

# METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE CORRIENTES URBANAS

JUAN FERNANDO BARROS\*  
LUZ ELIANA VALLEJO\*\*

## RESUMEN

Se propone una metodología para la evaluación de la condición de corrientes urbanas que integra datos de campo, información histórica y análisis técnico. La metodología podría aplicarse en el componente hidráulico del subsistema físico para el cumplimiento de los planes de ordenamiento de las microcuencas. Se definen indicadores para medir la situación de las corrientes por tramos y en toda la microcuenca, se analiza la conectividad entre tramos de la corriente de distintas condiciones de capacidad hidráulica y se desarrolla un análisis multicriterio en el cual se reúne toda la información recopilada y se identifican los puntos de situación más crítica en la red hídrica según tres criterios básicos: evaluación de campo, registros de inundación y capacidad hidráulica.

**PALABRAS CLAVE:** corrientes urbanas; planes de ordenamiento; información de campo; registros de inundación; análisis multicriterio.

## ABSTRACT

A methodology for the evaluation of the condition of urban streams is proposed. The methodology integrates field data, historical information and technical analysis; it could be applied to the hydraulic component of the physical subsystem to comply with the ordering plans for watersheds. Pointers to measure the condition of the streams and the watershed are defined, the connection between portions of the streams with different hydraulic capacity conditions is analyzed and a multicriteria analysis is developed. This analysis

---

\* Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia. Profesor-investigador, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Grupo de investigación Espiral EIA. [pjubar@eia.edu.co](mailto:pjubar@eia.edu.co)

\*\* Ingeniera Ambiental, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Investigadora. Grupo de investigación Espiral, EIA. [lvallejo@eia.edu.co](mailto:lvallejo@eia.edu.co)

compiles all the information gathered and identifies the most critical points of the hydraulic network based on three basic criteria: field evaluation, flooding records, and hydraulic capacity.

**KEY WORDS:** urban streams; urban organization plan; field information; flooding records; multicriteria analysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

La guía técnico-científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia (IDEAM, 2004) define la microcuenca como la unidad orgánica básica en el proceso sistémico de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Es un elemento integrador hacia el cual se dirigen las acciones locales, que deben ser orientadas con la visión global de las estrategias de gestión concebidas para los otros elementos de la estructura hidrológica nacional (zonas hidrográficas y cuencas tributarias de zonas hidrográficas). En el plan de ordenamiento y manejo de la microcuenca se definen las acciones concretas para la protección y la gestión de los recursos naturales, partiendo de la realidad de la microcuenca y construyendo acciones de futuro acordes con las intenciones concertadas de los actores en cinco fases: diagnóstico; prospectiva; formulación; ejecución; seguimiento y evaluación. Entre el análisis de las componentes del diagnóstico, la metodología para la formulación de planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas (PIOM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2002), incluye las siguientes: la delimitación, extensión, localización y situación ambiental de la microcuenca; la caracterización físico-biótica, incluyendo el subsistema abiótico o físico con sus recursos agua (componentes hidrológica, climática, hidráulica, calidad del agua y usos del agua), suelo

(componentes de geología y geomorfología, usos y calidad) y aire (vientos y calidad del aire) y el subsistema biótico con sus variables flora y vegetación (cobertura vegetal y flora terrestre) y fauna (acuática y terrestre); la caracterización socioeconómica y cultural (subsistema antrópico) con sus variables sociocultural e institucional, económica y físico-espacial.

La metodología que se presenta a continuación es una propuesta genérica para la evaluación de la condición de las corrientes\* de microcuencas urbanas desde el punto de vista hidráulico. Propone analizar las características, situaciones y problemas de las corrientes partiendo de distintas visiones que confluyen finalmente en una asociación de diversos elementos, desde lo histórico hasta lo técnico. Para hacerlo, se conjugan como insumos de información: datos recopilados en trabajo de campo; información histórica representada en estudios previos a la evaluación y en los registros de casos de inundación, e información hidrológica necesaria para definir la capacidad hidráulica de las corrientes. Si bien estos insumos pueden encontrarse en cualquier oficina de planeación municipal, se pretende reafirmar la validez de esta información no sólo para el diagnóstico de la red hídrica de una microcuenca, sino, además, para la toma de decisiones cuando de priorizar acciones se trata. De esta manera se propone que los elementos aquí presentados se consoliden como insumos básicos de toda oficina

\* El término corriente se utiliza aquí como denominación general del flujo de agua en un cauce natural o artificial. Son corrientes, por ejemplo, los cauces naturales (quebradas) y también los canales artificiales o las conducciones cerradas (coberturas). En nuestro medio las corrientes se componen de tramos en cauce natural, canal abierto y cobertura y reciben en toda su longitud la denominación de quebrada. Es normal, entonces, que asimismo las canalizaciones lleven el nombre de quebrada. Teniendo esto en cuenta, se utilizará en este artículo el nombre de quebrada para cualquier tipo de corriente, con la esperanza, además, de que siquiera por consideración al verdadero significado de esa denominación, no desaparezcan en las ciudades los pocos cauces naturales que aún sobreviven al poder transformador del hombre.



de planeación municipal para una mejor gestión (plan de manejo), principalmente en la reducción del riesgo por inundación.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la evaluación de la condición hidráulica en quebradas de microcuencas urbanas, se emplea información primaria y secundaria.

En el levantamiento de información primaria se definen distintos objetos geográficos como elementos que constituyen la red hídrica. El más importante de estos objetos es el tramo. Se trata de un sector longitudinal del cauce en el cual se conservan características similares de geometría, material de conformación y problemas ambientales. La forma del cauce se caracteriza haciendo un levantamiento altimétrico de la sección representativa del tramo, que puede ser rectangular, trapecial, en U, triangular, circular o en bóveda. En cuanto a los materiales de conformación del cauce pueden encontrarse piedra, tierra, concreto, metal, PVC, madera, llenos o depósitos antrópicos, ladrillos, tablestacas, gavión o llantas. Asociados a los cauces urbanos se encuentran factores que pueden generar problemas ambientales: filtraciones de agua; vertimiento de aguas residuales, basuras, escombros y material fino al cauce de la quebrada; banqueos y movimientos de tierra; presencia de construcciones en la zona de retiro de las quebradas o de influencia de las obras hidráulicas; deterioro estructural; socavación de las estructuras hidráulicas; incapacidad hidráulica de estructuras; inestabilidad geológica. Estos factores se vinculan a un tramo, calificando el grado del problema que generan como crítico o de atención. Si un factor genera un estado indeseable, que afecte la estabilidad o la capacidad del cauce de la quebrada y de las estructuras o los elementos que lo conforman, se constituye en un problema crítico y se califica con 2. El caso en el cual se reconoce la existencia del problema, aunque aún no comprometa la estabilidad o capacidad del elemento, se califica con 1 y se considera como

de atención. La GeoDataBase Red Hídrica de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Municipio de Medellín, actualizada por los consultores Civil, Hidráulica y Sanitaria S. A. (CHS), Integral Ingeniería de Consulta y la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, es un ejemplo de base de datos para almacenar y administrar la información levantada en campo (CHS *et al.*, 2005).

La figura 1 representa una manera de recoger la información primaria de acuerdo con la descripción anterior. El formulario se divide en tres partes: ubicación del tramo; geometría y materiales del tramo, y estado de los problemas ambientales. Pueden utilizarse tantos formularios como objetos geográficos se definan. La SMA de Medellín ha determinado que, además del tramo, existan otros 11 objetos que están asociados a él: captación, acequia, lagos y lagunas, cámara de inspección, estructura lineal, estructura específica, tanque, vertimiento, estructura de entrada/salida, punto especial y problemática aislada. Cada secretaría municipal definirá, según su criterio, qué elementos considerar teniendo en cuenta las condiciones particulares de sus corrientes.

La información secundaria incluye los estudios técnicos realizados en años anteriores, mapas de localización de las estructuras hidráulicas y planos de diseño de las obras. Esta información es fundamental para la reconstrucción histórica de las características de las corrientes y la identificación de su condición en distintas épocas, lo cual hace posible el reconocimiento de la evolución del sistema de la red de drenaje. Los registros de inundación son también información secundaria que puede obtenerse de los reportes técnicos de atención de emergencias hechos por los Comités Locales de Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD) (República de Colombia, 1989) y de la información consignada en los periódicos. El software DesInventar (LA RED, 2006), un modelo para registrar los eventos que generan desastres, incluye información espacio-temporal, tipo de evento, causas y efectos directos e indirectos (sobre la vida, viviendas, infraestructura, sectores económicos). En Colombia el DesInventar está siendo alimentado

con información oficial reportada por los comités departamentales o municipales de prevención y atención de desastres y complementada con datos hemerográficos (LA RED *et al.*, 2002).

Ubicación del tramo	Microcuenca	Microcuenca 1						
	Quebrada	Quebrada 1						
	Código tramo	TR030						
	Dirección	Inicio: Cr42 con Cl 84			Final: Cr 43 con Cl 84			
Geometría y materiales del tramo	Tipo de tramo		Natural	<input type="checkbox"/>	Canal	<input checked="" type="checkbox"/>	Cobertura	<input type="checkbox"/>
	Forma del tramo		Rectangular	<input checked="" type="checkbox"/>	Triangular	<input type="checkbox"/>	Circular	<input type="checkbox"/>
			Trapezoidal	<input type="checkbox"/>	Bóveda	<input type="checkbox"/>	En U	<input type="checkbox"/>
	Material del lecho y los taludes	Talud derecho	Gavión	<input type="checkbox"/>	Madera	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input checked="" type="checkbox"/>
			Ladrillo	<input type="checkbox"/>	Piedra	<input type="checkbox"/>	Metal	<input type="checkbox"/>
			Plástico	<input type="checkbox"/>	Fibra de vidrio	<input type="checkbox"/>	Llenos o depósitos antrópicos	<input type="checkbox"/>
			Tierra	<input type="checkbox"/>	Bloques de concreto	<input type="checkbox"/>	Sacos de concreto	<input type="checkbox"/>
			Sacos de suelo cemento	<input type="checkbox"/>	Sacos de tierra	<input type="checkbox"/>		
		Talud izquierdo	Gavión	<input type="checkbox"/>	Madera	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input checked="" type="checkbox"/>
			Ladrillo	<input type="checkbox"/>	Piedra	<input type="checkbox"/>	Metal	<input type="checkbox"/>
			Plástico	<input type="checkbox"/>	Fibra de vidrio	<input type="checkbox"/>	Llenos o depósitos antrópicos	<input type="checkbox"/>
			Tierra	<input type="checkbox"/>	Bloques de concreto	<input type="checkbox"/>	Sacos de concreto	<input type="checkbox"/>
			Sacos de suelo cemento	<input type="checkbox"/>	Sacos de tierra	<input type="checkbox"/>		
	Lecho	Gavión	<input type="checkbox"/>	Madera	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input checked="" type="checkbox"/>	
		Ladrillo	<input type="checkbox"/>	Piedra	<input type="checkbox"/>	Metal	<input type="checkbox"/>	
Plástico		<input type="checkbox"/>	Fibra de vidrio	<input type="checkbox"/>	Llenos o depósitos antrópicos	<input type="checkbox"/>		
Tierra		<input type="checkbox"/>	Bloques de concreto	<input type="checkbox"/>	Sacos de concreto	<input type="checkbox"/>		
Tipo de pendiente		Escalonada	<input type="checkbox"/>	Uniforme	<input checked="" type="checkbox"/>	Disipadores de energía	<input type="checkbox"/>	
Medidas		Base inferior	2,6	Base superior	2,6	Altura	2,0	
		Diámetro	-					
Estado de los problemas ambientales	Margen	Derecha	Factores antrópicos					
			Basuras	2	Escombros		Agua residual	2
			Finos		Banqueos	2	Ocupación zona retiro	2
			Factores geológicos-geotécnicos					
			Afloramiento agua natural		Inestabilidad geológica			
			Factores hidráulicos y estructurales					
			Represamiento		Incapacidad hidráulica		Socavación	
			Colmatación		Falla estructural			
			Factores antrópicos					
		Basuras	2	Escombros		Agua residual	2	
		Finos		Banqueos	2	Ocupación zona retiro	2	
		Factores geológicos-geotécnicos						
		Afloramiento agua natural		Inestabilidad geológica				
		Factores hidráulicos y estructurales						
		Represamiento		Incapacidad hidráulica		Socavación		
		Colmatación		Falla estructural				

Figura 1. Formulario para la recopilación de información primaria



Otra información secundaria la constituye la hidrológica, a partir de la cual se pronostican los caudales para los períodos de retorno de interés, insumo para la medida de la capacidad hidráulica de los tramos. Los registros de precipitación diaria permiten, además, hacer la comparación entre los eventos de lluvia y los de inundación.

En conjunto, la información histórica, los registros de inundación y de lluvia dan cuenta de las condiciones de la microcuenca en una época determinada, del desempeño en el tiempo de una estructura hidráulica frente a las inundaciones y de la organización social que se desarrolla alrededor de la quebrada.

### 3. MANEJO DE LA INFORMACIÓN

La articulación de la información generada y recogida por las distintas dependencias e instituciones municipales permite el análisis que lleva a la determinación de acciones priorizadas según la necesidad que se tiene de resolver los problemas identificados. Así, los registros de atención de desastres, las evaluaciones técnicas históricas de estructuras hidráulicas y la evaluación de las condiciones actuales son elementos para definir los puntos de mayor amenaza de inundación en una corriente urbana.

La metodología propuesta para la evaluación de las corrientes urbanas consiste en la identificación de tramos críticos relacionados con la amenaza por inundación, teniendo en cuenta la siguiente información: la recopilada en campo, la histórica (estudios de años anteriores y registros de inundación) y la evaluación de la capacidad hidráulica. Esta información se revisa para cada tramo de la corriente. El desarrollo incluye el análisis desde cada criterio, hasta llevarlos a convergir en un análisis multicriterio que permite priorizar tramos críticos con estas tres visiones complementarias.

A continuación se presenta una aplicación de la metodología a dos microcuencas urbanas (figura 2), con las siguientes características:

- Microcuenca 1, M1: área de 3,72 km<sup>2</sup>. El 82% del área es suelo urbano y el 18% es suelo rural. Su red de drenaje la componen 8 corrientes en las que se han identificado 187 tramos en una longitud total de las corrientes de 12,48 km.
- Microcuenca 2, M2: área de 3,11 km<sup>2</sup>, un 78% en suelo urbano y 22% en suelo rural. La red de drenaje está compuesta por 11 corrientes en las que se han identificado 190 tramos en una longitud total de 12,66 km.

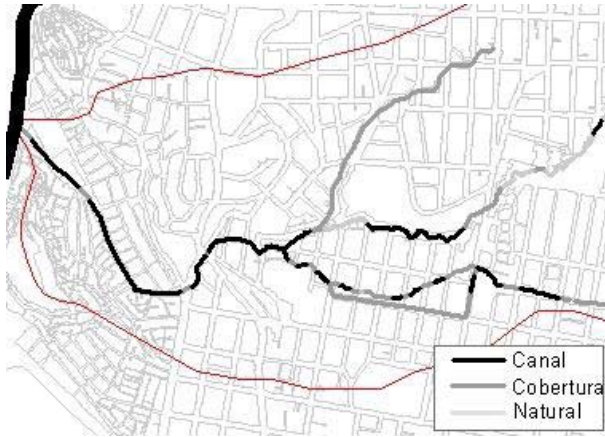


Figura 2. Esquema de dos microcuencas urbanas

#### 3.1 Análisis de la información recopilada en campo (información primaria)

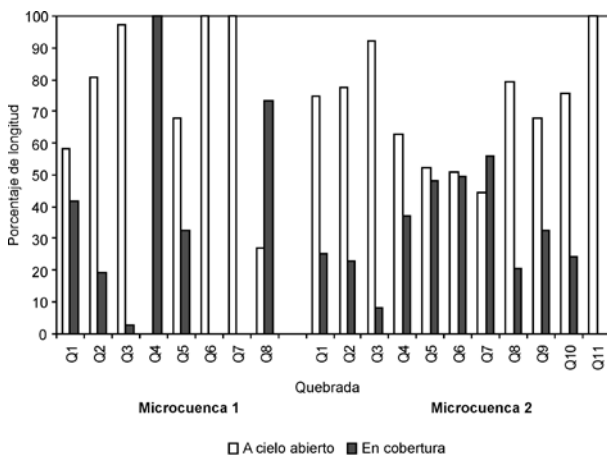
Un primer análisis de la información primaria permite especificar el nivel de intervención actual en la microcuenca, teniendo en cuenta los tramos definidos según características geométricas y sus problemas ambientales. También define un grado cuantitativo de intervención el reconocimiento de la cantidad de tramos a cielo abierto y en cobertura y las longitudes correspondientes a estos tipos de tramos. En la microcuenca 1, una longitud de 8,42 km en 65 tramos está a cielo abierto y 4,06 km en 122 tramos están en cobertura (figura 3). Para la microcuenca 2, una longitud de 9,24 km en 106

tramos es a cielo abierto y 3,42 km en 84 tramos están en cobertura.

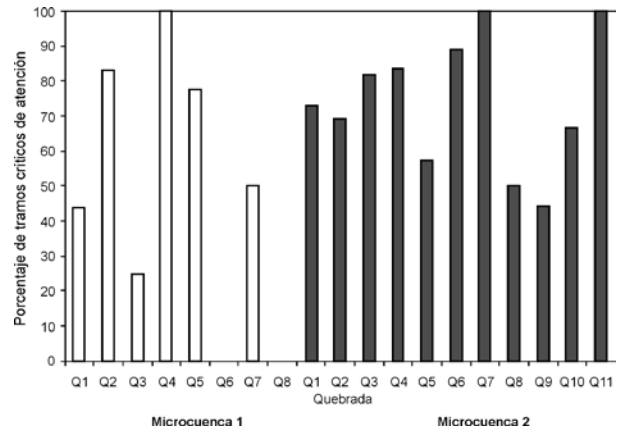


**Figura 3.** Distribución de tramos a cielo abierto y en cobertura en la parte baja de la microcuenca 1

La distribución de los tramos a cielo abierto o en cobertura muestra que en la microcuenca 1 las intervenciones con obras en cobertura ocupan la tercera parte de la longitud total de las corrientes y son el 65% de los tramos totales. La figura 4 muestra los porcentajes de longitud a cielo abierto y en cobertura en cada quebrada de las dos microcuencas.



**Figura 4.** Porcentaje de longitud a cielo abierto y en cobertura en las quebradas de las dos microcuencas



**Figura 5.** Porcentaje de tramos críticos o de atención identificados a partir de la información recopilada en campo en las dos microcuencas

La calificación de los problemas ambientales asociados a los tramos permite identificar aquellos con estados críticos que necesitan solución inmediata, porque comprometen la estabilidad de las estructuras. Aquellos tramos con problemas calificados como de atención se identifican y son tenidos en cuenta en la priorización para la prevención de problemas críticos (figura 5).

La identificación de tramos críticos permite calcular indicadores que reflejan el estado de las corrientes.

Se propone un índice de criticidad ( $I_c$ ) considerando el número de tramos (ecuación 1) o su longitud (ecuación 2). A partir de ese valor se obtiene un  $I_c$  ponderado para toda la microcuenca según cada consideración anterior, cuya ponderación se realiza mediante la sumatoria del producto de cada  $I_c$  por la longitud de la corriente respectiva, dividida entre la longitud total de las corrientes de la microcuenca (ecuación 3).

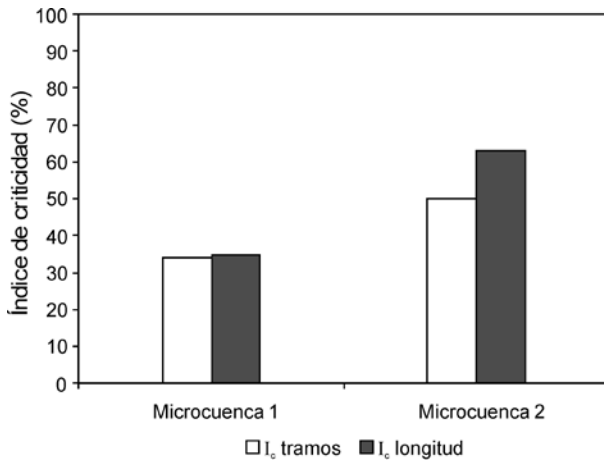
$$I_c \text{ corriente}_{\text{según tramos}} = \frac{\text{Número de tramos críticos}}{\text{Número de tramos totales de la corriente}} \times 100 \quad (1)$$

$$I_c \text{ corriente}_{\text{según longitudes}} = \frac{\text{Longitud de los tramos críticos}}{\text{Longitud total de la corriente}} \times 100 \quad (2)$$

$$I_c \text{ ponderado} = \frac{\sum (I_c * \text{longitud})_{\text{corriente}}}{(\text{longitud total de las corrientes})_{\text{microcuenca}}} \times 100 \quad (3)$$



La figura 6 resume la información de los índices de criticidad para las microcuencas.



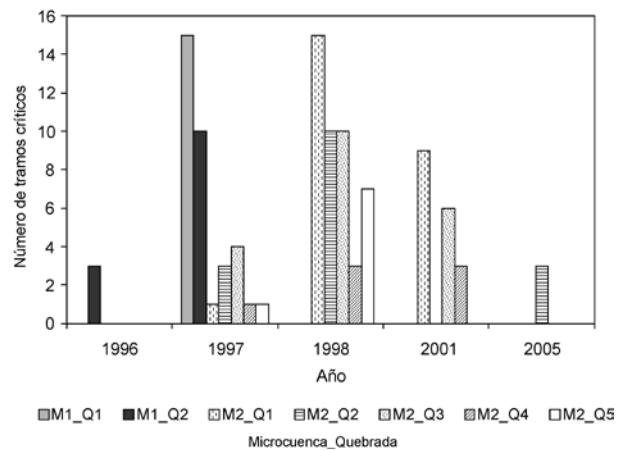
**Figura 6.** Índices de criticidad en la microcuenca 1 y en la microcuenca 2

### 3.2 Análisis de la información histórica

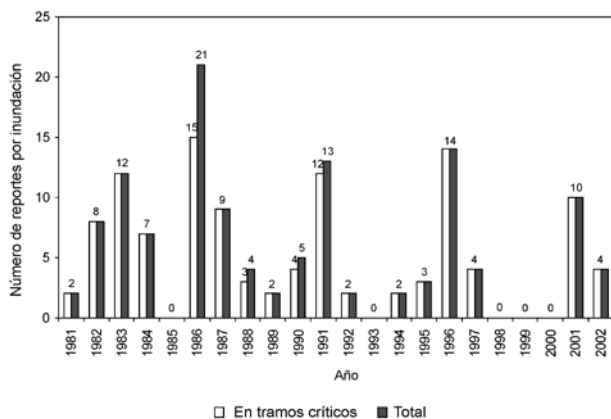
La información de estudios de diagnóstico o estudios técnicos de corrientes específicas y los registros de eventos de inundación se obtienen mediante consulta y búsqueda bibliográfica o de datos. Los tramos críticos identificados a partir de la información recopilada en campo se asocian con la información histórica. Estos tramos pueden relacionarse con estudios de años anteriores que pudieran reportar la presencia de problemas en esos sitios (figura 7). También pueden relacionarse con los registros de inundación del CLOPAD (figura 8). Este procedimiento constituye la prueba de la existencia de la amenaza.

### 3.3 Evaluación hidráulica

La evaluación hidráulica consiste en la determinación de las capacidades hidráulicas de los tramos. Esta evaluación se hace con cálculos sencillos empleando la información geométrica, la característica del material del cauce, la información topográfica y la hidrológica. La capacidad hidráulica



**Figura 7.** Número de tramos identificados como críticos en las dos microcuencas a partir de la información de campo y que ya fueron reportados en otros estudios técnicos entre 1996 y 2005

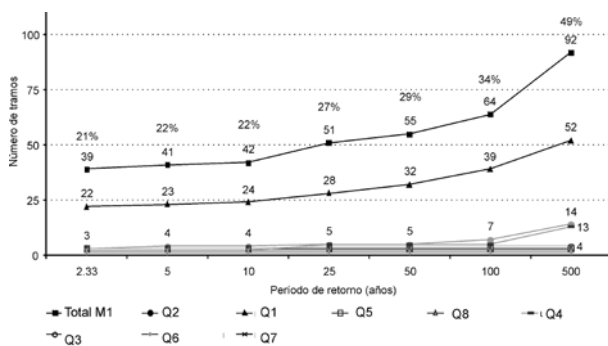


**Figura 8.** Número de reportes de inundación asociados a quebradas de la microcuenca 1 en el período 1981-2002

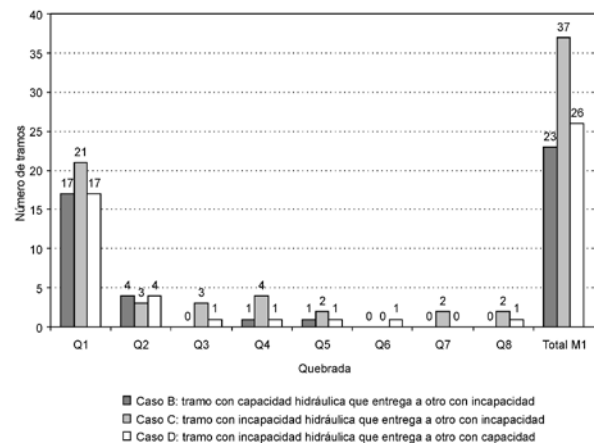
se determina para la condición de flujo uniforme o, si se prefiere, mediante el cálculo del perfil de flujo, para cada una de las crecientes correspondientes a los períodos de retorno de interés en los Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo. Este análisis permite conocer el caudal máximo que puede conducir la sección del canal o la cobertura sin riesgo de inundación.

La elección del cálculo, según la condición de flujo uniforme o gradualmente variado, dependerá de los datos disponibles, las herramientas de cálculo y, en todo caso, debe estar justificada con un criterio ingenieril. Si bien la condición de flujo variado pretende ser una aproximación más realista, los modelos de simulación actuales tienen limitaciones que les restringe su aplicación en los tramos de alta pendiente. Otra consideración son las características geométricas que pueden exigir un especial detalle en el levantamiento topográfico elevando los costos en la toma de la información. Por ello es fundamental actuar con criterio ingenieril a fin de obtener información útil sin un costo excesivo.

Conocer la capacidad hidráulica máxima de los tramos permite establecer la conexión entre ellos para cada período de retorno y definir la conectividad hidráulica en las corrientes (figura 9). Se determinan así los siguientes casos de conexiones: caso A, tramo con capacidad hidráulica que entrega a otro con igual o mayor capacidad; caso B, tramo con capacidad hidráulica que entrega a uno con incapacidad; caso C, tramo con incapacidad hidráulica que entrega a otro con incapacidad; caso D, tramo con incapacidad hidráulica que entrega a uno con capacidad. De esta manera, los casos B, C y D son situaciones críticas (figura 10) y dan la ubicación de sitios susceptibles de inundaciones por incapacidad hidráulica en los tramos.



**Figura 9.** Número de tramos con incapacidad hidráulica según el período de retorno en la microcuenca 1



**Figura 10.** Número de tramos según los casos críticos de conectividad para un Tr = 100 años en la microcuenca 1

Mediante modelación hidráulica del flujo, se trazan las manchas de inundación para crecidas con diferentes períodos de retorno. Las manchas son insumos para definir los retiros a las corrientes de agua, con los cuales se imponen restricciones sobre el uso del suelo.

La modelación del flujo en las corrientes se hace considerando la magnitud del caudal en cada tramo. El cálculo puede realizarse considerando flujo permanente con variación gradual de la profundidad en la longitud del canal (flujo gradualmente variado) y definiendo, para cada creciente, el desbordamiento del flujo sobre las zonas adyacentes a las quebradas. Sin embargo, la estructura de evaluación de corrientes urbanas, mediante identificación de tramos con características geométricas homogéneas, permite calcular, en el estado de flujo uniforme, profundidades, anchos y velocidades de flujo para cada uno de esos tramos y para las diferentes crecientes. Con esta información, se delimitan las zonas inundables por tramos, y el conjunto constituye los retiros para la microcuenca.

### 3.4 Análisis multicriterio

El análisis multicriterio reúne los tres criterios desarrollados en la metodología: la evaluación de





problemas ambientales en las corrientes; la historia, representada tanto en los estudios existentes como en los registros de eventos de inundación, y las evaluaciones de la capacidad hidráulica de la red hídrica.

Revisando la información de cada tramo se identifican aquellos que se consideran críticos o de atención (según la evaluación de problemas ambientales actuales en las corrientes), los que tienen registro por inundación (según la información histórica) y los que tienen incapacidad para un período de retorno definido (según la evaluación hidráulica). Cruzando la información de los tres criterios se identifican los tramos de situación más crítica en cuanto a la amenaza de inundación.

La figura 11 muestra la evaluación por tramos haciendo comparación entre los tres criterios. En la microcuenca 1 existen 11 tramos que fueron identificados como críticos o de atención durante la visita de campo, tienen registros de inundación y su capacidad hidráulica evaluada es inferior a un período de retorno de 100 años. En la microcuenca 2 existen 10 tramos con estas condiciones. Existen 39 tramos en la microcuenca 1 y 32 en la microcuenca 2 que no tienen capacidad hidráulica para una creciente con período de retorno de 2,33 años y de ellos 7 y

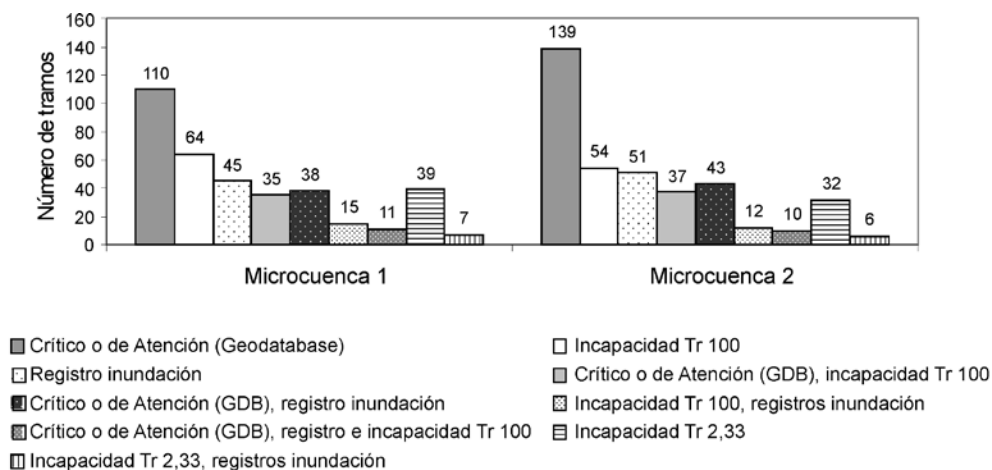
6 tramos respectivamente han sufrido inundaciones que han sido registradas por el CLOPAD.

### 3.5 Diagnóstico final

Mediante la evaluación de cada tramo según los tres criterios, se identifican los de mayor amenaza de inundación para la población. Este resultado puede incorporarse a un plan de manejo y debe tenerse en cuenta en la definición de acciones para la reducción del riesgo por inundación.

La programación de intervenciones hidráulicas en las quebradas debe hacerse garantizando la continuidad en la capacidad hidráulica de la red para una creciente determinada y no solo para resolver problemas concretos. Un criterio puede ser el de intervenir primero aquellos tramos con capacidad inferior a 2,33 años, luego hasta 25 años y, finalmente, hasta 100 años.

La recopilación de información, su continua actualización por medio de los registros y la observación directa de los acontecimientos deben constituirse en un elemento educativo, tanto para la población como para las instituciones relacionadas con el manejo del ambiente. En esta medida, la información que puede recopilarse mediante comités



**Figura 11.** Análisis comparativo entre tramos críticos identificados según los tres criterios de evaluación en las microcuencas M1 y M2

barriales constituidos por la población y respaldados por la administración municipal adquiere mayor valor en cuanto puede constituirse como un sistema de alerta y un grupo de apoyo para la identificación de puntos críticos.

### 3.6 Síntesis de la metodología

Las figuras 12 y 13 agrupan, a manera de síntesis, las actividades de la metodología propuesta y los participantes que intervienen en su desarrollo.

### 3.7 Situaciones indeseables

La aplicación de la metodología en las corrientes urbanas ha evidenciado la gran influencia de la intervención humana sobre el medio natural y su alta participación en la generación de amenaza de inundación. Esta participación se ve representada

tanto en el asentamiento humano en los bordes de los cauces de la microcuenca como en las relaciones ambientales que el asentamiento desarrolla con las quebradas: el vertimiento de aguas residuales y de basuras y la construcción de obras hidráulicas. En particular, la construcción de coberturas, si bien pretende ganarle espacio al terreno natural, para construir espacios de tránsito vehicular, peatonal y hasta viviendas, constituye una situación indeseable debido al alto riesgo de taponamiento de estas estructuras bien sea por material de suelo, sedimentos o basuras. Requieren un mantenimiento permanente que difícilmente es garantizado por la administración municipal. Una alternativa más propicia sería mejorar la relación entre la población y la corriente hídrica, de manera que ésta se convierta en una fuente de vitalidad para aquella, en una generadora de bienestar; esta condición, que parecería tan razonable, no ha sido respetada por los planificadores

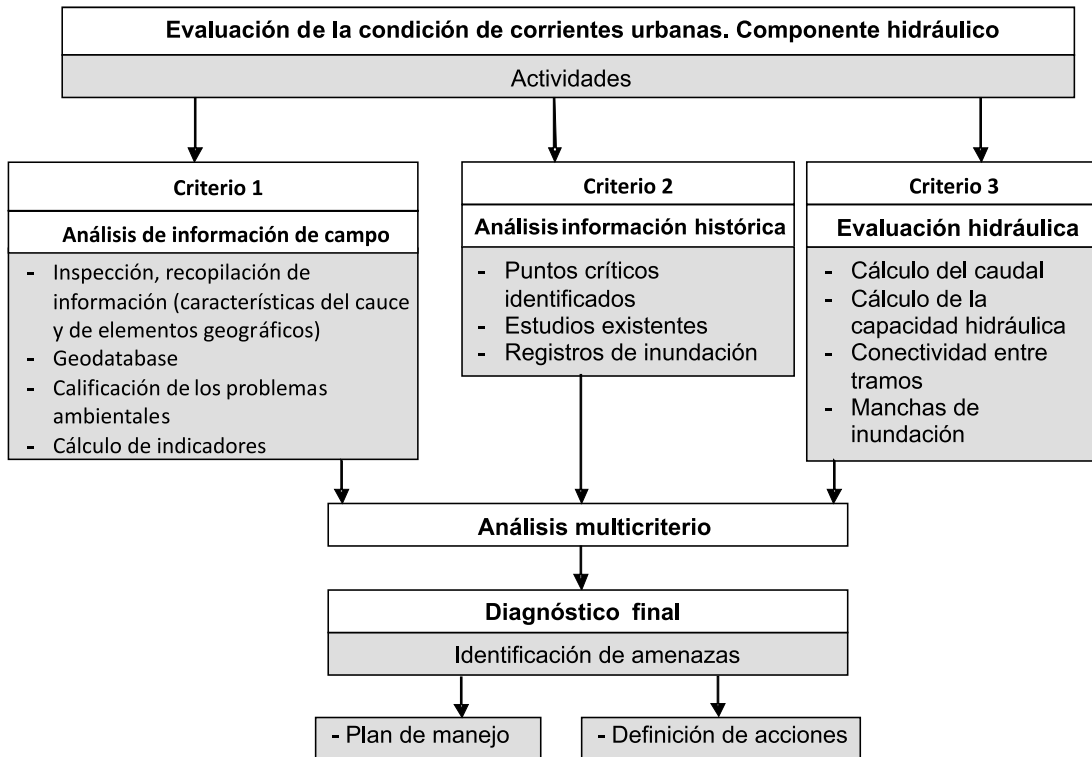
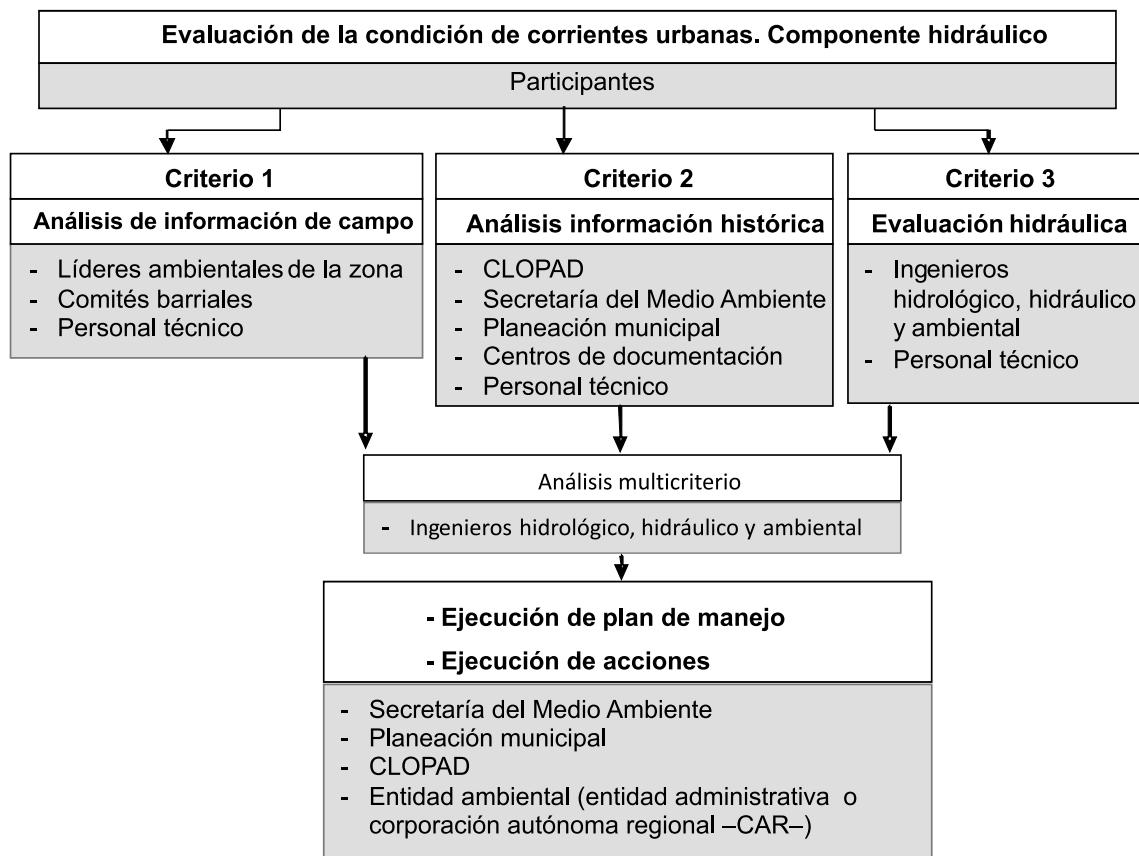


Figura 12. Síntesis de las actividades de la metodología



**Figura 13.** Síntesis de los participantes en la metodología

de ciudad, quienes han preferido esconder las corrientes superficiales de agua y utilizarlas como ríos de suciedades.

#### 4. CONCLUSIONES

La metodología para la evaluación de las corrientes urbanas propuesta en el presente artículo pretende demostrar la importancia y validez de la información primaria y secundaria que en general se maneja en las oficinas de planeación municipales. Mediante su aplicación en dos microcuencas urbanas se muestra cuál puede llegar a ser el uso de esta información y la utilidad de sus resultados, presentados en análisis comparativos sencillos o en indicadores como el de criticidad. De esta manera

se quiere estimular el procesamiento continuo de la información, el mantenimiento de las bases de datos de los registros de eventos y la constitución de comités barriales que apoyen a los CLOPAD y estén respaldados por las administraciones municipales.

Además de generar actualización de la red hídrica y de permitir el diagnóstico de las corrientes, la información que resulta del análisis multicriterio (en el cual se reúne la información histórica, la de campo y la técnica) es fundamental para la priorización de acciones para la reducción del riesgo por inundación en los tramos que componen las corrientes.

La metodología aporta elementos para la preparación de los planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas (PIOM) en la componente hidráulica del subsistema físico.

La aplicación realizada permite llamar la atención sobre la intervención antrópica de las corrientes, que se ha realizado de manera poco responsable, provocando la mayoría de las veces nuevos riesgos de inundación. La adopción de coberturas, por ejemplo, es en muchos casos un problema mayor, si su diseño no corresponde al período de retorno recomendable y si no se está en capacidad de hacer un mantenimiento periódico, pues no sólo la incapacidad hidráulica de la estructura puede ser la causa de una inundación, sino, en muchos casos, su taponamiento por escombros o basuras.

## RECONOCIMIENTOS

La metodología propuesta es resultado de la participación de la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) en el proyecto *Formulación del plan de manejo de las microcuencas de las quebradas La Rosa y La Bermejala ubicadas en la zona nororiental del municipio de Medellín*, contrato entre el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA) y la Secretaría del Medio Ambiente del Municipio de Medellín. El trabajo fue posible gracias a la participación de la EIA en el convenio interinstitucional Cátedra del Agua del CTA y los resultados aportan al macroproyecto identificado en la Cátedra como Crecidas, Torrentes y Asentamientos Humanos.

## BIBLIOGRAFÍA

CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA, CTA. *Formulación del plan de manejo de las microcuencas de las quebradas La Rosa y La Bermejala ubicadas en la zona nororiental del municipio de Medellín. Convenio*

*Municipio de Medellín 480000615 de 2004*. Medellín: CTA, Secretaría del Medio Ambiente del Municipio de Medellín y Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006.

CHS CIVIL, HIDRÁULICA Y SANITARIA; INTEGRAL INGENIERÍA DE CONSULTA; UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN. *Informe de codificación, tablas y relaciones. Geodatabase. Actualización red hídrica de la zona oriental del municipio de Medellín*. Medellín: CHS, Integral, Universidad Nacional de Colombia y Secretaría del Medio Ambiente del Municipio de Medellín, 2005.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. *Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia (Decreto 1729 de 2002)* [Internet]. Bogotá: IDEAM, 2004 [Consultado en febrero 2007]. Archivo electrónico: Guía de cuencas. pdf. Disponible en Internet: [http://www.ideam.gov.co/files/Img\\_1412200691621.pdf](http://www.ideam.gov.co/files/Img_1412200691621.pdf)

LA RED; OSSO, UNIVERSIDAD DEL VALLE. *Análisis comparativo de bases de datos de desastres. Informe final* [Internet]. Cali: LA RED, OSSO, 2002 [Consultado en febrero de 2007]. Archivo electrónico: Bases de datos infinal.pdf. Disponible en Internet: <http://www.desinventar.org/sp/proyectos/lared/comparacion/index.html>

LA RED. *¿Qué es DesInventar?* [Internet]. 2006 [Consultado en febrero 2007]. Disponible en Internet: <http://www.desinventar.org>

REPÚBLICA DE COLOMBIA. *Decreto 919 de 1989* [Internet]. 1989. [Consultado en febrero 2007]. Disponible en Internet: <http://www.dgpad.gov.co/entidad/normatividad.htm>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN. *Diseño de la metodología para la formulación de planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas. Convenio Instituto Mi Río 053 de 2001*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Instituto Mi Río, Corantioquia, 2002.