Ediciones UPC, ISBN 848301632X. Barcelona, España. 233 pp.
- Información Sísmica Automática Regional de Daños (ISARD) (2009). Documento en línea. *Vulnerabilidad sísmica, escala macrosísmica europea*. Disponible en: http://isard.brgm.fr/encyclopedique.php3?lang=es&id_rubrique=11.
- López J., Courtel F. (2004). *Implementación de una Red de Estaciones Hidrometeorológicas y Simulación de Inundaciones Torrenciales en las Cuencas de Tacagua, La*

Zorra y Mamo en el estado Vargas (Anteproyecto). Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF). Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas, Venezuela.

Meli P. (1995) *Diseño estructural*. Ediciones Limusa, México.

University of Maryland (2009). *Fuente de Imágenes LANDSAT. Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility*. Disponible en: <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>.

Juan Rafael Batista de Sousa. Licenciado en Geografía. UCV, 1996. Candidato MSc. En Ciencias Geológicas, Escuela de Geología de la UCV. Ha trabajado en distintos organismos privados y del estado en áreas como: Cartografía (en la parte agraria), Tratamiento y disposición de desechos sólidos, Gestión Ambiental, Catastro Urbano, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Actualmente trabaja como Investigador- Docente en el Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB) en el área de Tecnologías de Información y Comunicación (Tics). Profesor de la materia “Introducción a la Teledetección” en la Escuela de Geografía de la UCV. Correo electrónico: jrbatista@cantv.net.

Xavier Bustos Catarí. Licenciado en Ciencias de la Computación. UCV, 1994. MSc. en Ciencias de la Computación. Universidad Central de Venezuela. Investigador-Docente del CENAMB en las áreas de: Educación a Distancia, Sistema de Información Geográfica y Teledetección, Sistemas de Bases de Datos objeto-relacional, Desarrollo de Sistemas bajo el enfoque Orientado a Objetos. Profesor de la materia “Computación para los estudios ambientales” en la Escuela de Geografía de la UCV. Correo electrónico: xavierbustos@gmail.com.
