

## ZONIFICACIÓN DEL USO DE MICROCUENCIAS URBANAS COMO BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

**Verónica Botero, Ricardo A. Smith y Jorge E. Patiño**

*Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas*

*Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*

*fmtoro@unalmed.edu.co*

Recibido para evaluación: 11 de Julio de 2003 / Aceptación: 25 de Septiembre de 2003 / Recibida versión final: 26 de Septiembre de 2003

### RESUMEN

En el presente artículo se presenta una propuesta metodológica de zonificación de una microcuenca urbana. Esta propuesta da cuenta de la combinación de las potencialidades, amenazas y restricciones propias de la microcuenca, para determinar el mejor uso para cada zona. La zonificación se plantea entonces como un proceso de superposición secuencial de mapas en tres niveles. La metodología propuesta parte de unos mapas insumo producto de la caracterización de dicha microcuenca, a partir de los cuales se determinan los usos actuales, potenciales y las zonas con amenaza. Con estos mapas insumos y mediante reglas de decisión que combinan criterios de sostenibilidad y productividad, se determina el mejor uso de la zona o zonificación. Esta zonificación debe revisarse cada vez que se lleven a cabo programas o proyectos en la zona que modifiquen las condiciones de uso, convirtiéndose entonces en un proceso dinámico y no estático para unas condiciones dadas. Se presentan los resultados de la aplicación de esta metodología de zonificación en un caso particular en una cuenca urbana de la ciudad de Medellín, Colombia.

**PALABRAS CLAVES:** Zonificación, Microcuenca, Ordenamiento Territorial, SIG, Superposición de Mapas, Reglas de Decisión.

### ABSTRACT

This paper presents a methodological proposal for watershed zonation for land management purposes. This proposal considers the combination of the characteristic potentialities, hazards and restrictions of an urban watershed, in order to determine the best use for each zone. The zonation is stated as a sequential map overlay process in three levels. The proposed methodology starts from several maps, previously obtained during the characterization phase of the watershed, that serve as input to establish the present use, the potential use and the hazard prone areas of the watershed. After obtaining these maps and using decision rules, that combine sustainability criteria and productivity, the best suitable use for area, also named zonation is determined. Whenever a program or project modifies the use conditions of the study area, this zonation should be revised, therefore becoming a dynamic, non-static process for certain conditions. The results of applying the described zonation methodology are presented for a particular case in an urban watershed of the city of Medellín, Colombia.

**KEY WORDS:** Zonation, Watershed, Land Management, GIS, Maps Overlay, Decision Rule.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ordenamiento territorial parte de un conocimiento adecuado de las potencialidades y restricciones de una zona determinada. En el caso de una microcuenca urbana, es necesario la formulación de planes integrales de ordenamiento y manejo, proceso basado fundamentalmente en la zonificación del uso de la cuenca. La zonificación entonces involucra la consideración de una gran cantidad de información espacial o georeferenciada de la misma. Para tal efecto, se debe contar con información de evaluación y diagnóstico debidamente georeferenciada, que permita su superposición y posterior determinación de los usos más adecuados para la microcuenca.

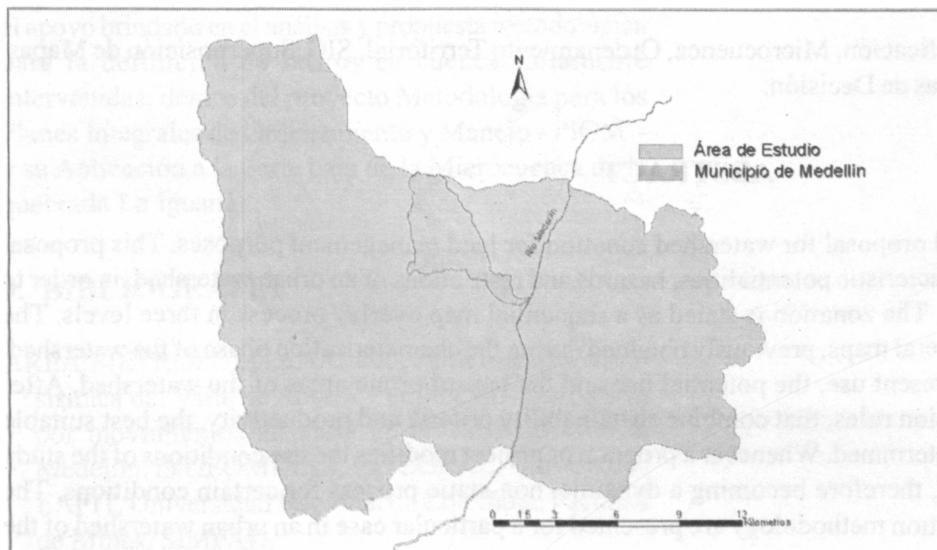
El manejo de la información espacial usada para la zonificación de una microcuenca urbana, se debe hacer usando un sistema de información geográfica (SIG), de acuerdo con estándares de manejo de información (infraestructura de datos espaciales) que garanticen el uso de las escalas adecuadas y proyecciones adecuadas, así como la calidad de la información que se va a utilizar. En el SIG, se definen entonces las estructuras de datos necesarias para la representación de la información gráfica, así como la estructura de tablas para la adecuada representación de la información atributiva.

Metodológicamente, la zonificación de una microcuenca urbana consta de los siguientes pasos:

- Caracterización espacial de la cuenca, basada en mapas que se generan usando información primaria. Estos mapas se consideran mapas de caracterización de la microcuenca.
- Producción de información agregada o mapas de evaluación, mediante álgebra de mapas sobre los mapas de caracterización.
- Generación de los mapas de usos actuales y potenciales o de vocación de uso de la microcuenca y generación de los mapas con las zonas de riesgo en la microcuenca asociado a inundación, sismo, movimiento en masa y riesgo sanitario asociado a la inundación.
- Superposición temática de los mapas de restricciones, zonas de amenaza, uso actual y uso potencial del suelo para obtener el mapa de zonificación.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

La metodología que se presenta, se evaluó en la microcuenca de la quebrada La Iguaná, que se encuentra localizada en la parte central del costado occidental del Valle de Aburrá (ver Figura 1), entre las coordenadas  $6^{\circ}15'05''$  y  $6^{\circ}20'15''$  de Latitud Norte y  $75^{\circ}41'28''$  y  $75^{\circ}34'19''$  de Longitud Oeste.



**FIGURA 1.**  
Localización de la parte de baja de la microcuenca de la quebrada La Iguaná, en el Municipio de Medellín.

Esta quebrada es afluente del río Medellín que a su vez forma la cuenca del río Porce. Nace en el alto de las Baldías a una altura de 3100 msnm. y desemboca en el

río Medellín en la cota 1460 msnm. El cauce principal tiene una longitud de 16,7 km y forma una cuenca de 46,25 km<sup>2</sup>, de los cuales 7,52 km<sup>2</sup> corresponden a suelo urbano.

### 3. METODOLOGÍA E INSUMOS

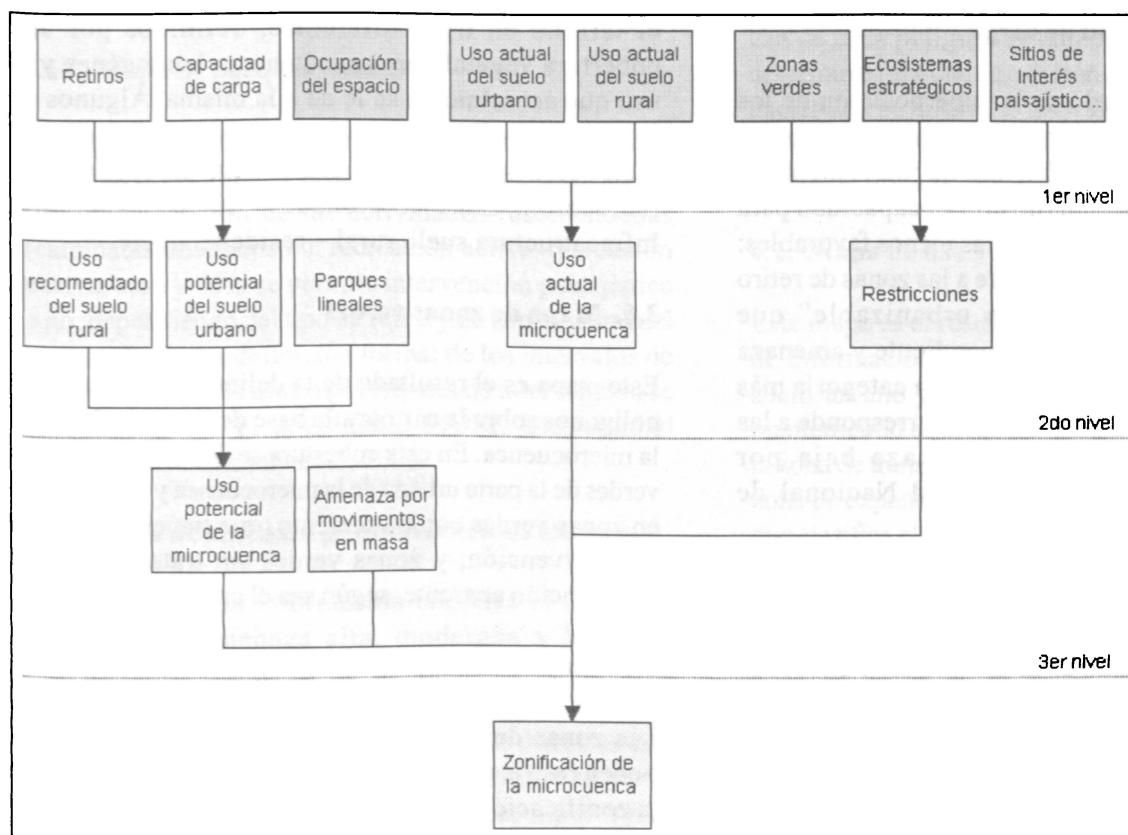
La metodología de zonificación de microcuenca urbanas se plantea como un proceso de superposición secuencial de mapas en tres niveles, cuyo objetivo es determinar el mejor uso para cada zona en función de sus potencialidades, amenazas y restricciones. Toda la superposición se plantea en formato vector, mediante unión de mapas o coberturas, edición de tablas de atributos de la cobertura resultante siguiendo reglas de decisión previamente definidas y posterior edición gráfica para eliminar pequeños polígonos residuales y verificación de la topología de las coberturas.

La cartografía que se sugiere en la metodología debe estar en escalas detalladas no menores de 1:10 000. En el caso de la aplicación de que se presenta de esta metodología, las escalas de los mapas base eran 1:2 000 y 1:5 000 (Cartografía SIGAME) y 1: 10 000 (Cartografía del POT). Los mapas derivados y generados durante la aplicación de la metodología presentan las mismas

escalas. La información final se presenta entonces en escala 1: 5 000.

En resumen, en el primer nivel de superposición los mapas insumo, previamente definidos, se superponen de manera ordenada para producir nuevas capas de información que describen el uso actual de la microcuenca, las restricciones y el uso potencial del suelo urbano.

En el segundo nivel de superposición se define el uso potencial de la microcuenca a partir de los mapas de uso potencial urbano, de parques lineales y de uso recomendado del suelo rural. Por último, en el tercer nivel, el mapa de uso potencial de la microcuenca se superpone con los mapas de amenaza por movimientos en masa, con el mapa de restricciones y con el mapa de uso actual de la microcuenca, resultados del primer nivel de superposición, y se obtiene como resultado final la zonificación de la microcuenca (ver Figura 2). A continuación se describe brevemente cada uno de estos mapas.



**FIGURA 2.**

Esquema de superposición general en el proceso de zonificación del PIOM. Las coberturas en color naranja provienen de la etapa de caracterización de la microcuenca en el PIOM, mientras que las verdes provienen de la etapa de evaluación.

### 3.1. Mapa de retiros

El mapa de retiros es el resultado de la evaluación de la amenaza por inundación y por movimientos en masa asociada a los cauces de las quebradas de la microcuenca, al cual se llega mediante un complejo esquema de superposición siguiendo la metodología propuesta por Vélez et al, 2003. En esta cobertura de información se clasifican las áreas de retiro en R1: retiro hidrológico, es decir, zona con probabilidad de avenida o inundación para diferentes períodos de retorno; R2: retiro geológico, que comprende aquellas zonas fuera de R1 en las que existe la posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa asociados a la inundación, causados por desestabilización del talud por posible socavamiento del cauce durante la misma; R3: retiro para redes de servicios públicos (zona de servicios regional); R4: retiro destinado a reforestación e intervenciones paisajísticas (parques lineales); y R5: retiro para infraestructura vial (zona de circulación) (Universidad Nacional de Colombia et al, 2003).

### 3.2. Mapa de capacidad de carga

Este mapa es el resultado de la superposición de los mapas de pendientes, amenaza por movimientos en masa, y retiros. En esta cobertura de información el terreno se clasifica de acuerdo con su capacidad para ser urbanizado, desde las categorías menos favorables: “Áreas de retiro”, que corresponde a las zonas de retiro previamente definidas y “No urbanizable” que corresponde a las zonas de alta pendiente y amenaza alta por movimientos en masa, hasta la categoría más favorable: “Buena a excelente”, que corresponde a las zonas de baja pendiente y amenaza baja por movimientos en masa (Universidad Nacional de Colombia et al, 2003).

### 3.3. Mapa de ocupación del espacio

Este mapa es el resultado de la delimitación directa de los polígonos sobre la cartografía base integrada de la microcuenca, en él se clasifica el terreno urbanizado de la microcuenca en categorías diferentes, dependiendo de la forma predominante de las construcciones, del tipo de trazado de las vías, los materiales predominantes de construcción, etc. Algunas de las categorías definidas son: morfología de baja ocupación, morfología pirata, industria y

comercio mayor, morfología institucional, morfología vivienda de interés social, etc. (Arbeláez, L. F., Botero, F, Escobar, L. F., Gaviria, Z. Estudio de Prospectiva para la Ciudad de Medellín, EPM, Medellín, 1996 y PIOM, Universidad Nacional de Colombia et al, 2003).

### 3.4. Mapa de uso actual del suelo urbano

Este mapa se obtiene como resultado de la delimitación directa de los polígonos sobre la cartografía base de la zona urbana de la microcuenca. En esta cobertura de información se clasifica el terreno urbanizado de la microcuenca en los siguientes tipos de uso, a saber: Residencial, Comercial, Industrial, Servicios, Institucional y Sin uso aparente.

### 3.5. Mapa de coberturas y uso actual del suelo rural

Este mapa es el resultado de fotointerpretación y delimitación directa de los polígonos sobre la cartografía base de la microcuenca y posterior verificación en campo. En esta cobertura se clasifica el terreno en tipos diferentes, definidos por una cobertura vegetal aproximadamente homogénea y el uso que actualmente se le da a la misma. Algunos de los tipos definidos en la zona de estudio son: Plantaciones forestales – uso productor, Pastizales – recreación, Zona erosionada – sin uso aparente, Infraestructura suelo rural – residencial, etc.

### 3.6. Mapa de zonas verdes

Este mapa es el resultado de la delimitación directa de polígonos sobre la cartografía base de la zona urbana de la microcuenca. En esta cobertura se delimitan las zonas verdes de la parte urbana de la microcuenca y se clasifican en zonas verdes con tratamiento, que tienen algún tipo de intervención, y zonas verdes sin tratamiento, sin intervención aparente, según sea el caso.

### 3.7. Mapa de ecosistemas estratégicos

Las zonas definidas como ecosistemas estratégicos tienen restricciones de uso muy importantes dentro de la zonificación de la microcuenca, y se definen como aquellas donde el ecosistema tiene importancia trascendental para una comunidad local o regional ya sea por los servicios o bienes que provee para la actividad económica y bienestar de la población, como

por su biodiversidad y valor natural (POT de Medellín, Acuerdo municipal 062 de 1999).

### **3.8. Mapa de sitios de interés paisajístico y cultural**

Este mapa corresponde al que se presenta en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín (Acuerdo 062 de 1999). En este mapa se delimitan los sitios de interés paisajístico en 3 categorías: paisaje rural, paisaje rural-urbano y paisaje urbano.

### **3.9. Mapa de uso recomendado del suelo rural**

Este mapa es el resultado de superponer el mapa de uso reglamentado del suelo (POT de Medellín, 1999) con el mapa de conflictos de uso del suelo, el cual es generado a su vez a partir de la superposición del mapa de uso actual y coberturas del suelo rural y del mapa de uso potencial del suelo rural (propuesta de usos potenciales del suelo para el área rural del municipio de Medellín, realizada para el Plan de Desarrollo de Medellín 1989).

### **3.10. Mapa de parques lineales**

El mapa es el resultado de reclasificar el mapa de retiros obtenido previamente. En éste mapa se reclasifican los retiros en función de las actividades recomendadas (caminatas, montañismo, recreación activa, recreación pasiva, etc.) y de si se permite intervención paisajística o no, dependiendo del tipo de retiro y de la pendiente del terreno. Para una definición formal de los intervalos de pendientes y de los usos o prioridades de intervención se recomienda ver el documento PIOM, Universidad Nacional de Colombia et al, 2003.

### **3.11. Mapa de amenaza por movimientos en masa**

Esta cobertura de información clasifica el territorio en zonas de amenaza alta, moderada y baja por movimientos en masa, de las cuales las zonas de amenaza alta se consideran como zonas con una restricción importante para su uso en infraestructura o de ocupación. La construcción de este mapa se puede hacer siguiendo la metodología propuesta por Vélez et al, 2003.

## **4. SUPERPOSICIONES Y REGLAS DE DECISIÓN**

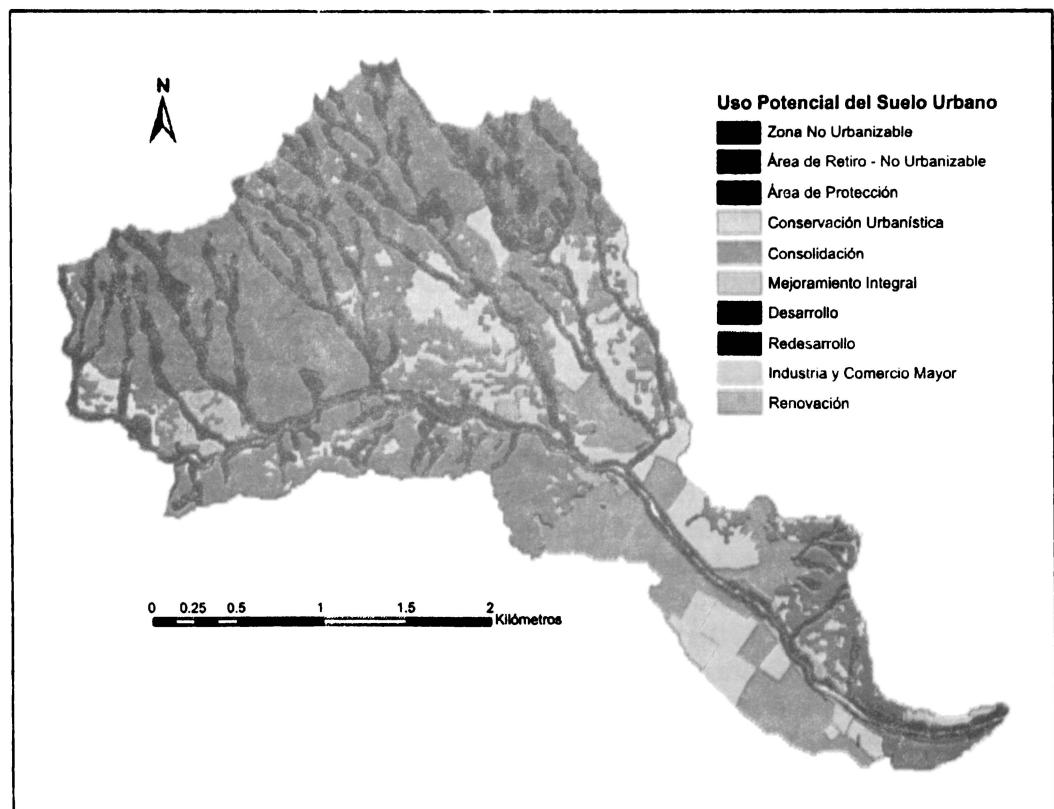
En el primer nivel de superposición se combinan algunos de los mapas insumo (ver Figura 2) para generar los mapas que alimentan el segundo nivel de superposición. En esta fase se obtienen las coberturas de información concernientes al uso potencial del suelo urbano, al uso actual de la microcuenca y a las restricciones, que son aquellos usos que deben permanecer inalterados en la zonificación final. A continuación se describe brevemente cada uno de los mapas mencionados anteriormente y las reglas de decisión usadas para su obtención.

### **4.1. Mapa de uso potencial del suelo urbano**

Este mapa se obtiene mediante la unión de los mapas de ocupación del espacio, capacidad de carga y retiros. Posteriormente la tabla de atributos del mapa resultante se edita siguiendo reglas de decisión (ver Tabla 1) para asignar el uso potencial a cada polígono, dependiendo del tipo de ocupación y la capacidad de carga del terreno, y si se trata de una zona de retiro o no. Las categorías de uso de cada polígono resultante de la superposición se determinan mediante edición de la tabla de atributos haciendo consultas del tipo: IF “capacidad de carga” = X AND “tipo de ocupación” = Y THEN CALC “uso potencial urbano” = Z (Figura 3).

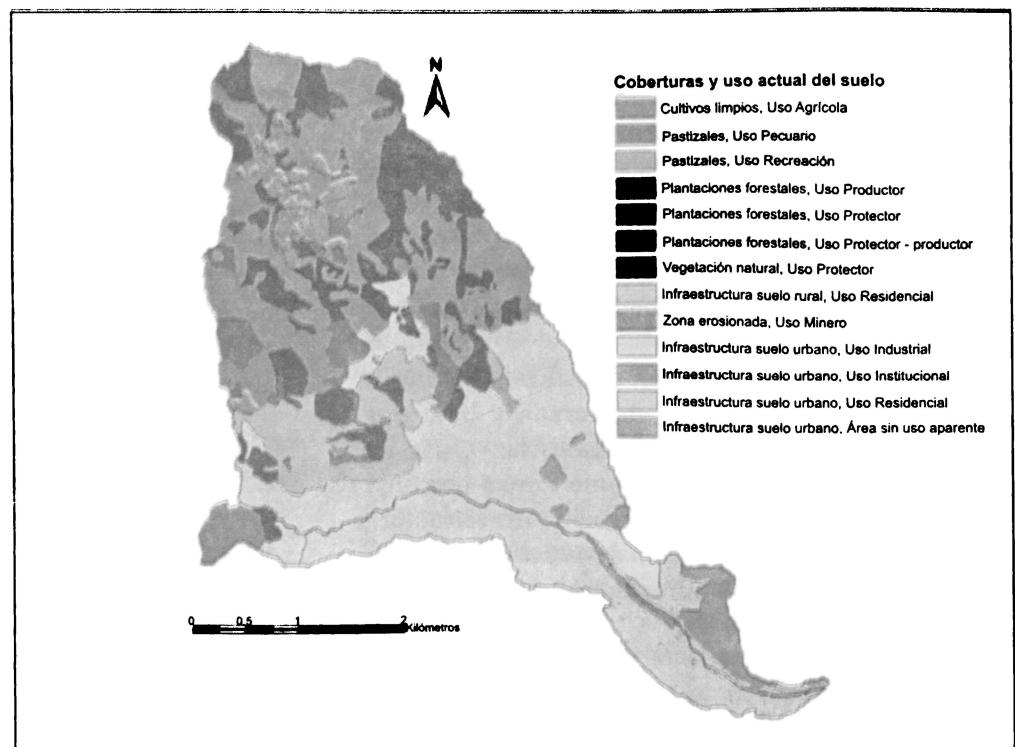
### **4.2. Mapa de uso actual del suelo de la microcuenca**

Este mapa es el resultado de la unión de dos coberturas de información adyacentes: el mapa de uso actual del suelo urbano y el mapa de uso actual del suelo rural, manteniendo como predominantes los usos urbanos en la zona de transición, denominada en el POT de la ciudad zona de expansión o suburbana. El resultado es un mapa que clasifica el territorio según su uso, teniendo en cuenta todos los usos rurales y todos los usos urbanos encontrados en la microcuenca (Figura 4).



**FIGURA 3.**

Mapa de uso potencial del suelo urbano de la parte baja de la microcuenca de la quebrada La Iguaná.



**FIGURA 4.**

Mapa de uso actual del suelo de la parte baja de la microcuenca de la quebrada La Iguaná.

TABLA 1.

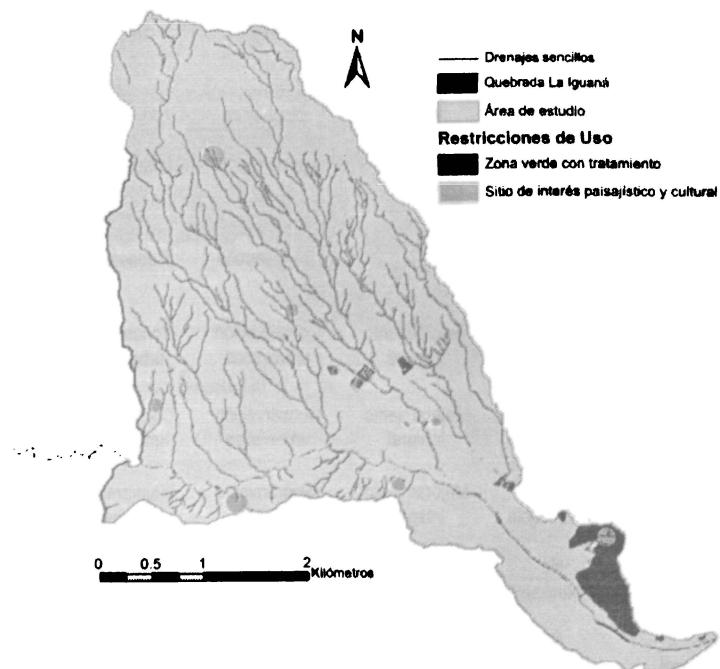
Reglas de decisión para la definición de usos potenciales urbanos en el PIOM.

TIPO DE OCUPACIÓN DEL ESPACIO	REGLAS DE DECISIÓN		CAPACIDAD DE CARGA						
	No urbanizable	Muy baja a nula	Muy baja	Media a baja	Media	Buena	Buena a excelente	Áreas de retiro	
Industria y comercio mayor	No urbanizable	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Industria y comercio mayor	Industria y comercio mayor	Industria y comercio mayor	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología San Juan	No urbanizable	Mejoramiento integral	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología invasión	No urbanizable	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Renovación	Renovación	Renovación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología invasión rehabilitada	No urbanizable	Mejoramiento integral	Redesarrollo	Redesarrollo	Redesarrollo	Redesarrollo	Redesarrollo	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología vivienda de interés social	No urbanizable	Mejoramiento integral	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Redesarrollo	Redesarrollo	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología popular planificada	No urbanizable	Mejoramiento integral	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Redesarrollo	Redesarrollo	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología pirata	No urbanizable	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Renovación	Renovación	Renovación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología heterogénea	No urbanizable	Mejoramiento integral	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología institucional	No urbanizable	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología Laureles	No urbanizable	Mejoramiento integral	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología desarrollos planificados clase media	No urbanizable	Mejoramiento integral	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología Poblado	No urbanizable	Mejoramiento integral	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología antigua	No urbanizable	Mejoramiento integral	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Consolidación	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología centro	No urbanizable	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Mejoramiento integral	Redesarrollo	Redesarrollo	Redesarrollo	Áreas de retiro no urbanizable	
Morfología de baja ocupación	No urbanizable	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Conservación urbanística	Redesarrollo	Redesarrollo	Redesarrollo	Áreas de retiro no urbanizable	
Área sin desarrollo urbano	No urbanizable	Desarrollo	Desarrollo	Desarrollo	Desarrollo	Desarrollo	Desarrollo	Áreas de retiro no urbanizable	
Área de protección	Área de protección	Área de protección	Área de protección	Área de protección	Área de protección	Área de protección	Área de protección	Áreas de retiro no urbanizable	

#### 4.3. Mapa de restricciones

El mapa de restricciones es el resultado de la unión de las coberturas de información de zonas verdes, sitios de interés paisajístico y cultural, de ecosistemas estratégicos

(este último, no existe para la parte baja de la microcuenca de la quebrada La Iguaná). En el mapa resultante, las áreas delimitadas se clasifican solamente en función del tipo de restricción existente: ecosistema estratégico, sitio de interés paisajístico o zona verde (Figura 5).



**FIGURA 5.**  
Mapa de restricciones de la parte  
baja de la microcuenca de la  
quebrada La Iguaná.

En el segundo nivel de superposición se combinan el mapa de uso potencial del suelo urbano, resultado del primer nivel de superposición, con dos mapas insumo: mapa de uso recomendado del suelo rural y el mapa de parques lineales, para obtener el único producto de este nivel de superposición: el mapa de uso potencial de la microcuenca.

#### 4.4. Mapa de uso potencial de la microcuenca

En primer lugar se combinan dos coberturas de información que son adyacentes: el mapa de uso potencial del suelo urbano y el mapa de uso recomendado del suelo rural. Al igual que en la unión de las coberturas de uso actual, se conservan los usos potenciales urbanos en la zona de suburbana o de expansión de la microcuenca y el resultado de este paso es una cobertura con todos los usos potenciales posibles, urbanos y rurales. Luego, este resultado intermedio se superpone con el mapa de parques lineales y en el mapa resultante los límites de dichas zonas se conservan intactos, ya que se considera el uso de parque

lineal como de mayor jerarquía entre todos los usos potenciales posibles (Figura 6).

#### 4.5. Mapa de zonificación

En el tercer nivel de superposición se llega al resultado de la zonificación mediante la combinación de los mapas de amenaza por movimientos en masa, restricciones, uso actual de la microcuenca y uso potencial de la microcuenca. Las zonas delimitadas en el mapa de restricciones se conservan hasta el final en el proceso de zonificación como una categoría más de ordenamiento, conservando el tipo de restricción: zona verde, sitio de interés paisajístico y cultural o ecosistema estratégico. De igual forma, las zonas de amenaza alta del mapa de amenaza por movimientos en masa se conservan como “zona con restricción para ocupación humana y de infraestructura” en el resultado de la zonificación, excepto en aquellas zonas de uso destinado para parques lineales y las franjas de retiros adyacentes, por ser usos compatibles con la ocurrencia de amenaza alta por movimientos en masa.

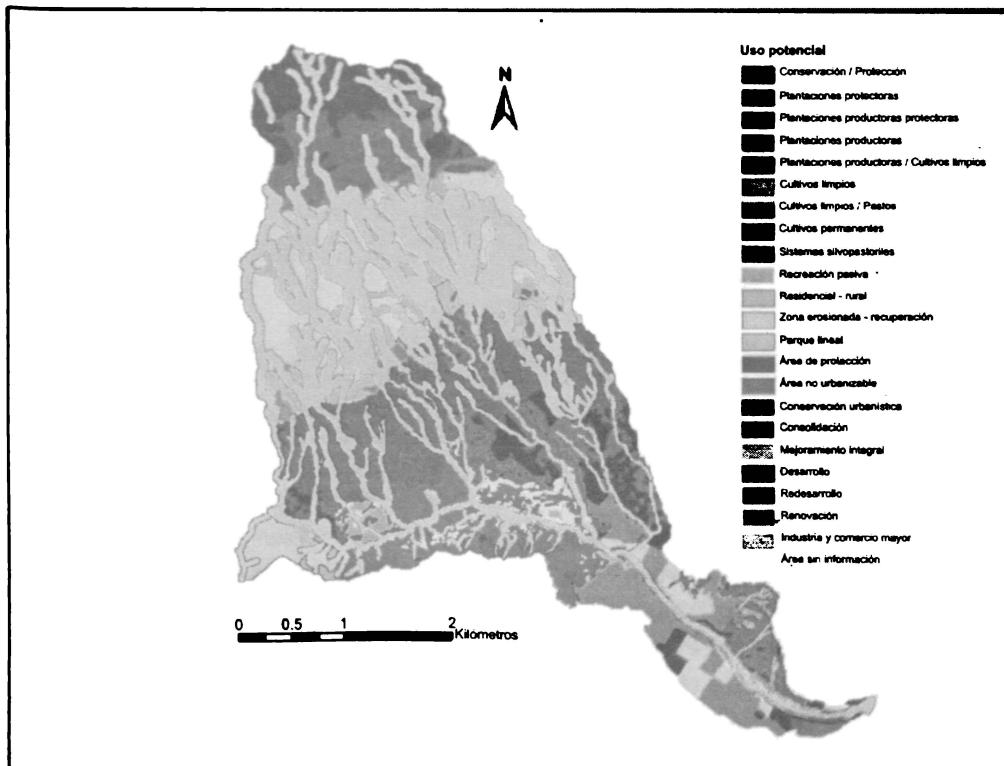


FIGURA 6.

Mapa de uso potencial de la parte baja de la microcuenca de la quebrada La Iguaná.

El resto de las categorías de zonificación se asignan a cada polígono resultante de la superposición siguiendo las reglas de decisión mostradas en las Tablas 2 y 3, cuyo fundamento reside en la comparación del tipo de uso actual versus el tipo de uso potencial. En primer lugar se clasifican todos los usos en dos categorías: usos de protección o conservación y usos de aprovechamiento o producción. Si el uso actual es de conservación y el

uso potencial es de producción, predomina el uso de conservación actual; pero si el uso potencial es también de conservación, predomina el uso de conservación potencial. De otro lado, si el uso actual es de producción y el uso potencial es también de producción, predomina el uso actual de producción; pero si el uso potencial es de conservación, predomina el uso de conservación potencial (Figura 7).

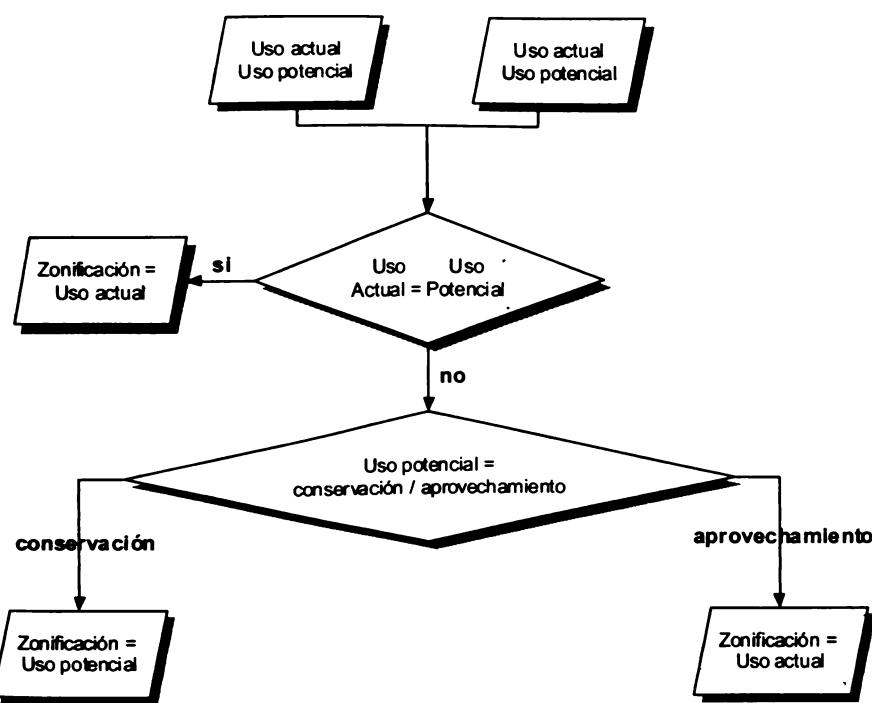


FIGURA 7.

Diagrama de toma de decisiones usado para el diseño de la tabla de reglas de decisión de la zonificación de la microcuenca del PIOM.

TABLA 2.

Reglas de decisión para asignación de las categorías de zonificación del PIOM.

Uso Potencial	Uso Actual									
	Plantaciones forestales - Protector	Plantaciones forestales - Protector – productor	Plantaciones forestales - Productor	Vegetación natural - Protector	Vegetación natural - Conservación	Cultivos limpios - Agrícola	Cultivos permanentes - Agrícola	Pastizales - Pecuario	Pastizales - Recreación	Cuerpos de agua
<b>Sistemas agroforestales</b>	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Sistemas agrosilvopastoriles	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Sistemas silvopastoriles	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Plantaciones productoras	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Cultivos limpios	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Cultivos permanentes	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Pastos	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Recreación pasiva	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Cultivos limpios / Pastos	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Cultivos limpios / Cultivos permanentes	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Plantaciones productoras / Cultivos limpios	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Plantaciones productoras / Cultivos limpios / Pastos	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Sistemas silvopastoriles / Recreación pasiva	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Residencial - rural	Res	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Conservación urbanística	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Consolidación	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Mejoramiento integral	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Desarrollo	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Redesarrollo	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Renovación	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Industria y comercio mayor	ProtF	PPF	ProdF	Prot	Cons	Ag	Ag	Pec	Rec	CdA
Plantaciones protectoras	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	CdA
Plantaciones productoras protectoras	ProtF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	CdA
Conservación / Protección	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CdA
Conservación / Recreación pasiva	ProtF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	CdA
Zona erosionada -recuperación	ProtF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	CdA
<b>No urbanizable</b>	ProtF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	CdA
<b>Áreas de protección</b>	ProtF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	CdA
<b>Parque lineal</b>	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	CdA
<b>Sitio de interés paisajístico y cultural</b>	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	CdA
<b>Ecosistema estratégico</b>	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	CdA
<b>Zona verde urbana</b>	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	CdA
<b>Zona con restricción para ocupación humana y de infraestructura</b>	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	CdA

**TABLA 3.**  
Reglas de decisión para asignación de las categorías de zonificación del PIOM.

Uso Potencial	Uso Actual										
	Zona erosionada - Minero	Zona erosionada - Sin uso aparente	Infraestructura suelo rural - Residencial	Infraestructura suelo urbano - Residencial	Infraestructura suelo urbano - Comercial	Infraestructura suelo urbano - Industrial	Infraestructura suelo urbano - Servicios	Infraestructura suelo urbano - Institucional	Infraestructura suelo urbano - Sin uso aparente	Institucional	
<b>Sistemas agroforestales</b>	Min	SAF	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SAF	Ins	
Sistemas agrosilvopastoriles	Min	SASP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SASP	Ins	
Sistemas silvopastoriles	Min	SSP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SSP	Ins	
Plantaciones productoras	Min	ProdF	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	ProdF	Ins	
Cultivos limpios	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Cultivos permanentes	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Pastos	Min	Pec	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Pec	Ins	
Recreación pasiva	Min	RP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	RP	Ins	
Cultivos limpios / Pastos	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Cultivos limpios / Cultivos permanentes	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Plantaciones productoras / Cultivos limpios	Min	PFAg	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	PFAg	Ins	
Plantaciones productoras / Cultivos limpios /Pastos	Min	PFAg	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	PFAg	Ins	
Sistemas silvopastoriles / Recreación pasiva	Min	SSPRP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SSPRP	Ins	
Residencial - rural	Min	Res	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Res	Ins	
Conservación urbanística	Min	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	
Consolidación	Min	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	
Mejoramiento integral	Min	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	
Desarrollo	Min	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	
Redesarrollo	Min	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	
Renovación	Min	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	
Industria y comercio mayor	Min	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	
Plantaciones protectoras	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	
Plantaciones productoras protectoras	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Conservación / Protección	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	
Conservación / Recreación pasiva	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Zona erosionada -recuperación	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
No urbanizable	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Áreas de protección	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Parque lineal	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	
Sitio de interés paisajístico y cultural	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	
Ecosistema estratégico	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	
Zona verde urbana	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	
Zona con restricción para ocupación humana y de infraestructura	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	

TABLA 3. Continuación

Reglas de decisión para asignación de las categorías de zonificación del PIOM.

Uso Potencial	Uso Actual										
	Zona erosionada - Minero	Zona erosionada - Sin uso aparente	Infraestructura suelo rural - Residencial	Infraestructura suelo urbano - Residencial	Infraestructura suelo urbano - Comercial	Infraestructura suelo urbano - Industrial	Infraestructura suelo urbano - Servicios	Infraestructura suelo urbano - Institucional	Infraestructura suelo urbano - Sin uso aparente	Institucional	
<b>Sistemas agroforestales</b>	Min	SAF	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SAF	Ins	
Sistemas agrosilvopastoriles	Min	SASP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SASP	Ins	
Sistemas silvopastoriles	Min	SSP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SSP	Ins	
Plantaciones productoras	Min	ProdF	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	ProdF	Ins	
Cultivos limpios	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Cultivos permanentes	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Pastos	Min	Pec	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Pec	Ins	
Recreación pasiva	Min	RP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	RP	Ins	
Cultivos limpios / Pastos	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Cultivos limpios / Cultivos permanentes	Min	Ag	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Ag	Ins	
Plantaciones productoras / Cultivos limpios	Min	PFAg	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	PFAg	Ins	
Plantaciones productoras / Cultivos limpios / Pastos	Min	PFAgp	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	PFAgp	Ins	
Sistemas silvopastoriles / Recreación pasiva	Min	SSPRP	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	SSPRP	Ins	
Residencial - rural	Min	Res	Res	Res	Com	Ind	Ser	Ins	Res	Ins	
Conservación urbanística	Min	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	
Consolidación	Min	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	Csld	
Mejoramiento integral	Min	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	
Desarrollo	Min	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	Dllo	
Redesarrollo	Min	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	RDllo	
Renovación	Min	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	Ren	
Industria y comercio mayor	Min	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	
Plantaciones protectoras	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	ProtF	
Plantaciones productoras protectoras	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Conservación / Protección	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	
Conservación / Recreación pasiva	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Zona erosionada -recuperación	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
No urbanizable	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Áreas de protección	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	PPF	
Parque lineal	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	PL	
Sitio de interés paisajístico y cultural	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	SIPC	
Ecosistema estratégico	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	
Zona verde urbana	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	ZVU	
Zona con restricción para ocupación humana y de infraestructura	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	ZROHI	

Donde:

Ag	Agrícola
Com	Comercial
Cons	Conservación
CP	Conservación / Protección
CU	Conservación urbanística
Csld	Consolidación
Cda	Cuerpo de agua
Dllo	Desarrollo
EE	Ecosistema estratégico
Ind	Industrial
Ins	Institucional
MI	Mejoramiento integral
Min	Minería
PL	Parque lineal
Pec	Pecuario
ProdF	Producción forestal
PFAg	Producción forestal / Agrícola
PFAgp	Producción forestal / Agropecuario
Prot	Protección
PPF	Protección / Producción forestal
ProtF	Protección forestal
Rec	Recreación
RecP	Recreación pasiva
Rdllo	Redesarrollo
Ren	Renovación
Res	Residencial
Ser	Servicios
SAF	Sistemas agroforestales
SASP	Sistemas agrosilvopastoriles
SSP	Sistemas silvopastoriles
SSPRP	Sistemas silvopastoriles / Recreación pasiva
SIPC	Sitio de interés paisajístico y cultural
ZROHI	Zona con restricción para ocupación humana y de infraestructura
ZVU	Zona verde urbana

Los esfuerzos de planificación urbana no corresponden a las condiciones existentes en el terreno, es decir, se planifica sin considerar lo que está sucediendo (uso actual) en una zona y sin pensar en las potencialidades y restricciones físicas que ofrece una porción del territorio como lo es una microcuenca urbana. La planificación obedece a necesidades inmediatas que no han sido suplidas y que no se han anticipado debido a la falta de políticas de planeación a corto, mediano y largo plazo. La zonificación del uso de una microcuenca propende por el mejoramiento de la calidad urbana y ambiental y por la concertación y gestión para el desarrollo con una

visión de futuro, cada una con resultados positivos que contribuyen al desarrollo integrado de la zona. Es por esto, que el esquema de decisión planteado trasciende los límites de las concepciones sectoriales tradicionales, generando un nuevo enfoque para la zonificación en zonas urbanas, a partir de un conjunto de variables físicas, bióticas y socioeconómicas, en el marco de una concepción dinámica y sistemática de la realidad geográfica. Esta forma de concebir la zonificación hoy en día se denomina Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y en esta metodología se simplifica dicha metodología para su aplicación en microcuenca urbanas.

Las objetivos fundamentales de la ZEE son las siguientes (Sombroek, 1994):

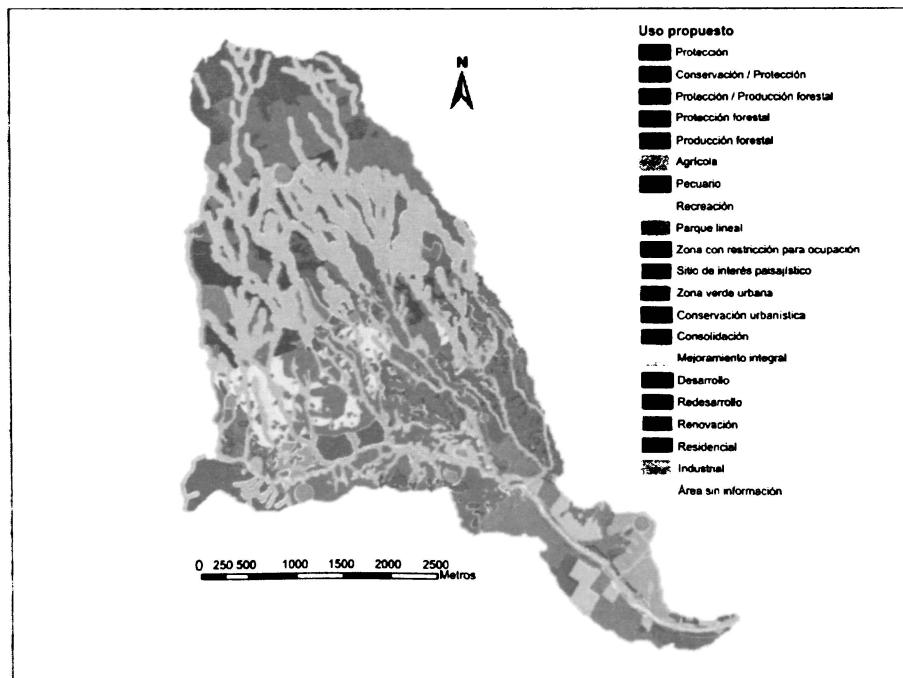
- identificar áreas donde ciertos usos específicos pueden ser introducidos mediante el desarrollo de programas, servicios, incentivos financieros, etc;
- identificar áreas con necesidades especiales o problemas, así como áreas que necesitan de protección o conservación;
- proporcionar las bases para el desarrollo de infraestructura.

La ZEE es, en efecto, una forma de planificar el uso de tierras teniendo en cuenta todos los elementos bio-físicos y todas las condicionantes socio-económicas. Se comparan ambos grupos de factores a través de múltiples análisis, proporcionando una herramienta apropiada para los distintos usuarios a fin de alcanzar, de forma consensuada, un uso óptimo de las tierras que será posteriormente ejecutado mediante acciones legislativas, administrativas e institucionales. Un elemento esencial de la ZEE es su carácter dinámico, pudiendo ser repetida o ajustada en relación con los cambios socio-económicos de la región estudiada y su área de influencia, tales como las tendencias del mercado mundial

El resultado de la zonificación puede observarse en la Figura 8.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proceso de zonificación es un proceso dinámico que depende de las modificaciones que se hagan a las condiciones de uso mediante la implementación de programas y proyectos. En este sentido, entonces es válido decir que los usos propuestos con esta metodología dependen de las condiciones existentes en cada microcuenca y de las evoluciones de éstas.



Los usos propuestos en cada zonificación deben leerse como los usos más adecuados que pueden recomendarse dada las condiciones de esa microcuenca en particular. El uso de herramientas computacionales como los sistemas de información geográfica (SIG) permiten entender y tener acceso más fácilmente a los insumos que producen unos resultados, entendiéndose esto último como la capacidad de revisar paso a paso el procedimiento y modificar si es del caso los insumos, de manera que puedan preverse otros escenarios deseables o probables. Todo el proceso de zonificación parte de cierta información base. Al igual que en todos los procesos computarizados, la calidad del resultado está influenciada directamente por la calidad de los insumos utilizados. Para cualquier caso de aplicación es necesario entender que la calidad de la información base influye directamente en el resultado obtenido. Al hacer efectivas las políticas de ordenación y la zonificación propuesta, debe tenerse especial cuidado de no considerar los límites de los polígonos del mapa de zonificación como si tuvieran precisión métrica máxima y ser tomados más bien como límites aproximados que deben ser delimitados cuidadosamente en el terreno con la ayuda de expertos. La zonificación propuesta pretende dar respuestas a preguntas como: ¿qué actividades desarrollar? ¿dónde y cómo desarrollar estas actividades?, sugiriendo los usos más adecuados del territorio de la microcuenca y de sus recursos naturales: áreas con vocación productora, protectora y de conservación y de esta manera sirve de base al Ordenamiento Territorial que se encarga de

proyectar en el espacio geográfico la visión de desarrollo que la sociedad desea en el largo plazo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EEPPM, Municipio de Medellín, 1997. Cartografía SIGAME, Proyecto SIGMA.
- Municipio de Medellín, 1999. Acuerdo 062 de 1999 (Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín).
- Sombroek W.G. 1994. Introduction to the philosophy, concepts and methods of ecological-economic zoning. Manaus Workshop on Ecological-Economic-Zoning in the Amazon Region 25-29 April 1994. Rome, FAO.
- Universidad Nacional de Colombia, CORANTIOQUIA, Instituto Mi Río (en liquidación), 2003. Diseño de la Metodología para la Formulación de Planes de Ordenamiento y Manejo de Microcuenca – PIOM – y su aplicación a la parte baja de la Cuenca de la quebrada La Iguaná. Informe Final. Medellín, Colombia.
- Vélez, J. I., Rave, C., Caballero, H., Botero, V., Patiño, J., Escobar, D. y Smith, R., 2003. Evaluación de Riesgos en Cuenca Urbanas. Revista Avances en Recursos Hídricos No. 10, Universidad Nacional de Colombia.
- Vélez, J. I., Rave, C., Caballero, H., Montes, L. F., Escobar, D., Arango, A., Cuadrado, A. y Smith, R., 2003. Definición de Retiros en Cuenca Urbanas. Revista Avances en Recursos Hídricos No. 10, Universidad Nacional de Colombia.