

RIESGOS POR DESBORDAMIENTOS E INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO GUARENAS, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA *

Overflow and floods risk for flooding in Guarenas River Basin,
Miranda state, Venezuela

*Jesús Lemus, Vidal Sáez-Sáez, Mónica Oropeza,
Eunice Siso y Pedro Barrios*

RESUMEN

La amenaza por inundaciones en la parte media de la cuenca del río Guarenas, toma importancia por su recurrencia y por la existencia de emplazamientos urbanos vulnerables en acelerado crecimiento y expansión representados por las ciudades de Guarenas, Guatire y Araira. El fenómeno pone en riesgo a la población que allí se asienta, sus actividades y bienes. El objetivo del trabajo fue caracterizar las áreas susceptibles a la ocurrencia de desbordamientos en la cuenca del río Guarenas, estado Miranda. Se evaluaron datos ambientales conformados por lluvias mensuales, geomorfología y pendientes. Los resultados sugieren que debido a las características físicas de las

* Recibido: 22-01-2009.

Aceptado: 23-06-2009.

subcuencas de los ríos, así como las quebradas, y debido a la acción de las lluvias, sobre un relieve con pendientes suaves y suelos predominantemente arcillosos, representan elementos que inciden en las inundaciones; hay que agregar las acciones antrópicas: intervención en las cuencas altas, la no canalización en algunos sectores de estos cursos de agua, la presencia de escombros, y desechos sólidos en los cauces que constituyen obstáculos para la corriente de aguas.

PALABRAS CLAVE: Inundación, amenaza, vulnerabilidad, riesgo, población, río.

ABSTRACT

The threat of flooding in the Guarenas river takes significance for recurrence, and the existence of vulnerable rapid urban growth and expansion sites, represented by the cities of Guarenas, Guatire and Araira, Miranda state (INE, 2001). This occurrence threatens the people who sits there, its activities and assets. The objective was to identify and characterize the areas susceptible to the occurrence of floods in the river. We evaluated environmental data consisting of monthly rainfall, geomorphology, and slopes. The results suggest that due to the physical characteristics of the sub-basins of the rivers and streams, and due to the action of rain, on a relief and gentle slopes with predominantly clay soils, they represent elements that impact on flooding. There are actions that add man: intervention in the upper, non-channeling in some areas of these watercourses, the presence of debris and solid waste in rivers, which constitute obstacles to the flow of water.

KEY WORDS: Flood, threat, vulnerability, risk, population, rivers.

PRESENTACIÓN

Nuestro país se caracteriza por presentar una alta proporción de áreas urbanas, donde habita alrededor del 87,7% de la población, según

INE (2001). Se define como un área urbana, a aquella que sobrepasa los 1000 habitantes (*Op. cit.*, 2001). Por otra parte, son numerosas las áreas ocupadas por centros poblados que están emplazadas en lugares donde pueden ocurrir eventos físico naturales que pueden significar un riesgo para la vida de las personas y las infraestructuras; en estos espacios, se ubican emplazamientos que son afectados por inundaciones periódicas ocasionadas por lluvias intensas, que se producen en las partes medias y bajas de las cuencas.

Las inundaciones ocurren en su mayoría en zonas planas y/o cercanas a los cauces de ríos, algunas son producidas por lluvias intensas (OMM, 2006); son objeto de inundaciones en Venezuela ciudades emplazadas en los Llanos bajos y que están cerca de grandes ríos; en los Andes, y en los centros poblados ubicados en las partes bajas de los valles (MARN, 1983), entre otros.

En el estado Miranda, existen diversas áreas bajo amenaza de inundaciones; en este caso, se considerará la parte media de la cuenca del río Guarenas. La ocurrencia de este evento físico cobra importancia, tanto por su recurrencia, como por el hecho de existir emplazamientos urbanos en acelerado crecimiento y expansión (INE, 2001; IERU, 2007). Estos desarrollos urbanos están representados por las ciudades de Guarenas, Guatire y Araira (figura 1).

La conurbación Guarenas-Guatire-Araira forma parte del área metropolitana de la ciudad de Caracas; representa un conjunto de centros poblados de expansión para el crecimiento urbano e industrial (Díaz, 2005); pero este crecimiento no ha obedecido a un plan urbano, su dinámica de funcionamiento se caracteriza por el congestionamiento en los servicios en redes, tales como: colapso en el sistema de aguas servidas, que genera el escurrimiento superficial de estas aguas en calles y avenidas; también como parte del problema de los servicios, está el insuficiente transporte público, y colapso de la vialidad, que obstaculiza el

movimiento entre ciudades; también se aprecia el déficit del servicio telefónico, entre otros (MINFRA, 2007; IERU, 2007).

Esta situación hace al área de estudio susceptible a los eventos físico naturales, evidencia de ello, son las lluvias extremas ocurridas en febrero del año 2005, que dejaron numerosas pérdidas materiales (Solórzano, 2005a; 2005b; 2005e; Espinoza, 2005), así como el deterioro ambiental en diferentes áreas de los municipios Plaza y Zamora (Espinoza, 2005; Solórzano, 2005d; 2005c) después de estar expuestas varios días intensivos de lluvias; los reportes señalaron: urbanizaciones inundadas e incomunicadas (Solórzano, 2005a; Guía, 2005; Álvarez, 2005), áreas comerciales afectadas (Espinoza, 2005; Lobatón, 2005b), vías de comunicación cerradas (Solórzano, 2005a; Lobatón, 2005b) y suspensión de servicios públicos (Lobatón, 2005b; Solórzano, 2005b); y no sólo las áreas urbanas sino también áreas de producción agrícola dentro de los municipios cercanos a los cursos de agua (Solórzano, 2005c; Lobatón, 2005a).

El objetivo del trabajo fue identificar y caracterizar las áreas susceptibles a la ocurrencia de desbordamientos e inundaciones en la cuenca del río Guarenas, estado Miranda.

METODOLOGÍA EMPLEADA

A manera de síntesis, se evaluó la base de datos ambientales conformada por la geomorfología, pendientes, cobertura vegetal, hidrografía, lluvias medias mensuales y extremas (percentil 20% y período de retorno); por otra parte, se identificaron los principales usos urbanos y se estimaron sus superficies, en las áreas inmediatas a las principales cursos de agua ubicadas entre las ciudades de Guarenas, Guatire y Araira.

Fueron identificadas y cuantificadas las superficies de las partes bajas del área de estudio (valle) a través de la superposición de los

mapas de geomorfología, pendientes e hidrografía, con apoyo de un modelo digital del terreno y con información del período 1999-2007, en el cual hubo eventos importantes de inundación.

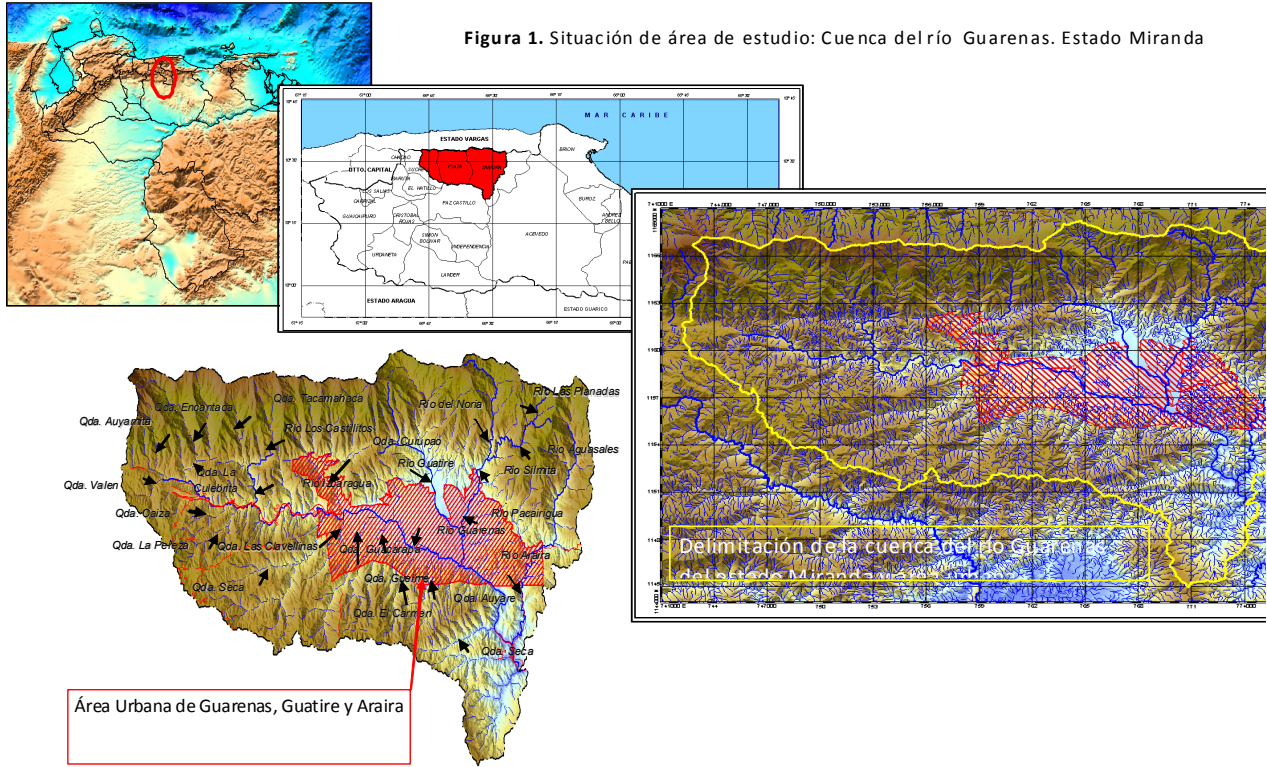
Fueron caracterizadas las lluvias medias mensuales, tomando en cuenta los registros históricos del área de estudio para cinco estaciones meteorológicas (período de 1967 a 1999; Sáez-Sáez, 1995; MINAMB, 2008); estos puntos de registros sirvieron también de base para la estimación del período de retorno (método de Gumbel) que se vinculan con las crecientes que pueden producir inundaciones destacándose en el análisis las lluvias de 24 horas para 2 a 10 años de período de retorno.

Además de tomar en cuenta los valores medios de las lluvias mensuales para su caracterización, se estimaron las lluvias del percentil 20, con el objeto de considerar situaciones extremas de los registros de precipitación (climáticamente estos montos se consideran *lluviosos* y se acercan al más alto valor de las series históricas, pero dada su característica ocurren pocas veces en las series; Martelo y Osorio, 1992). La frecuencia del percentil fue estimada:

$$P = n / (n + 1) * 100$$

P: percentil; n: es el número del registro para cada valor observado en la serie de precipitación mensual.

Las crecientes son eventos extraordinarios que se presentan en los cauces de las corrientes naturales durante las cuales las magnitudes de los caudales superan con creces los valores medios que son normales en las mismas (Silva, 2004), el término permite puntualizar el tipo de evento que se estudia en este trabajo, y que lleva a la identificación de áreas susceptibles a ser inundadas. La ecuación general para la función de densidad de Gumbel es la distribución:



$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{\frac{x-\mu}{\beta}} e^{-e^{\frac{x-\mu}{\beta}}}$$

dónde μ es el parámetro de ubicación y β es el parámetro de escala. El caso en que $\mu=0$ y $\beta=1$ se llama la norma de distribución Gumbel (ESH, 2006).

Se identificaron los principales usos en los centros poblados de las ciudades de Guarenas, Guatire y Araira, a partir de la base de datos suministradas por el INE (2008), y la cartografía del área de estudio a escala 1:5000, que fue verificada en varios reconocimientos de campo para identificar algún cambio significativo. Los usos observados se clasificaron en cuatro: residencial, comercial, industrial, servicios (que integra los usos educativo, asistencial y gubernamental) y vialidad; cabe destacar que en el caso de las estructuras de varios niveles como edificios, viviendas, entre otras, se tomó como uso principal el correspondiente a la planta baja de la edificación.

Una vez caracterizados los aspectos físicos y los aspectos socio-culturales (usos), se estableció una espacialización de áreas sujetas a inundación (y su comportamiento, según la ocurrencia de lluvias extremas que podrían ocurrir, según el período de retorno); se consideró la diferencia de un metro de altura a partir del nivel del curso del agua, para establecer de manera arbitraria categorías de inundación; así que, desde el curso del río y con un metro de diferencia se denominó *alto nivel de inundación*; a los dos metros de diferencia con el curso del río se denominó *nivel medio de inundación*; y tres metros *bajo nivel de inundación*; estos niveles representan *la amenaza* a los emplazamientos urbanos (también diferenciados por sus usos y densidades: número de localidades por parcela, INE, 2008) y su combinación representa *el riesgo* para el área. Fueron identificadas estas unidades en los centros poblados que se emplazan a los lados de

los ríos Guarenas, Guatire, y Pacairigua con sus principales tributarios (Curupao, Izcaragua, Perque, río del Norte y Araira).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y PENDIENTES VARIABLES DETERMINANTES EN LA SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO GUARENAS, ESTADO MIRANDA

La cuenca del río Guarenas forma parte de la vertiente norte de la Serranía del Interior y de la vertiente sur de la cordillera de la costa central. Ocupa una superficie de 53.847,69 ha, con alturas que oscilan entre los 232,7 y 2.743,3 ms.n.m. Esta área se originó por grandes eventos tectónicos que van desde el Terciario hasta el Cuaternario y está formada por diferentes complejos rocosos en sectores de montañas, tales como: gneis y esquistos cuarcíticos, correspondientes a la asociación metamórfica Ávila y al complejo San Julián ubicados en la parte norte del área de estudio, así como esquitos grafitosos y mármol de la asociación metasedimentaria Caracas en la parte sur (MARN, 1983; IERU, 2007). La descomposición de estos materiales rocosos, poco consolidados y con contenidos de arcilla, ha originado la formación de suelos residuales constituidos fundamentalmente por arcillas, y en menor proporción limos y arenas, en la parte media central de la cuenca, que sobreyacen sobre el material sedimentario del Mesozoico y Pre-Mesozoico.

Desde el punto de vista geomorfológico, en la zona se identifican relieves de denudación asociados a montañas, colinas y lomas de piedemonte, compuestas primordialmente por formas típicas de erosión como laderas y crestas con distintos niveles de disección según la densidad del drenaje. Intercaladas a éstas, se hallan formas aluviales, tales como: valles coluvio-aluviales y los fondos de depresión de ríos

principales y secundarios. A continuación se procede a describirlas de acuerdo con su origen (figura 2 y cuadro 1):

Cuadro 1. Superficie (hectáreas y porcentajes) de las unidades geomorfológicas de la cuenca del río Guarenas, estado Miranda

De acuerdo con su origen	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	SUPERFICIE	
		Hectáreas (Ha.)	Porcentajes (%)
Aluviales	Valle coluvio-aluvial (principales y secundarios)	6.879,09	12,8
	Fondo de valle rellenado	1.399,27	2,6
Denudacional	Cresta	905,58	1,7
	Conjunto de laderas estructurales (Facetas triangulares)	8.362,12	15,5
	Conjunto de laderas estructurales secundarias	20.901,92	38,8
	Laderas cóncavas	5.227,58	9,7
	Asociación de colinas y lomas de piedemonte (Altas)	4.162,62	7,7
	Asociación de colinas y lomas de piedemonte (Bajas)	6.009,49	11,2
Superficie total		45.569,31	84,6

Fuente: Elaborado según interpretación de mapas topográficos a escala 1.25000.

DE ORIGEN DENUDACIONAL (figura 2 y cuadro 1)

- **Cresta:** corresponde a la parte más alta de los sectores de montaña, en la sección norte de la cuenca y ocupa una superficie de 905,58 ha, (1,7% del total). Se distinguen como puntos más altos los topos: Santa Rosa (2.100 m.s.n.m), Sarate (1.960 m.s.n.m), Macanillal (2.100 m.s.n.m), Tacamahaco (2.300 m.s.n.m), Orismao (2.180 m.s.n.m) y Carretera (2.000 m.s.n.m) y; los picos: Izcaragua (2.3000 m.s.n.m), Pascual (1.700 m.s.n.m) y Los Caracas (1.600 m.s.n.m); el punto más alto del

área de estudio está en la parte noroeste, específicamente, al este del estribo de Galindo con una altura de 2.743,3 m.s.n.m.

- **Conjunto de laderas estructurales (facetas triangulares):** representan las superficies en declive, con la inclinación de los estratos a favor de la pendiente del terreno, ubicadas en la parte centro-norte y noroeste de la cuenca del río Guarenas; en su conjunto representan una superficie de 8.162,12 ha, (15,5% del área total en estudio). Constituyen expresiones dejadas netamente por las fallas locales, predominan pendientes escarpadas con rango de 30 a 45°. Las gargantas se forman a partir de la confluencia de drenajes de forma dendrítica sobre planos de debilidad que son los que permiten que el curso de agua drene rápidamente dentro de la microcuenca.
- **Conjunto de laderas estructurales secundarias:** ubicadas al sur de la cuenca, separadas entre sí por numerosas quebradas que las atraviesa. Ocupan la mayor parte de la superficie de la cuenca con 20.901,92 ha, el equivalente al 38,8% del total. Dominan pendientes entre 20 a 30° en las laderas y, de 5 a 20° en su tope.
- **Laderas cóncavas:** ubicadas al norte de la cuenca, ocupan una superficie de 5.227,58 ha, y el equivalente a 9,7% del área total. Se caracterizan por presentar una forma cóncava con pendientes que varían de 20 a 45°, se destaca un predominio de inclinaciones entre 30 a 45°.
- **Asociación de colinas y lomas de piedemonte:** constituyen unidades que se enmarcan dentro de un ambiente estructural, es decir, áreas heredadas de la actividad sísmica de la cordillera, la transición de la montaña y la llanura aluvial, es por tanto, un paisaje ondulado con colinas altas y bajas suavizadas por acción de la lluvia. En la parte central del área de estudio, abarcan una superficie de 10.172,1 ha; espacio que representa el 18,9% de

la superficie total, con pendientes que comprenden un rango de 10° a 30°, con alturas que varían entre los 325 y 1.000 m.s.n.m.

FORMAS DE ORIGEN ALUVIAL (figura 2 y cuadro 1):

- **Valles coluvio aluviales:** constituidos por depósitos fluviales y aluviales que conforman los fondos o pisos de valles; forma del terreno ubicada a lo largo de todo el cauce de los ríos: Guarenas, Izcaragua, Guatire, Pacairigua, Araira, y las quebradas Curupao, Gueime y Kempis. Ocupan una superficie de 6.879,09 ha, (12,8% del total del área de estudio). Presentan valores de pendientes muy variados en un rango que oscila entre 5 a 20°, con valores inferiores en la parte más baja del terreno.
- **Fondo de valle:** con una superficie de casi 1400ha., en la parte media de la cuenca del río Guarenas, está relleno por sedimentos terrígenos, fundamentalmente arcillas y en menor proporción limos y arenas derivadas de las rocas de la asociación metamórfica Ávila, complejo San Julián y la asociación metasedimentaria Caracas, que alternan con esquistos cuarzo micáceo-grafitoso y esquistos grafíticos, consecuencia de la evolución hidrológica del valle y de la recesión de los escarpes. Esta superficie presenta ligeras ondulaciones de terreno, con pendientes que oscilan entre los 0 a 3° y un dominio de 0 a 1°; están a una altitud promedio de 300 m sobre el nivel del mar. Aquí se emplazada la población de las ciudades de Guarenas y Guatire y sus diversas actividades (figura 2).

PRECIPITACIÓN (mm)

La distribución espacial y temporal de los montos de las precipitaciones en la cuenca del río Guarenas es muy diferenciada. Los

registros de lluvia durante el año, y entre un año y otro, determina en gran medida en el comportamiento de la hidrología del área. La cuenca corresponde a un bolsón seco limitado por la región de Barlovento al este, y otra área de lluvias al oeste y sur del estado Miranda (MARN, 1983). La precipitación media anual está por debajo de los 950 mm; luego se incrementa a 1200 mm al este, y varía entre 1000 y 1200 mm, al norte y sur de la cuenca del río Guarenas (Sáez-Sáez, 1995).

En el cuadro 2, se aprecian los valores de la precipitación media mensual para la cuenca del río Guarenas; se tiene según la serie histórica que, la temporada de lluvias comienza en mayo. El máximo promedio mensual se presenta en junio, y la temporada termina en el mes de diciembre, en promedio. Según resultados de análisis de balances hídricos mensuales hecho año a año, el área de estudio con este régimen de precipitaciones, no tiene capacidad de almacenamiento de agua en los suelos; por otra parte, y de acuerdo a estos análisis, considerando el mes más lluvioso, pueden presentarse excesos hídricos en los suelos (con una lámina menor a 40mm) en algunos años, en la parte más baja del área de estudio, no llegarían al 20% de frecuencia de ocurrencia; situación muy similar que se puede presentar en los meses de julio, agosto y septiembre (*Op. cit.*, 1995).

Aún bajo estas condiciones, en el área de estudio se han presentado desbordamientos de los cursos de agua, situación que puede ocurrir tanto en la temporada de lluvias como fuera de ella, por tanto esto lleva a suponer que son las lluvias extremas las que conducen a esta situación.

Para los registros observados durante el período de 1967 a 1999, se realizó un análisis frecuencial, y se estimaron las lluvias del percentil 20 (cuadro 2). Si se consideran las lluvias de este percentil, como un año muy lluvioso, (y además son pocos frecuentes), se esperaría que en el área, fuera de los centros poblados de Guarenas-Guatire-Araira, las precipitaciones en junio podrían presentar valores entre 179 a 259 mm,

muy por encima a los registros medios. De ocurrir esto, se afectaría la dinámica de escurrimiento de las cuencas y subcuencas en el área, al incrementarse el número de días de lluvias, con ello el almacenamiento de humedad en el suelo y la posibilidad de incrementar la lámina remanente de agua, que puede llevar a los desbordamientos de los principales cursos de agua, y por supuesto, al río Guarenas, que atraviesa a este centro urbano, como también a Guatire.

Dado que el área de estudio está en el trópico, y el régimen de las precipitaciones en el país está bajo los efectos de varios eventos de carácter regional como el traslado de la zona de convergencia intertropical, el desplazamiento de ondas del este, la penetración de vaguadas en la altura y de restos de frente fríos (Martelo, 2002), la ocurrencia de lluvias extremas es un elemento que se debe tomar en cuenta, a fin de reconocer un patrón de posibles inundaciones por desbordamiento en el área de estudio.

A las cinco estaciones seleccionadas se les estimó el período de retorno y en la figura 3, se aprecia el monto de las lluvias extremas para varias horas y su posibilidad de ocurrencia para distintos lapsos, estimada según método de Gumbel.

Las figuras sugieren varios escenarios de lluvias extremas y de cómo éstas podrían afectar el comportamiento de los cursos de agua y/o sus crecidas. Los resultados del método pueden observarse en períodos de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, donde se presentan diversos montos, si las lluvias variaran entre 15, 30 minutos, 1, 3, 6, 12 y 24 horas de duración (intensidad).

Cuadro 2. Distribución de la precipitación media mensual y anual, y lluvia del percentil 20, de las estaciones en la cuenca del río Guarenas, estado Miranda

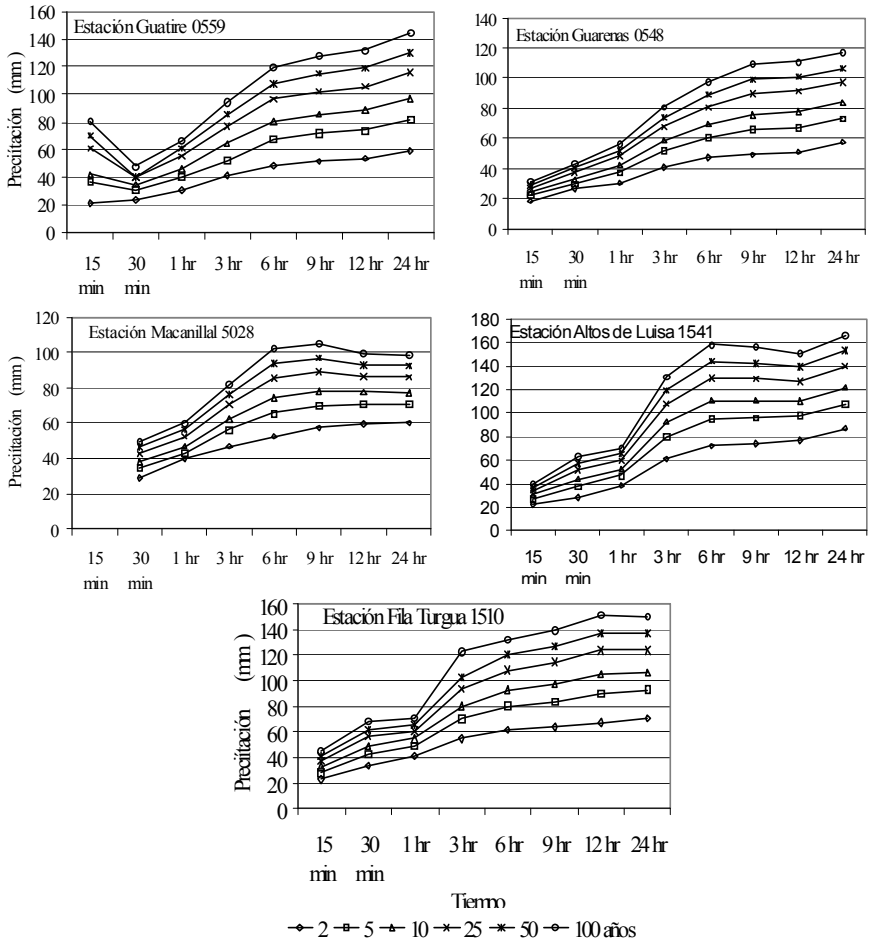
Guatire	Serial 0559				10°28'02"N-66°31'24"O							
	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Media	27,6	16,4	11,7	32,7	70,3	150,0	160,9	123,4	98,7	82,0	87,2	77,5
P20%	37	24,3	14,8	41,1	94	179,1	201,7	154,6	134,7	99,6	116,2	97,9
Guarenas	Serial 0548				10°28'02"N-66°37'00"O							
Media	15,4	8,5	9,4	32,2	70,3	129,7	128,3	109,6	78,6	72,5	72,6	47,5
P20%	28,8	11,2	9,9	47,1	101,3	182,7	159,9	135,4	97,8	93,9	93,3	78,5
Macanillal	Serial 5028				10°31'58"N-66°44'26"O							
Media	39,2	22,6	19,7	80,1	117,4	168,3	160,0	158,3	129,1	133,6	93,3	57,0
P20%	59,7	25,5	19,7	109,0	155,0	216,6	193,8	192,6	158,6	189,8	137,2	80,8
Altos de Luisa	Serial 1541				10°24'37"N-66°31'00"O							
Media	39,2	22,6	19,7	80,1	117,4	168,3	160,0	158,3	129,1	133,6	93,3	57,0
P20%	59,7	25,5	19,7	109,0	155,0	216,6	193,8	192,6	158,6	189,8	137,2	80,8
Fila de Turgua	Serial 1510				10°22'29"N-66°23'00"O							
Media	34,4	21,9	16,8	49,5	110,4	188,4	184,8	191,6	129,1	116,7	115,6	71,0
P20%	55,5	30,2	28,0	65,3	161,2	259,2	240,3	185,0	169,7	135,8	185,2	101,4

Fuente: MINAMB, 2008; Sáez-Sáez, 1995.

Si se consideran, por ejemplo, términos de tiempo con eventos extremos de 5 años, los resultados sugieren que de presentarse precipitaciones de seis horas en el área de Guarenas y Guatire, los registros serían de 60 mm y más, al mismo tiempo, fuera de los centros poblados llegarían de 65 a 95 mm (Altos de Luisa, Macanillal y Fila de Turgua, figura 3).

Es decir, aunque es un evento que podría presentarse en un lapso de cada cinco años, y lluvias con duraciones de varias horas, los montos equivaldrían a lo que se precipita en un mes de lluvia promedio, y un escurrimiento que se transformaría en manchas de inundaciones en los colectores o cursos de agua.

Figura 3. Lluvias extremas en la cuenca del río Guarenas, estado Miranda.
Según Gumbel



También se pueden tomar en cuenta períodos muy cortos de precipitación, cada 30 minutos; por ejemplo, se tiene que pueden ocurrir montos de lluvias entre 21 y 25 mm, cada dos años, pero si sus intensidades son mayores y con menor frecuencia, para estos 30 minutos, las lluvias podrían alcanzar hasta 40 mm, valor que casi las duplica, para un período de retorno de 10 años, según las estimaciones (figura

3); es decir, que en un tiempo relativamente corto como 30 minutos de lluvias intensas se alcanzarían montos de casi un mes de lluvia, pero es un evento que podría ocurrir una vez cada 10 años, según el comportamiento de las series evaluadas por el método de Gumbel.

USO DE LA TIERRA Y RIESGO DE INUNDACIÓN

USO DE LA TIERRA

La mayor parte del espacio urbano de las ciudades de Guarenas y Guatire está emplazado en la unidad geomorfológica de fondo de valle; para cumplir con el objetivo de trabajo se identificaron cinco usos: residencial, comercial, industrial, servicios y vialidad. Los usos de mayor densidad urbana son el residencial y el industrial, que se combinan en menor proporción con los usos de comercio y servicios de menor densidad. La distribución de los diversos usos es de este-oeste, en correlación al trayecto del río Guarenas; la vialidad está representada por las autopistas y vías principales de acceso paralelas al río, entre ellas, la autopista Rómulo Betancourt, la carretera vieja Petare-Guarenas y la avenida Intercomunal Guarenas-Guatire, hacia la parte central del valle. A partir de estos ejes se distribuyen los usos residenciales más organizados.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL RIESGO DE INUNDACIÓN Y DESBORDAMIENTO DEL RÍO GUARENAS, ESTADO MIRANDA

La unidad de fondo de valle es la forma geomorfológica inmediata al curso del río Guarenas, con una superficie casi 1400 ha, que representan el 2,6% del total del área de estudio, y junto a la unidad de valles coluvio-aluvial (6879,09 ha; 12,8% de la cuenca). En estos espacios es donde se emplazan la mayor parte de los usos urbanos (INE, 2008; IERU, 2007). Al hacer coincidir los cursos de los ríos, y en particular, el Guarenas, con estas unidades, y considerando las

menores pendientes, se determinó que casi el 100% de la primera unidad (fondo de valle) es de alta susceptibilidad a inundaciones, de llegar a ocurrir lluvias extremas de determinada intensidad y duración, según resultados expresados en los análisis del período de retorno. Los usos del suelo más vulnerables, a éstas inundaciones, son las infraestructuras de las áreas industriales, residenciales, de comercios y servicios (educación y salud) por estar muy cercanos o paralelos al curso del río Guarenas; igualmente, este fenómeno puede apreciarse, en ocasiones, por varios metros perpendicular al curso del río.

Ya en diversas ocasiones en los últimos diez años, desbordamientos esporádicos han afectado a estas ciudades, en particular en los años 1999, 2005 y en el año 2007 (Álvarez, 2005; Espinoza, 2005; Lobatón, 2005; IERU, 2007). A pesar de que los eventos describen y menciona los daños, también parecen repetirse en los puntos más vulnerables de las ciudades, el análisis espacial permite comprender esta distribución, y se puede concluir que los desbordamientos se relacionan a la unidad geomorfológica de fondo de valle del área de estudio.

En función de la delimitación del área de riesgo por inundación se procedió a establecer un criterio de riesgo (alto, moderado y bajo).

Criterio arbitrario de riesgo:

- Inmediato al curso del río hasta un metro de distancia: alto riesgo de inundación
- Desde un metro a dos de distancia, después del río: moderado riesgo de inundación
- A más de dos metros de distancia: bajo riesgo de inundación.

Al comparar la información de áreas susceptibles de inundación, según la distancia al curso del río y el uso de la tierra, se determinaron las unidades espaciales con los niveles de riesgo asignados, según se describió en la metodología mencionada, en el cuadro 3 y en las figura 4 y 5, se presentan las estimaciones.

Aproximadamente un 75% de la mancha de inundación corresponde a alto riesgo de inundación, seguido de un 17% con un riesgo bajo de inundación y un 8% con riesgo medio.

En la unidad de alto riesgo, aproximadamente un 60% corresponde al uso residencial (algunos de ellos de media y alta densidad como parte de la urbanización Nueva Casarapa), seguido del industrial y el comercial con alrededor del 33% en conjunto, en tanto que la vialidad y otros representan el 8%.

Cuadro 3. Distribución del nivel de riesgo por inundación en la cuenca del río Guarenas, estado Miranda

Nivel de riesgo	USO DE LA TIERRA	SUPERFICIE	
		Hectáreas (Ha.)	Porcentajes (%)
Riesgo alto	Residencial	207,41	59,7
	Industrial	72,86	21,0
	Comercial	41,62	12,0
	Validad y otros	25,51	7,3
	Subtotal general	347,4	74,9
Riesgo medio	Residencial	12,35	31,7
	Industrial	10,7	27,4
	Comercial	9,42	24,1
	Validad y otros	6,55	16,8
	Subtotal general	39,02	8,4
Riesgo bajo	Residencial	25,42	32,7
	Industrial	22,35	28,8
	Comercial	14,62	18,8
	Validad y otros	15,29	19,7
	Subtotal general	77,68	16,7
Superficie total		464,1	100

Fuente: Estimación propia.

Respecto al riesgo medio y bajo el comportamiento es similar, aproximadamente un 30% corresponde al uso residencial, seguido del uso industrial, el comercial y en menor proporción la vialidad y otros.

CONCLUSIONES

El área de Guarenas-Guatire representa un área en expansión de la ciudad de Caracas, por tal razón, tiene alto índice de crecimiento poblacional, y otros usos, como el industrial y comercial.

Desde el punto de vista físico, el espacio urbano está compuesto por las mayores densidades de población, industrial, comercios y servicios, emplazados en el fondo de valle de la cuenca, justo en el entorno de su principal curso de agua, el río Guarenas y principales tributarios.

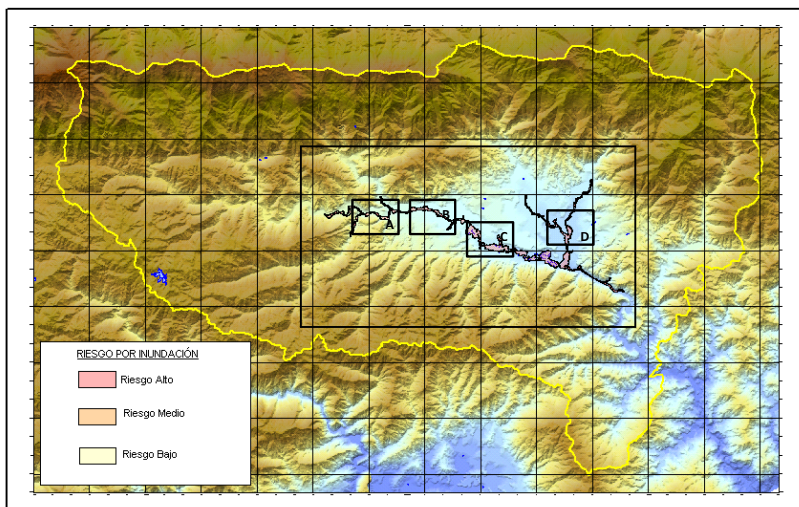
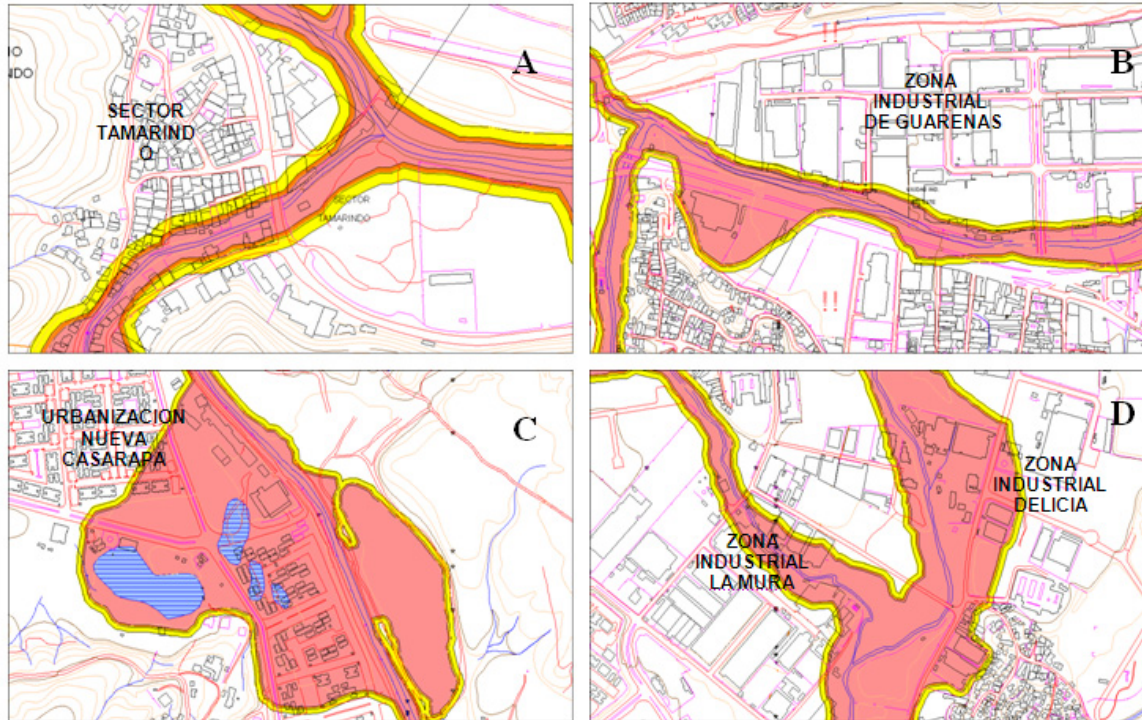


Figura 4. Distribución espacial del riesgo de inundación y desbordamiento, río Guarenas, estado Miranda

Figura 5. Distribución espacial del riesgo de inundación y desbordamiento, río Guarenas, estado Miranda



El área es susceptible a inundaciones por desborde de los principales cursos de agua, y en años recientes, los eventos registrados así lo han confirmado (años: 1999, 2005). La ocurrencia de eventos de lluvias extremas, según análisis de período de retorno, señala que existe la posibilidad de que se presenten precipitaciones con montos similares en cortos períodos, que pueden igualar los registros de hasta un mes de lluvia promedio.

Al evaluar las condiciones físicas naturales del área de estudio, tales como lluvias extremas, pendientes, cursos de agua y emplazamientos urbanos, se determinó que más del 20% del área urbana, en el fondo de valle es considerada de muy alta vulnerabilidad a ser inundadas por desbordamiento del río Guarenas.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento del Consejo de Desarrollo Humanístico y Científico de la Universidad Central de Venezuela, bajo el número PG 07-00-6496-2006.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez I. (2005). Denuncian colapso de servicios públicos en Nueva Casarapa. *La Voz*. Pág. 17.
- Díaz, E. (2005) *Guarenas*. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.guatire.net/mdata1.php?news=125&id=20&main=n>. Consultado 2008, septiembre 25.
- Engineering Statistics Handbook (ESH) (2006). *Extreme value Type I distribution*. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda366g.htm> . Consultado en 2008 mayo 04.

- Espinoza, E. (2005, febrero 11). Pérdidas multimillonarias en centros comerciales en Municipio Zamora. *La Voz*. Pág. 13.
- Instituto de Estudios Regionales y Urbanísticos (IERU) (2007). Plan de desarrollo urbano local-Sistema de información urbanística – Agenda de participación comunitaria del municipio Plaza, estado Miranda. Informe de Diagnóstico. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2008). *Base de datos del registro de estructura por sectores de los municipios Plaza y Zamora*. Dirección de Estadística. Caracas.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2001). *Censo de Población y Vivienda*. Dirección de Estadística. Caracas.
- Guía D. (2005, febrero 19). Zona de riesgo en pleno centro de Guatire, Calle Guzmán Blanco está peor que Araira. *La Voz*. Pág. 13.
- Lobatón, M. (2005a, febrero 15). Pérdidas mil millonarias. Afectados sembradíos de cacao y plátano. *La Voz*. Pág. 8.
- Lobatón, M. (2005b, febrero 22). Lluvias causaron daños en la red y operatividad. *La Voz*. Pág. 14.
- Martelo, M. (2002). *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela*. Trabajo de ascenso. Maracay: Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Martelo M., Osorio L. (1992). *Caracterización agroclimática de la Planicie del Lago de Maracaibo, estado Zulia*. Departamento de Agrometeorología. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas: Dirección de Hidrología y Meteorología.
- Ministerio del Ambiente (MINAMB) (2008). *Registros de datos mensuales para las estaciones Guarenas, Guatire, Macanilla*. Dirección de Hidrología y Meteorología. Caracas.

- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). (1983). *Regiones Naturales*. DGPOA. Dirección de Ordenación y Planificación. Caracas
- Ministerio de Infraestructura (MINFRA) (2001). *Plan de Ordenamiento Urbanístico de Ciudad Fajardo- Araira*. Fase I: Diagnóstico. Caracas. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.gobiernoenlinea.ve/docMgr/sharedfiles/LogrosTerritoriales2003.pdf>. Consultado: 2008, septiembre 25.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2006. *Aspectos ambientales de la gestión integrada de crecidas*. APFM Documento Técnico N° 3. Serie Políticas de Gestión de Crecidas. Ginebra.
- Sáez-Sáez, V. (1995). *Calendarios de siembra para el estado Miranda y el Distrito Federal*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Departamento de Agrometeorología. Caracas: Dirección de Hidrología y Meteorología.
- Silva, G. (2004). *Crecientes*. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.geocities.com/gsilvam/crecientes.htm>. Consultado: 2008 mayo 02.
- Solórzano, J. (2005a, febrero 09). Emergencia en carretera Petare-Guarenas. Lluvias arrastran viviendas y piedras gigantes obstruyen vías. *La Voz*. Pág. 14.
- Solórzano, J. (2005b, febrero 10). Alerta en zonas de Guarenas y Guatire, Lluvias vespertinas incrementaron servicios de atención a sitios colapsados. *La Voz*. Pág. 15.
- Solórzano, J. (2005c, febrero 11). Guarenas y Guatire están colapsados. *La Voz*. Pág. Portada.
- Solórzano, J. (2005d, febrero 11). Inundados varios comercios en Valle Verde de Guarenas. *La Voz*. Pág. 8.

Solórzano, J. (2005e, febrero 11). Atendidas inundaciones en la Villa y Nueva Casarapa. *La Voz*. Pág. 13.

Solórzano, J. (2005f, febrero 12). Guarenas amaneció superando estragos de la “oleada” de Curupao. *La Voz*. Pág. 13.

Jesús Lemus. Licenciado en Geografía-UCV (2006). Profesor Instructor de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación. Coordinador del Centro “Orlando Luis Venturini” Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. Profesor en Introducción a la Geografía de la Escuela de Geografía. Correo electrónico: jlemusm@gmail.com.

Vidal Sáez-Sáez. Doctor en Ciencias, UCV 2002. Especialista en Agrometeorología, Bélgica, 1990. Licenciado en Geografía, UCV, 1987. Profesor Asociado. Director de los Estudios de Postgrado de la Facultad de Humanidades y Educación. Coordinador de la Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio FHE-UCV. Miembro del Comité Académico del Doctorado en Humanidades. UCV. Docente en pre y postgrado-UCV. Correo electrónico: vial2ss@cantv.net.

Mónica Oropeza. Docente-Investigador del Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. Licenciada en Geografía. UCV, 2004. Experiencia profesional en estudios de impacto ambiental y catastro. Correo electrónico: oropezamonica05@yahoo.com.

Eunice Carolina Siso Lucena. Licenciada en Geografía-UCV (2001). Especialista en Análisis de Datos en Ciencias Sociales-UCV (2008). Profesora Asistente de la Universidad Central de Venezuela. Facultad de Humanidades y Educación. Profesora de Estadística. Jefa del Departamento de Metodología. Coordinadora Académica de la Escuela de Geografía. Correo electrónico: eunicesiso@gmail.com.

Pedro Manuel Barrios Mota. Licenciado en Geografía-UCV (1999). Especialista en Análisis de Datos en Ciencias Sociales-UCV (2006). Profesor Agregado de la Universidad Central de Venezuela. Facultad de Humanidades y Educación. Profesor de Matemática. Director de la Escuela Geografía. Correo electrónico: pmbarrios@hotmail.com.