

Riesgos ambientales en áreas urbanas: caso Ciudad Guayana

Gustavo Veitia

La intervención incoherente y sin planificación de las microcuencas en áreas urbanas, deriva casi siempre en la presencia de riesgos ambientales a corto y mediano plazo, como consecuencia de la inestabilidad del terreno debido a la combinación de factores naturales implícitos (altas pendientes, precipitación fuerte y concentrada, sustrato litológico poco consolidado, sismicidad, exposición...) y factores humanos desencadenantes (deforestación indiscriminada, modificación de cauces, construcción sobre lechos de inundación, escorrentía superficial no controlada, asentamientos no controlados...). A medida que la intervención se acentúa haciéndose más incompatible con la realidad del entorno, se incrementa el riesgo ambiental y por consiguiente la vulnerabilidad de la infraestructura y la población de un área determinada. Por ello surge la necesidad de llevar a cabo una adecuada planificación del uso del suelo de las microcuencas urbanas, considerando por un lado el conocimiento acertado de la base natural, y por otro los límites hasta donde debe llegarse en la edificación de la infraestructura y el desarrollo urbano en general.

En Venezuela se pueden citar algunos casos de cuencas ocupadas parcialmente por asentamientos urbanos y que han sido afectadas por lluvias extremas. En este sentido se tiene: la cuenca del río Limón en Maracay, estado

Aragua (septiembre de 1987), donde fue afectada principalmente la población de El Limón; la cuenca del río Uria, donde desapareció la población de Carmen de Uria durante los eventos torrenciales ocurridos en el estado Vargas en diciembre de 1999, (Veitía, 2007), y el caso del Valle de Mocotíes, estado Mérida, en febrero de 2005, donde fue especialmente afectada la población de Santa Cruz de Mora. Estas tres referencias son claros ejemplos de la problemática planteada, debido al impacto negativo ocasionado sobre las condiciones socioeconómicas, la infraestructura y la población en los centros poblados nombrados y áreas circunvecinas.

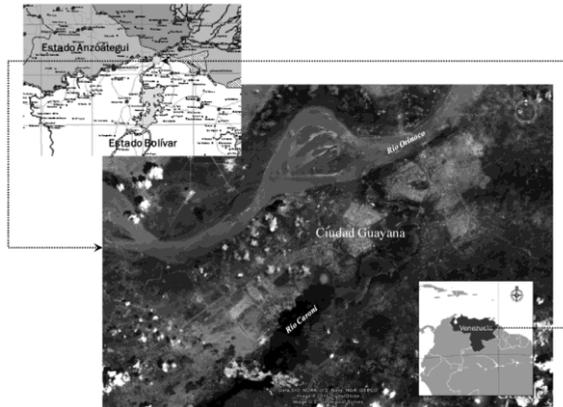
Es importante resaltar que el elemento común de los casos indicados es que estos ocurrieron en zonas montañosas, uno en la cordillera de los Andes y los otros dos en el tramo central del sistema montañoso del Caribe, es decir, en zonas de altos gradientes clinométricos, donde además al momento del evento, se presentaron altos niveles de precipitación, concentrados en un período de tiempo muy corto en comparación con los registros habituales. Estos factores, al combinarse con la geología local, derivaron en situaciones extremas cuyas consecuencias hoy día siguen estando vigentes.

No obstante, estos problemas de riesgos ambientales en zonas montañosas, también pueden ocurrir en Venezuela en entornos geográficos cuya geología, clima y morfología se diferencian de manera sustancial a los ambientes ya señalados. Tal es el caso de Ciudad Guayana en el estado Bolívar (ver figura 1), un referente en cuanto a su relativa planificación urbana, su vecindad con los dos ríos más importantes del país y la monumentalidad de sus empresas, donde predomina una fisiografía de altiplanicie combinada con colinas bajas

Sin embargo, al examinar con mayor profundidad su entorno geográfico, se encuentra que la ciudad tiene problemas y en determinados casos de singular gravedad. Por ejemplo, en relación a la geología, la ciudad presenta tres situaciones: un basamento rocoso ígneo-metamórfico mayormente duro a meteorizado, de Edad Precámbrica, correspondiente al complejo Imataca; remanentes de la formación mesa del Plio-Pleistoceno formada por sedimentos no consolidados arenosos y arcillosos de origen fluvio-deltaico y aluviones recientes (ver figura 2). La intensificación de la erosión en los sedimentos de la

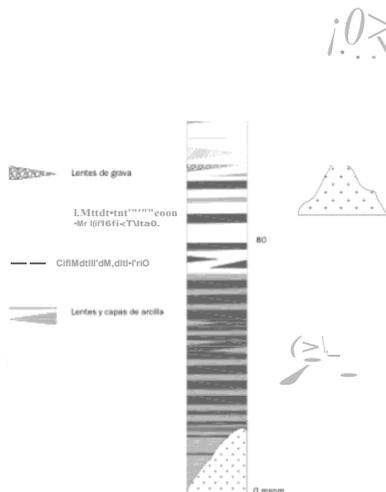
formación mesa por causas naturales e inducidas, ha derivado en la formación de procesos geomorfológicos como la subsidencia, deslizamientos de tierra y erosión concentrada con la consiguiente formación de cárcavas, la colmatación de lagunas, entre otros, aumentando la vulnerabilidad de la infraestructura y colocando en situación de riesgo a la población que habita en estas zonas.

Figura 1. Ubicación del área de estudio en el contexto nacional y regional



Fuente de la imagen satelital: Google Earth™ 2012

Figura 2. Columna estratigráfica típica de la formación mesa en Ciudad Guayana



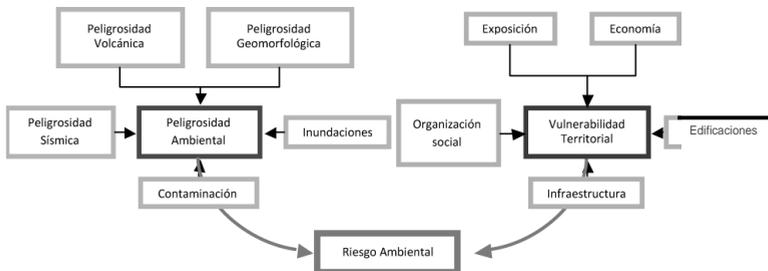
Fuente: Geovenex 1977. Elaboración propia.

1. REFERENCIAS TEÓRICAS

1.1 *Riesgo ambiental y riesgo geológico.* Antes de definir el riesgo ambiental es importante tener en cuenta dos conceptos: peligrosidad o amenaza ambiental, la cual se define como "la probabilidad que un determinado fenómeno o evento potencialmente dañino, ya sea natural o inducido, pueda ocurrir en un territorio, en un período específico de tiempo"; y, vulnerabilidad territorial "se entiende por el grado de daño que puede sufrir un elemento o grupos de elementos bajo riesgo por la probable ocurrencia de un fenómeno natural de una cierta intensidad. Se expresa en una escala que varía desde 0 (ningún daño) a 1 (pérdida total) (De Luca & Feliziani, 1994).

El riesgo ambiental (ver figura 3), como producto entre la peligrosidad ambiental y la vulnerabilidad territorial, representa la probabilidad de que las consecuencias económicas y sociales, originadas por un determinado fenómeno peligroso, superen un cierto límite o umbral (De Luca & Feliziani). Los riesgos ambientales pueden separarse en dos tipos: los de origen natural y los de origen tecnológico. Por otro lado, Ayala Carcedo (1987) dice que riesgo geológico es todo proceso, situación u ocurrencia en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya previsión, prevención o corrección se emplearán criterios geológicos.

Figura 3. El riesgo ambiental y sus interrelaciones



Fuente: Modificado de De Luca & Feliziani (1994)

1.2 *Riesgos ambientales e intervención urbana de cuencas.* Los riesgos ambientales en zonas urbanas se acentúan al degradar excesivamente la vegetación en las laderas, concentrar el drenaje urbano y descargarlo a cursos de agua naturales y modificar de manera indiscriminada la topografía, influyendo en ello además, el poco conocimiento u omisión que se tiene de las condiciones naturales del área a intervenir, convirtiendo sectores en situación de equilibrio morfodinámico en sectores potencialmente inestables.

A lo anterior es necesario agregar la ocupación de áreas inestables *per se* (e.g.: los terrenos contiguos a lo largo de ríos y quebradas con alto riesgo de sufrir inundaciones o las laderas en altas pendientes con alto riesgo de ocurrencia de deslizamientos y derrumbes) las cuales son las menos adecuadas para construir, independientemente de que sea un urbanismo proyectado o un desarrollo no controlado. La falta de una zonificación acertada y el precario control en la ocupación del espacio por parte de las autoridades locales, es otra variable que influye de forma determinante en la amplificación del problema. Para completar el cuadro se tiene que la urbanización de terrenos origina "el aumento en la escorrentía superficial, la disminución de la recarga de agua subterránea, el aumento de la erosión y, por ende, una mayor violencia en la descarga de agua en épocas de lluvias. (Dourojeanni & Jouravlev, 1999).

Lo planteado permite visualizar que el drenaje y las formas de controlarlo, tiene un gran peso en el *dossier* físico natural que se considera para el análisis de problemas geotécnicos y de inestabilidad de terrenos en áreas urbanas, aunado por supuesto al factor antrópico. De allí que sea Junto a la geología un elemento insoslayable para el análisis. Algunos efectos potenciales de la intervención de cuencas y cursos de agua en áreas urbanas pueden verse en la tabla 1.

Tabla 1: Algunos efectos potenciales de la intervención de cursos de agua y cuencas en áreas urbanas

Incremento de la escorrentía superficial. Incremento de la erosión por surcos y cárcavas. Incremento en los niveles máximos de inundación. Reducción de la infiltración de escorrentía superficial. Ensanchamiento del cauce y cortes de taludes.

Incremento en el gradiente de corriente y reducción de la disipación de energía.

Incremento del desplome de taludes.

Incremento en la sedimentación, enriquecimiento de nutrientes y contaminación en la corriente que incide en la eutrofización de cuerpos de agua.

Fuente: Modificado de Dourojeanni & Jouravlev (1999)

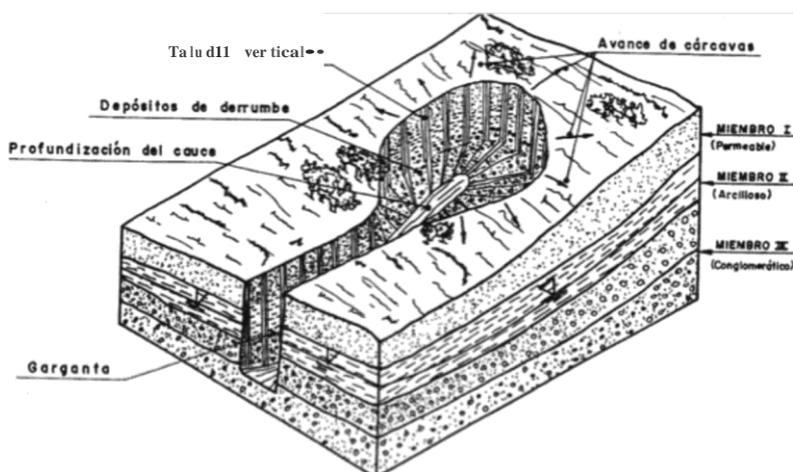
1.3 *Erosión hídrica, formación de cárcavas e inundaciones torrenciales.* La erosión hídrica constituye uno de los principales factores que inciden en la generación de riesgos geomorfológicos y geotécnicos en combinación con el sustrato geológico. Esta consiste en la "desagregación y remoción de partículas del suelo o de fragmentos y partículas de rocas, por la acción combinada de la gravedad con el agua" (Ogura & Soares, 2000). Dentro de los mecanismos elementales de erosión hídrica superficial se tiene la erosión laminar y la erosión en surcos.

1.3.1 *Erosión en surcos.* La erosión en surcos es el paso inicial en la formación de cárcavas. La acción de los golpes de lluvia y el flujo de agua generado en la dirección principal de la pendiente, forma inicialmente microsurdos de erosión y a medida que la longitud de flujo es mayor los surcos se hacen más profundos y de menor densidad por unidad de área. Los surcos paralelos forman una red de drenaje en la cual los surcos más profundos rompen la divisoria de los surcos más pequeños llevando el agua al punto más bajo. Este proceso fue llamado por Horton (1945) como 'micropiratería'. Su efecto es que, talud abajo es mayor su espaciamiento y la profundidad predominante es la de los surcos de mayor poder erosivo. Este proceso puede ocurrir durante el tiempo de una sola lluvia o con el proceso continuado de varias lluvias (Suárez, 1994).

1.3.2 *Erosión en cárcavas.* En cuanto a este proceso se tiene que, al profundizarse y ampliarse los surcos de erosión, estos se convierten en cárcavas, las cuales ya no pueden ser eliminadas con prácticas forestales. En este proceso, una cárcava con cauce en "V" captura a las vecinas y va transformando su sección de una "V" ampliada a una "U". Una vez se forma una cárcava, esta se va tornando más profunda (ver figura 4) avanzando talud arriba volviéndose casi incontrolable.

1.3.3 *Inundaciones torrenciales*. Las inundaciones son eventos naturales y recurrentes que se producen en los cursos de agua, como resultado de lluvias intensas y continuas. Las inundaciones de tipo torrencial son producidas en ríos de montaña o en cuencas o microcuencas originadas por lluvias intensas. El área de la cuenca aportante es reducida y tiene fuertes pendientes. El aumento de los caudales se produce cuando la cuenca recibe la acción de las tormentas por lo que las crecientes suelen ser repentinas y de corta duración.

Figura 4. Esquema general del proceso de erosión en cárcavas



Fuente: Suarez (1994). Elaboración propia

2. RIESGOS AMBIENTALES EN CIUDAD GUAYANA

2.1 Existen en Ciudad Guayana diversos problemas relacionados con inestabilidad de terrenos y erosión hídrica dentro de los cuales destacan las siguientes áreas: microcuenca de la quebrada San Rafael (derrumbes y cárcavas de Los Alacranes), microcuenca de la quebrada de Caronoco (derrumbes y cárcavas de Alta Vista), microcuenca de la quebrada Toro Muerto, y en la mayoría de las zonas de San Félix y Unare donde se combinan sedimentos de la formación mesa y drenajes naturales o artificiales y colectores de servicios deteriorados y/o

mal contruidos (e.g. cañón del diablo en el sector Brisas del Paraíso; microcuenca de la quebrada del sector Francisco de Miranda, entre otros). Igualmente, se observan fenómenos de subsidencia que han afectado la infraestructura como en la Av. Norte-Sur 1 y sitios puntuales de la Av. Las Américas y su prolongación (acontecimientos en pleno desarrollo).

Muchas de estas áreas han sido estudiadas en diferentes fechas (véase por ejemplo Geovenex, 1977; Proconsult, 1994 para estudios generales y Veitía, 2007; 2008 para estudios específicos), pero no siempre se ha asumido con la seriedad debida la resolución de los problemas de estabilidad presentes, en especial a nivel de prevención, actuando solamente cuando se dan las eventualidades. A continuación se hará referencia a dos áreas de riesgos ambientales de la ciudad, los cuales son emblemáticas debido a la ocurrencia de eventos en fecha reciente.

2.2 La microcuenca de la quebrada San Rafael (sector Los Alacranes) La microcuenca de la quebrada San Rafael, en San Félix (ver figura 5), tiene una superficie aproximada de 323 Ha. y la variación altimétrica va desde los 100 a los 10 msnm. La estratigrafía del área está constituida por la formación mesa y los aluviones recientes. La presencia de riesgos ambientales se relaciona principalmente con las zonas de inundación y las zonas de derrumbes (cárcavas).

La formación mesa está conformada en el área por tres estratos que, altiméricamente desde el estrato superior al inferior, son los siguientes: un estrato principalmente arenoso entre los 100 y 60 msnm; un estrato areno-arcillo-limoso, entre los 60 y 42 msnm; y una delgada capa de arcilla entre los 42 y 39 msnm (ver figuras 6 y 7). Se interpreta que estos estratos se repiten al norte de una falla, con un desplazamiento de unos 10 metros. En cuanto a los sedimentos aluviales, se explica el comportamiento de estos en la laguna Las Delicias.

Figura 5. La microcuenca de la quebrada San Rafael, San Félix.



Fuente: Google Earth 2012

En el aspecto geomorfológico, el comportamiento de cada uno de los estratos de la formación mesa ante los factores de la erosión fluvial se traduce en cambios en la morfología, infraestructura, cobertura vegetal y uso del suelo entre 1971 y 2006, observándose un incremento de la ocupación urbana residencial, principalmente en áreas no aptas para este tipo de desarrollo. Todo lo anterior se expresa en la existencia de sectores de alto riesgo ambiental, debido al incremento de la erosión regresiva, la cual influye directamente en el derrumbe de taludes y en el colapso de viviendas e infraestructura en general (ver figuras 8 y 9).

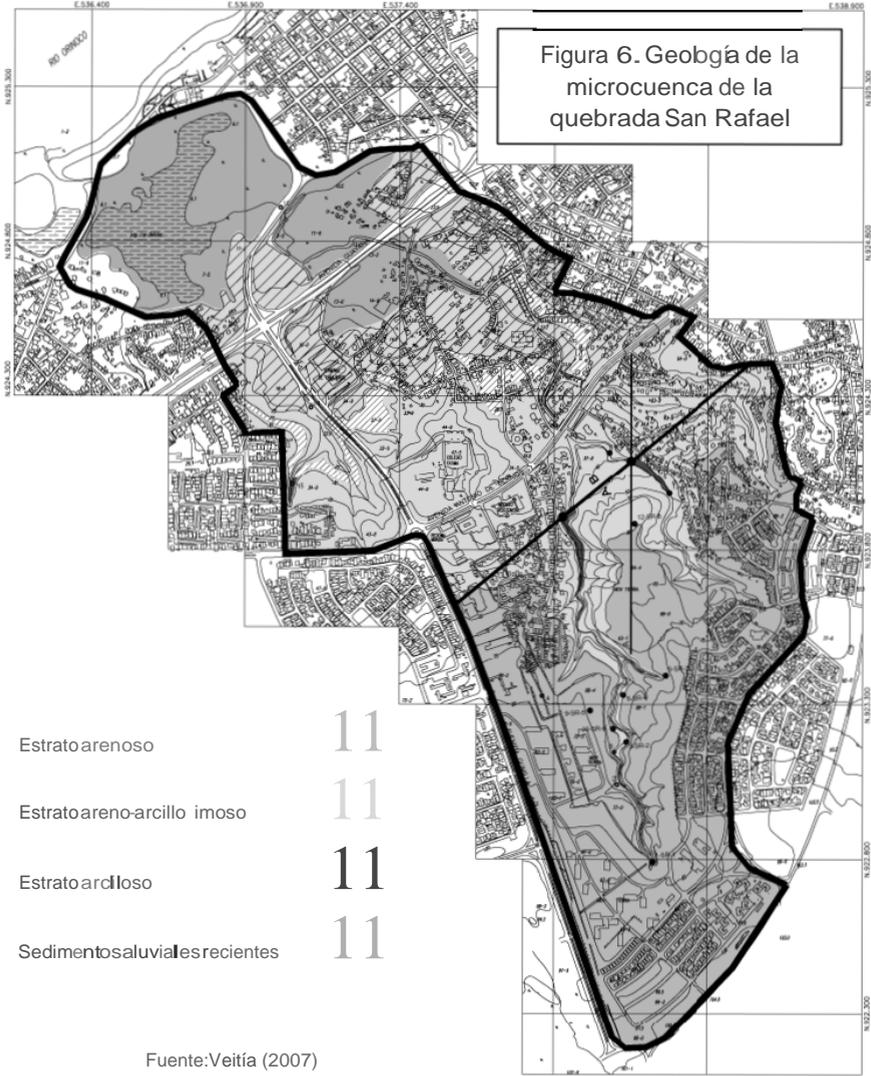


Figura 7. Columnas estratigráfica de la microcuenca de la quebrada San Rafael.

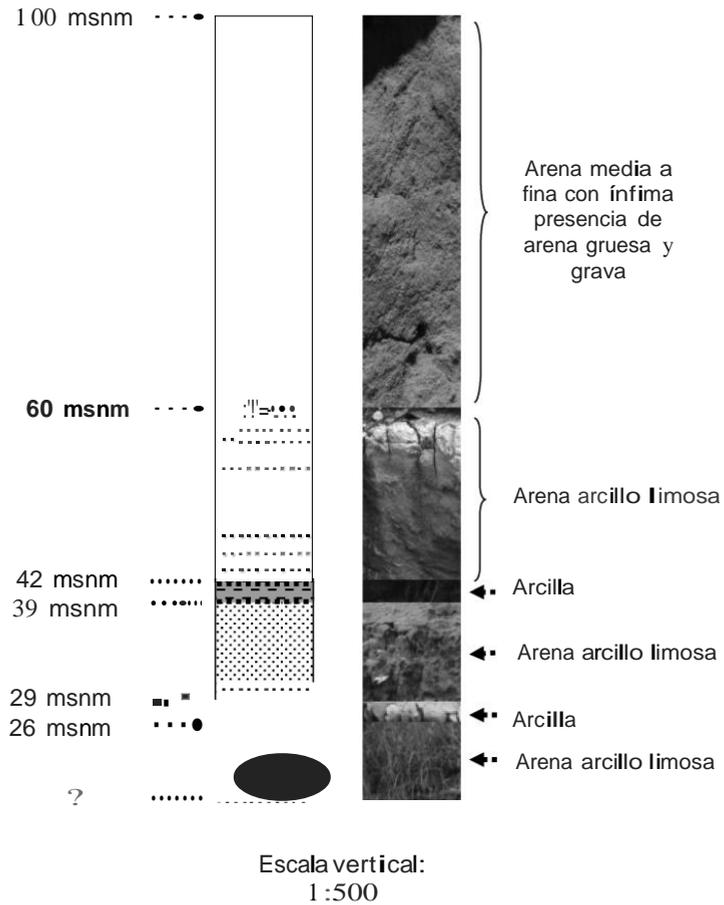


Figura 8. Derrumbes en estratos arenosos parte alta de la microcuenca de la quebrada San Rafael.



Figura 9. Entalle profundo en estratos arcillosos parte media de la microcuenca de la quebrada San Rafael.



La microcuenca de la quebrada de Toro Muerto, ubicada en Puerto Ordaz (ver figura 10) es un área cuyas características hidrogeomorfológicas indican que el desarrollo urbano residencial y usos complementarios deben ser restringidos o

prohibidos, especialmente en la parte media y alta, siendo estos espacios los que conforman las unidades de desarrollo 245 y 246.

La geología del área (ver figura 11) está compuesta por paragneises, itabirita, suelo residual del complejo Imataca y sedimentos mayormente arenosos de la Formación Mesa, estos últimos muy susceptibles de colapsar en presencia de aguas de escorrentía y drenajes artificiales.

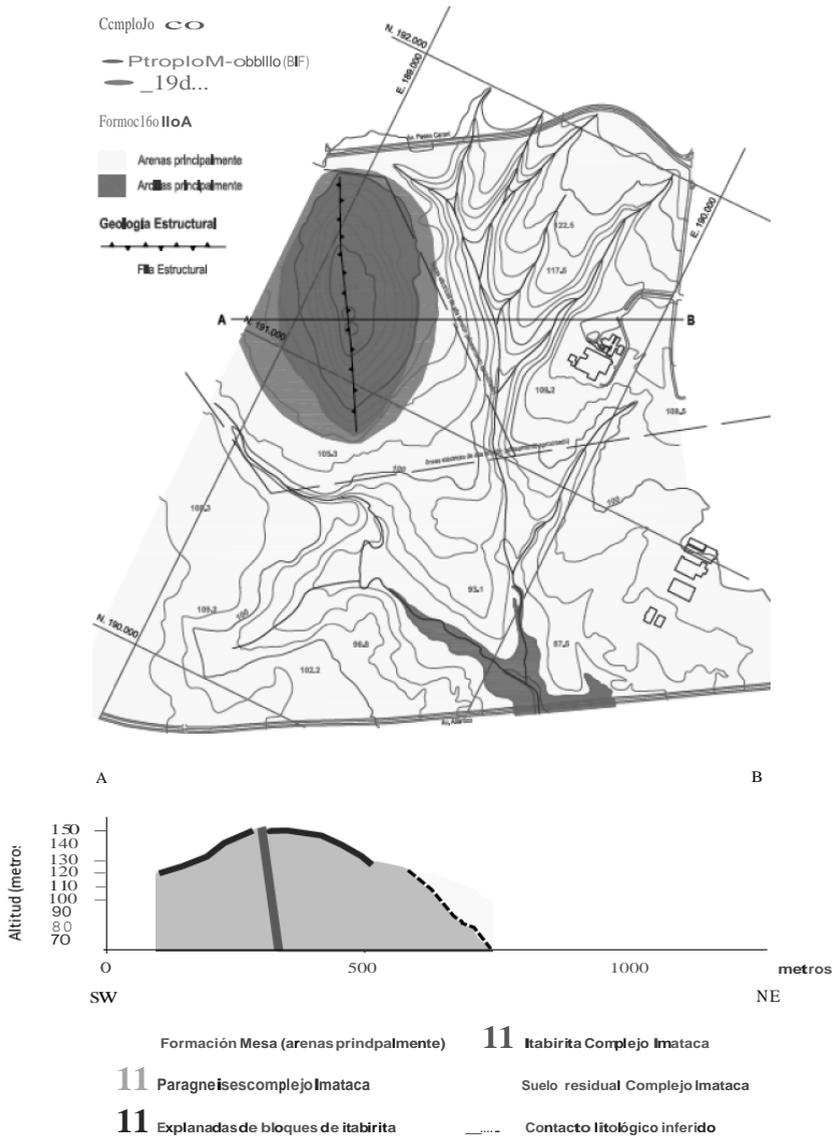
La hidrología del área está dominada por cursos de agua cortos, intermitentes y de tendencia rectilínea, predominando el escurrimiento lineal sobre el escurrimiento laminar, circunstancia controlada por la litología (ver figura 12).

Figura 10. La microcuenca de la quebrada de Toro Muerto.



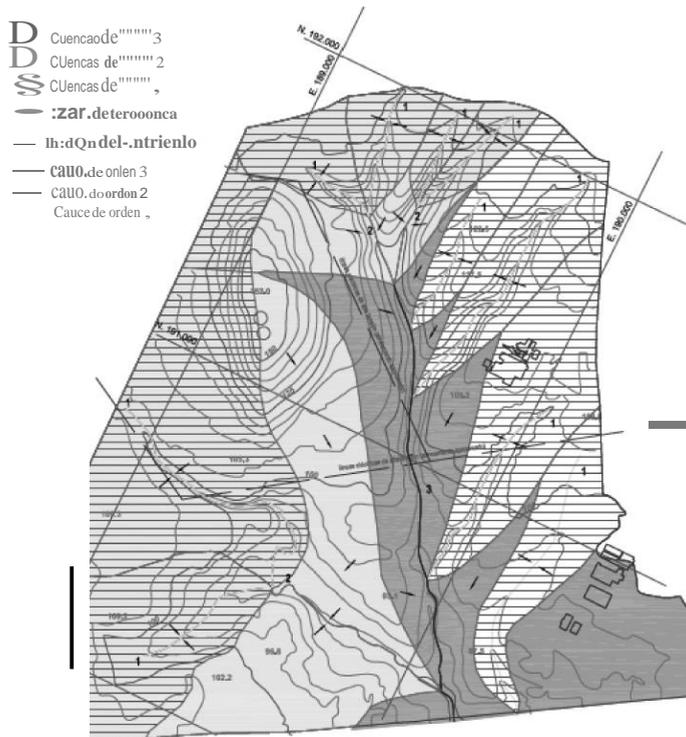
Fuente: Google Earth 2012

Figura 11. Geología de superficie y corte geológico en la parte media alta de la microcuenca de la quebrada de Toro Muerto.



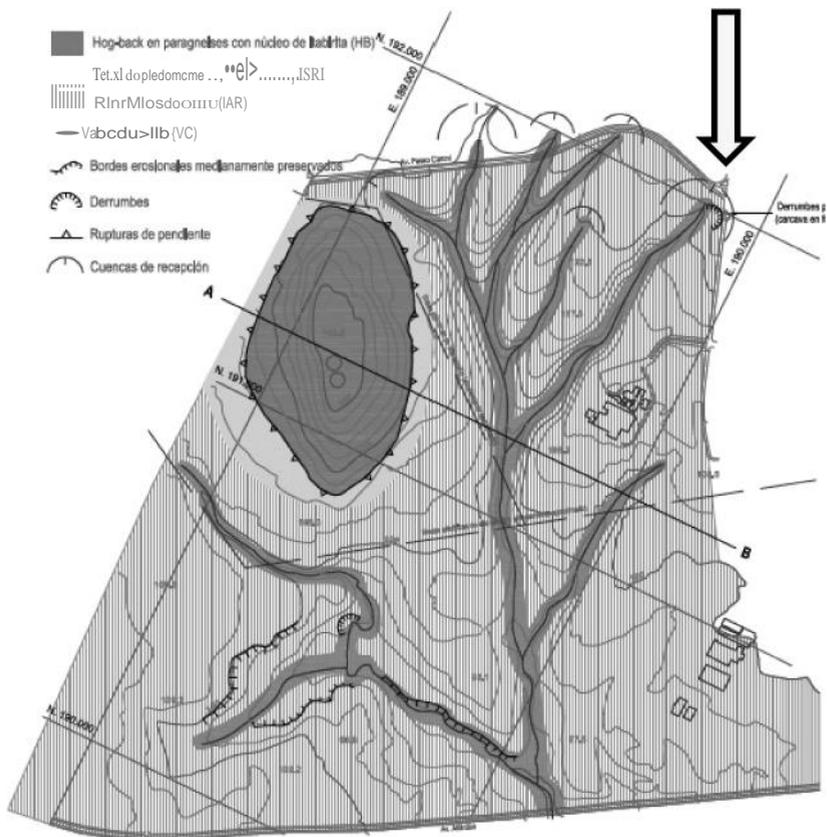
La presencia de unexplayamiento terminal en el embalse Macagua, pendientes considerables de la corriente principal (5,02%), sumado a las anteriores características, apuntan a relacionar el sistema hidrológico como torrencial. Los tiempos de concentración de la corriente principal, desde la cota 130 a la cota 80 es de 21 minutos.

Figura 12. Hidrología en la parte media alta de la microcuenca de la quebrada de Toro Muerto.



Las unidades geomorfológicas en el área, hog-back (H), suelo residual (SR), valles coluviales (VC) y mesa remanente (MR) (ver figura 13) se relacionan estrechamente con la geología, estando las primeras vinculadas al complejo Imataca y las segundas a la formación mesa . Los procesos geomorfológicos más conspicuos son la erosión lineal y los derrumbes.

Figura 13. Geomorfología de la parte media y alta de la quebrada de Toro Muerto. La flecha gris indica la cicatriz de despegue activa cual constituye la cabecera de la cárcava



Los riesgos ambientales detectados se relacionan con la torrencialidad de las quebradas y la activación de procesos de vertiente y riesgos tecnológicos vinculados a la infraestructura (corredores eléctricos, tanques).

Un estudio previo relativo a los riesgos ambientales en la parte alta y media de la microcuenca de la quebrada Toro Muerto (véase Veitía, 2008), señalaba esta zona como no apta para el desarrollo urbano, en especial el uso residencial, hecho corroborado pocos meses después, en septiembre de ese mismo año, cuando lluvias extremas influyeron en la saturación e inestabilidad del suelo, incidiendo en la socavación profunda de esta antigua cuenca de recepción, terminando de afectar a las tuberías y drenajes. Este estudio concluía en la necesidad de proteger la parte alta de la microcuenca (ver figura 14), así como las quebradas y sus cauces, prohibiendo el uso urbano en estos sectores. En las figuras 15 y 16 se muestran diversas imágenes del área, así como el antes y el después de la ocurrencia del evento tanto en la cuenca de recepción como en el canal de desagüe.

Figura 14. Áreas restrictivas en la parte alta y media de la microcuenca de la quebrada de Toro Muerto.

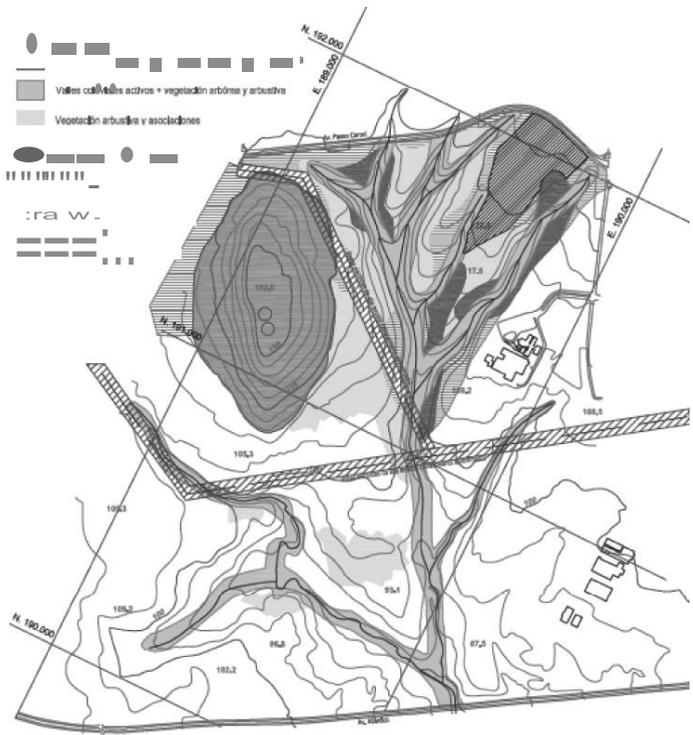


Figura 15. Situación de riesgos en la parte alta de la microcuenca de la quebrada de Toro Muerto.

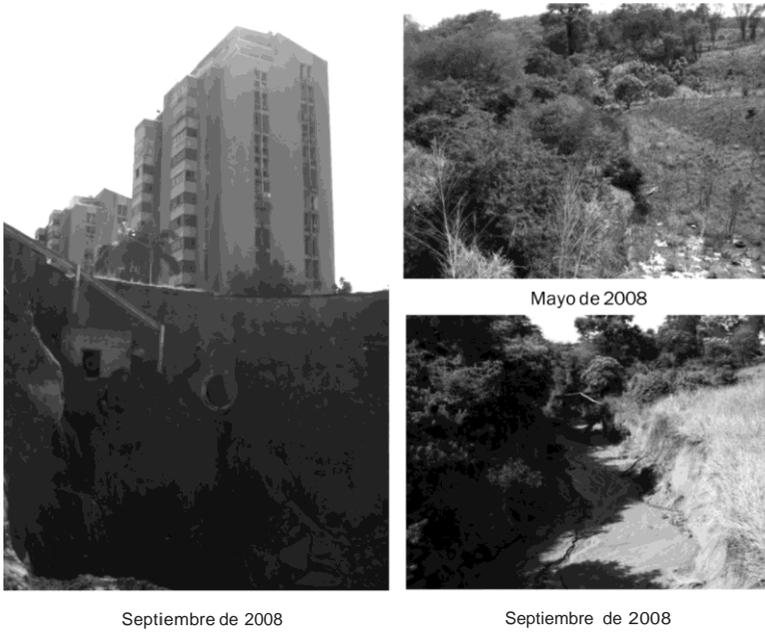


Figura 16. Colapso de taludes e infractura ocurrido después de 6 horas de lluvia, septiembre de 2008.



Referencias bibliográficas

- Augusto, Filho; Cerri, L.E.S. & Amenomori, C.J. (1990) 'Riscos geológicos aspectos conceituais'. In: *Simpósio Latinoamericano sobre Risco Geológico Urbano*, 1 334-341. Sao Paulo ABGE.
- Ayala Carcedo, F. J. (1987). *Introducción a los riesgos geológicos*. Riesgos Geológicos; I.G.M.E. Madrid. Vol. 1, 3-21.
- De Luca, P & Feliziani, P (1994) 'El rol de la geología en la planificación urbana y territorial'. *Memorias XIII Seminario Venezolano de Geotecnia 1: 23-30*. Caracas: Sociedad Venezolana de Geotecnia.
- Dourojeanni, A. & Jouravlev, A (1999): *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Comisión Económica para América Latina (CEPAL).
- Geovenex (1977): *Estudio geotecnológico de Ciudad Guayana* Caracas Editores.
- Horton, R. (1945) "Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical application of quantitative morphology". *Bulletin of The Geological Society of América*. 56, USA
- Proconsult C.A. (1994) *La variable ambiental para el plan de ordenación urbanística de Ciudad Guayana* Caracas Editores.
- Suarez, J (1994) "Mecanismos de erosión hídrica superficial y su control con vegetación". *Memorias XIII Seminario Venezolano de Geotecnia 1: 71-81*. Caracas Sociedad Venezolana de Geotecnia.
- Veitía, G. (2007) *Riesgos Ambientales en áreas urbanas. La microcuenca de la Quebrada San Rafael. San Félix Estado Bolívar Estudio del medio físico natural y del medio físico modificado como contribución para la zonificación geotécnica y ambiental de sus terrenos*. Trabajo Especial de Grado de Especialización Universidad de Oriente (UDO) Bolívar.
- Veitía, G. (2008): *Estudio del medio físico natural y de los riesgos ambientales de las unidades de desarrollo 245 y 246 (Parte media y alta de la microcuenca de la quebrada Toro Muerto), Puerto Ordaz, estado Bolívar* Ciudad Guayana: Editores.

