

Prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, estado Mérida-Venezuela

Conservation priorities for water resources in the River Chama Upland watershed, Mérida State-Venezuela

Mejía Joel*, Páez Gustavo y Boada Jesús*****

Recibido: septiembre, 2007 / Aceptado: marzo, 2008

Resumen

Se implementó una metodología para determinar prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, partiendo de tres criterios: oferta de agua, demanda de agua y condiciones ambientales. Además, se definieron variables e indicadores para evaluar su comportamiento en las diferentes subcuencas y se establecieron niveles de prioridad, en función de valores prefijados para ponderar los indicadores. La sumatoria simple del nivel de prioridad en cada variable permitió determinar el Índice de Importancia Prioritaria Total (IIPT) por subcuenca, cuyos valores fueron tratados mediante procedimientos geoestadísticos para establecer la priorización final. Se obtuvieron cinco grupos, con distintos niveles de prioridad, siendo la subcuenca *La Toma* la que obtuvo el nivel máximo de prioridad. Los indicadores más críticos en cuanto a la determinación de prioridades fueron: número de sistemas de riego, superficie total regada por subcuenca, consumo promedio de agua para uso doméstico y consumo promedio según superficie regada.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica; conservación; priorización; río Chama.

Abstract

We implemented a methodology for determining priorities for conservation of water resources in the upper river basin Chama, based on three criteria: water supply, water demand, and environmental conditions are also defined variables and indicators to assess its behavior in the different subbasins and established priority levels depending on the default values to weigh indicators. The simple summation of the priority level for each variable allowed determine the rate of priority importance total subbasins, whose values were treated by geostatistical procedures for establishing final prioritization. With this five groups were obtained, with different levels of priority, with the sub-making which won the highest level of priority. The most critical in terms of determining priorities were: number of irrigation systems, total area irrigated by sub, average consumption of water for domestic use and average consumption as irrigated area.

Key words: River basin; conservation; prioritization; Chama River.

* Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Geografía, e-mail: jmejia@ula.ve

** Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Maestría en "Ordenación del Territorio y Ambiente" (cursante), e-mail: paezgustavo@ula.ve,

*** Instituto Nacional de Estadística, estado Nueva Esparta-Venezuela, e-mail: jesusboada@hotmail.com,

1. Introducción

El recurso agua es esencialmente estratégico y de suma importancia para el desarrollo de políticas de distinta naturaleza a nivel local, regional, nacional e incluso global. Ello ha ido despertando un creciente interés en el ámbito internacional, fundamentado en la importancia de las cuencas hidrográficas como unidades espaciales lógicas para la planificación y manejo de los recursos naturales, tal y como ha sido reseñado en los últimos años (Brooks & Eckman, 2000; Thapa, 2001; Dawei & Jingsheng, 2001; Wagner, *et al.*, 2002; Gascó, *et al.*, 2005).

La cuenca alta del río Chama, ubicada en los Andes venezolanos, acusa en los últimos tiempos una intensa presión antropogénica que ha generado cambios espaciales significativos e importantes, derivados de procesos como: deforestación, proliferación de sistemas agrícolas y pecuarios, crecimiento urbano, entre otros.

Habitada desde tiempos anteriores a la conquista española, alberga en la actualidad más de 28.000 habitantes, a lo que se agrega un apreciable flujo de turistas durante todo el año, por los recursos escénicos y turísticos que el sistema oferta; a ello se adiciona el hecho de albergar algunos de los sistemas agrícolas de rubros de piso alto más productivos del país. Derivado de ello, esta cuenca constituye uno de los sectores del estado Mérida, y de los Andes venezolanos, que presenta severos conflictos por el uso del agua (Naranjo, 2002; Naranjo y Duque, 2004).

La situación demanda la generación de información relacionada con los recur-

sos naturales, particularmente con los hídricos, que permita diagnosticar con un adecuado nivel de precisión, la realidad geohidrológica de la cuenca, lo cual debe constituirse en la base para una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos.

En otro orden de ideas, la implementación de proyectos de gestión de cuencas comúnmente enfrenta numerosos inconvenientes técnicos, financieros, políticos, logísticos y socioeconómicos, sobre todo cuando se trata de grandes unidades hidrográficas, en las que la extensión superficial, la complejidad de sus condiciones geográficas y la escasez de información, muchas veces hacen que la gestión sea seriamente restringida en su acción. Frente a esta situación, se hace necesario identificar los sectores o subcuencas en donde los problemas ambientales tengan un mayor nivel de intensidad o complejidad, lo cual conduce a establecer prioridades espaciales para la ejecución de acciones de gestión y/o conservación de los recursos naturales. Así, el establecimiento de prioridades para la conservación ha venido adquiriendo una importancia cada vez mayor en la planificación y manejo de recursos naturales a escala local, regional y nacional (Sharada, *et al.*, 1993; Diamond, *et al.*, 2005).

Estas inquietudes motivaron e impulsaron la realización de este trabajo, el cual pretende ser un aporte para el estudio de los recursos hídricos a nivel de cuenca, con miras a la optimización de la gestión conservacionista en las cuencas hidrográficas de los Andes venezolanos y del país en general.

2. El área de estudio

Se localiza en los Andes Centrales de Venezuela, entre las coordenadas: 8°37'16" y 8°53'29" LN, y entre 70°48'09" y 70°59'55" LO. Se extiende desde su propio nacimiento en la quebrada Mifañí (4600 msnm), hasta la antigua estación hidrométrica de Mucurubá (2470 msnm), y se encuentra delimitada por las divisorias de la Sierra del Norte o de la Culata, la Sierra de Santo Domingo y la Sierra Nevada (Figura 1). Desde el punto de vista político-administrativo, toda el área pertenece al municipio Rangel del estado Mérida, ocupando una superficie aproximada de 340 km², lo que representa un 66,4% de la superficie total del referido municipio (Páez y Boada, 2006).

La topografía es mayormente accidentada y escarpada, presentando fuertes pendientes en las vertientes, y desarrollo de estrechos y profundos valles intramontanos longitudinales y transversales. Las pendientes predominantes oscilan entre 30 y 60% en las laderas, mientras que en los fondos de valle suelen ser inferiores a 30%, e incluso menores a 15% (Florez y Manzanilla, 1999).

Litológicamente, la vertiente izquierda está dominada por rocas correspondientes al Grupo Iglesias (Asociación Sierra Nevada), del Precámbrico Superior, las cuales consisten en gneises, esquistos y rocas graníticas. En la vertiente derecha predomina la Asociación Sierra Nevada, en contacto litológico con la Granodiorita del Carmen. En el fondo de valle se encuentran depósi-

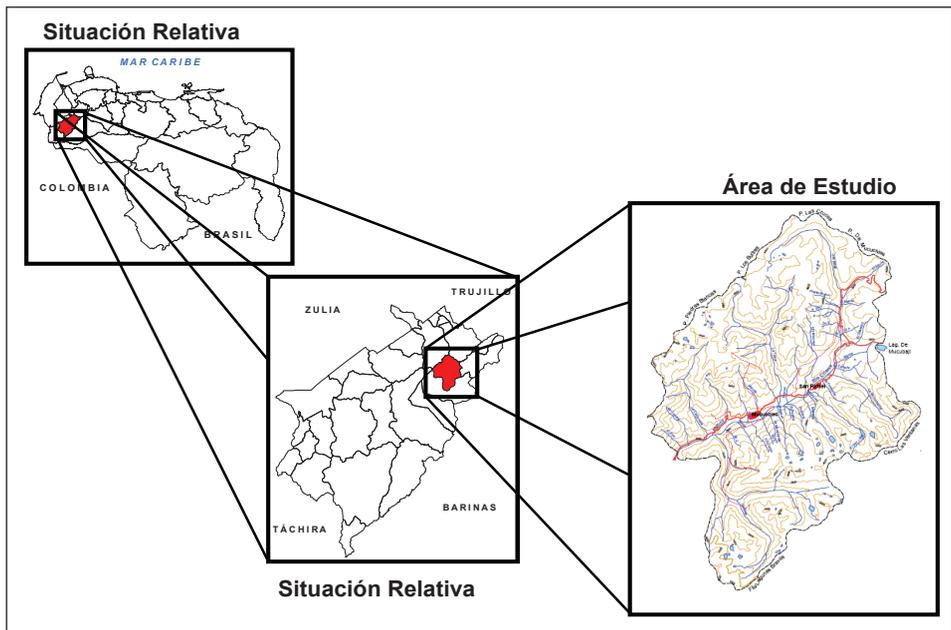


Figura 1. Localización del área de estudio

tos cuaternarios no consolidados ni estabilizados en forma de abanicos aluviales y terrazas longitudinales.

El área es atravesada longitudinalmente por la falla de Boconó, hecho que le imprime una notable actividad tectónica. Morfológicamente pueden distinguirse tres tipos de modelados: a) modelado glacial y periglacial; b) modelado por aguas corrientes; y c) depósitos aluviales y coluviales (Ruiz y Sánchez, 1991).

Desde el punto de vista climático, Silva (1999) distingue 3 pisos o zonas climáticas en el área, a saber: Frío, Muy Frío y Gélido. Ello sugiere que las temperaturas son generalmente bajas, con un rango que oscila entre 15 °C y -15 °C, mientras que las precipitaciones oscilan entre 650 y 900 mm/año, con variaciones espaciales derivadas de los movimientos de las masas de aire, la exposición y la altitud, fundamentalmente.

Desde el punto de vista ecológico, la cuenca alta del río Chama presenta tres unidades ecológicas a las que se asocian tipos particulares de vegetación y fauna; estas son: el Páramo andino, el Páramo altiandino, y la Selva nublada Montana (La Marca y Soriano, 2004).

2.1 Delimitación

El área de estudio se delimitó a partir de un mapa topográfico a escala 1:50.000, ampliado de la cartas 6041 y 6042 de Cartografía Nacional a escala 1:100.000, delineándose así la cuenca y las 34 subcuencas que la conforman (Figura 2). La cartografía fue procesada y representada a través del software ArcGis Versión 8.3.

3. Métodos y técnicas

3.1 Criterios, variables e indicadores de priorización

Se seleccionaron los criterios y variables que mayormente influyen directa e indirectamente en las condiciones favorables o desfavorables que puede presentar una cuenca hidrográfica para la producción de agua. Para su definición se conjugaron y adaptaron criterios derivados de Lomniky *et al.* (2002), Guillén (2003) y Naranjo y Duque (2004). De este modo, se definieron tres grupos de criterios con sus respectivas variables. a) oferta neta de agua (ONA): se refiere a las cantidades disponibles del recurso hídrico en una cuenca, que satisfacen las necesidades de los diferentes usos producto de las actividades humanas; b) demanda neta de agua (DNA): se refiere a las cantidades de agua requeridas o demandadas por la población para satisfacer sus diferentes necesidades; c) condiciones ambientales (CA): se refiere a un conjunto de variables que inciden directa e indirectamente en la calidad y cantidad de agua disponible en una cuenca.

El cuadro 1 muestra los criterios de priorización establecidos con las respectivas variables a ser evaluadas, y los indicadores para realizar la evaluación en cada caso. Para determinar la ONA se seleccionó como variable, el caudal promedio mensual, por ser ésta la única que permite obtener y conocer la disponibilidad del recurso agua en una cuenca determinada.

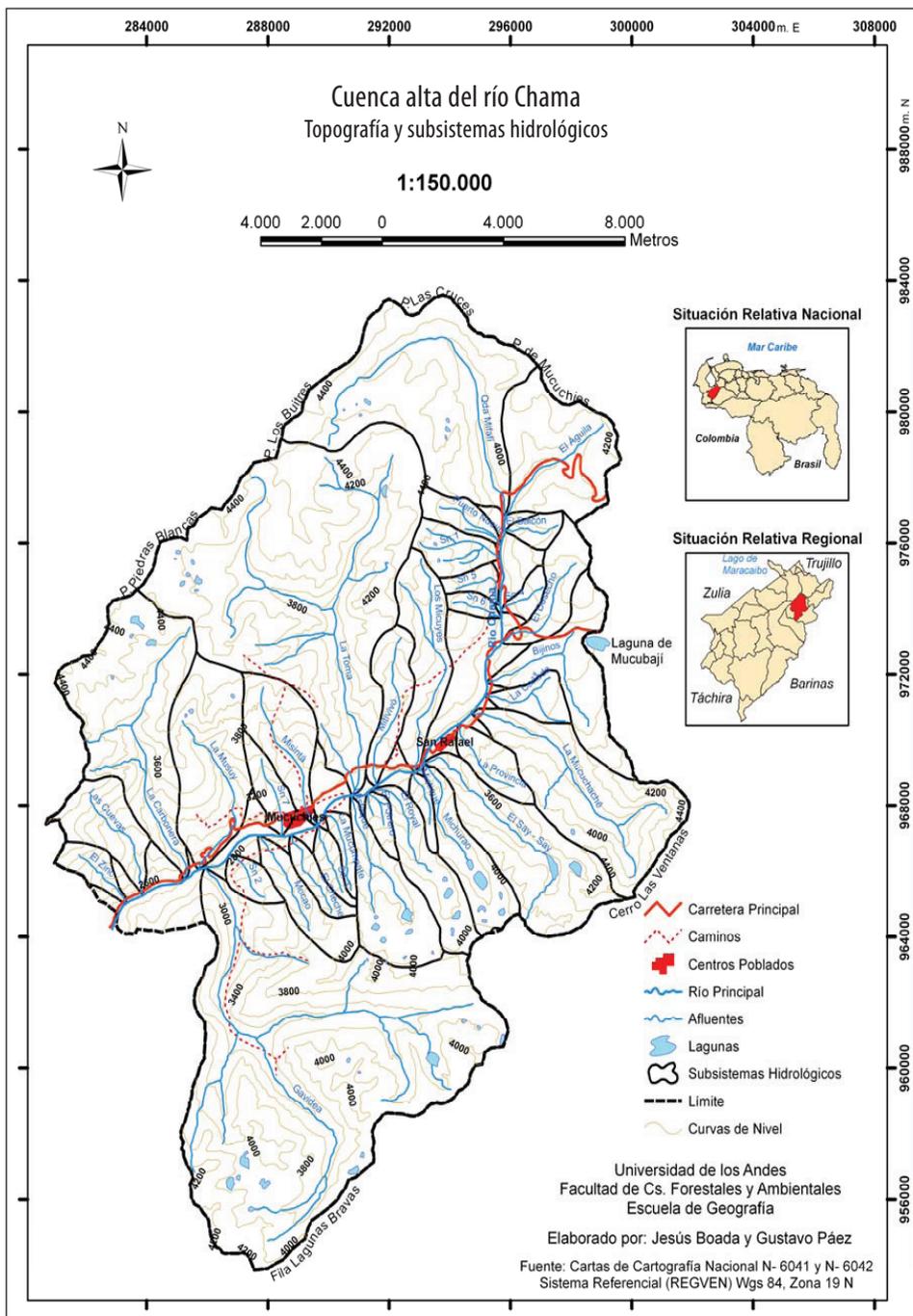


Figura 2. Topografía y subsistemas hidrológicos del área de estudio

Cuadro 1. Criterios, variables e indicadores de priorización considerados

Criterio de priorización	Variable de priorización	Indicador de priorización
Oferta neta de agua (ONA)	Volumen de agua producido	Caudal promedio mensual (CPM)
Demanda neta de agua (DNA)	Demanda de agua para riego	Índice de necesidad de riego actual
	Demanda de agua potable	Consumo promedio per cápita
	Demanda ecológica	Caudal ecológico
Condiciones ambientales (CA)	Intervención antropogénica	Nº de sistemas de riego por subcuenca
		Superficie bajo riego por subcuenca
	Riesgo de erosión	Coefficiente de Fournier
	Nivel de protección hidrogeo-ecológica	Índice de Protección Total
	Topografía	Pendiente media por subcuenca
	Drenaje superficial	Densidad de drenaje

Para efectos de la DNA se consideraron los usos: consumo humano, doméstico y riego, por ser aquellos que demandan el 75 % del agua que produce la cuenca alta del río Chama (Naranjo, 2002; Naranjo y Duque, 2004); también se consideró la demanda ecológica como elemento fundamental que permite la sostenibilidad del recurso hídrico en términos espaciales y temporales. Representa el 10% del caudal promedio mensual (Páez y Boada, 2006).

En cuanto a las condiciones ambientales (CA), se seleccionaron un conjunto de variables que condicionan e influyen directa e indirectamente en la relación oferta-demanda del recurso agua en una cuenca en términos de cantidad y calidad, a nivel espacial y temporal (Cuadro 1).

3.2 Evaluación de los indicadores de priorización

El *caudal promedio mensual (CPM)* se obtuvo a partir del método de transposición de la curva de distribución de cauda-

les mensuales (Naranjo, 2002; Naranjo y Duque, 2004), utilizando los registros obtenidos por el Ministerio de Ambiente en la estación hidrométrica del río Chama en Mucurubá; se evaluó un período de 6 años (1970 - 1975). Para estimar la precipitación media anual de la cuenca patrón o área de estudio, y de cada una de las 34 subcuencas, se empleó el método isoyético, el cual se adapta bien a zonas montañosas, como ocurre en este el caso.

El *índice de necesidad de riego* fue obtenido a partir de la ecuación de Necesidad de Riego de Grassi (1998), a partir de la cual se determinó el consumo promedio según superficie regada (CPSR).

Para el *consumo promedio de agua per cápita* se utilizó un módulo de consumo per cápita de 250 l/p/d (0,0028 l/s/p), por considerar que dicho valor se ajusta al contexto espacial en estudio (Naranjo y Duque, 2004). Éste fue multiplicado por la población de cada subcuenca para obtener el consumo promedio en cada subsistema.

El *caudal ecológico* se estimó siguiendo el criterio adoptado por el Ministerio de Ambiente (Añón y Mariño, 1987): el 10 % del caudal medio anual para garantizar las funciones esenciales que cumple el recurso hídrico a nivel de los ecosistemas.

Para analizar la *intervención antropogénica* se consideraron dos indicadores: a) el número de sistemas de riego por subcuenca (SRS) y, b) el total de superficie bajo riego por subcuenca (TSRSS). Para el primer indicador, se cuantificó el número de sistemas de riego presentes en cada subcuenca, mientras que el segundo se determinó por medio de una sumatoria simple de la superficie regada que posee cada subcuenca, de manera tal que estos dos elementos permitieran estimar el papel que juega el hombre como factor transformador del entorno.

El *riesgo de erosión* fue evaluado por medio del Coeficiente de Fournier (1960; citado por Varela, 1987). Este factor permitió analizar la relación entre la degradación de una cuenca, expresada como pérdida potencial de suelo en $m^3/km^2/año$, y la cantidad de lluvia caída en un año. Sin embargo, es pertinente acotar que la erosividad de la lluvia por sí sola no constituye un buen indicador del riesgo de erosión. En consecuencia, se debe mencionar que los valores de pendiente promedio, en términos generales, en el área de estudio son elevados (superan el 36 %), hecho que coadyuva a reforzar los resultados arrojados por el índice de Fournier.

La *cobertura vegetal* fue evaluada por medio del Índice de Protección Total

del Suelo por la Cobertura Vegetal (IPT), coeficiente que considera el grado de protección que brinda al suelo la vegetación. El IPT fluctúa entre 0 - 1, siendo 1 el valor asignado a suelos desprovistos de vegetación, mientras que el valor 0 significa que existe una buena cobertura vegetal (bosques densos).

Por último, la *densidad de drenaje* se determinó a través del mapa topográfico a escala 1:25.000.

3.3 Nivel de prioridad e importancia prioritaria total específica por subcuenca

Se definió una escala de medición a través de la cual se procedió a ponderar cada uno de los indicadores, utilizando como base las metodologías de Lomnický *et al.* (2002) y Guillén (2003). Esta escala estuvo comprendida por una serie de valores prefijados, los cuales se muestran en el cuadro 2.

Posteriormente, se obtuvo la sumatoria total del producto de la influencia individual de cada indicador (III), con el fin de conocer la importancia prioritaria total específica por subcuenca (IPTS). Esta información se vació en un cuadro individual de evaluación para cada subcuenca (Cuadro 4), para establecer una primera jerarquización de las subcuencas en importancia decreciente en cuanto al IPTS. El IPTS se refiere así a un valor que se obtuvo de la sumatoria simple del valor de prioridad individual de cada indicador (III), para la subcuenca que se esté analizando.

Cuadro 2. Valores para la ponderación de la importancia individual de los indicadores

Valor de prioridad	Nivel de prioridad
0	Ausencia
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Donde: (0) Ausencia: significa la no presencia o ausencia absoluta de una variable dentro de una subcuenca. (1) Nivel de prioridad bajo: se refiere a aquellas situaciones en las que el indicador presenta una escasa perturbación, ya sea de origen natural y/o antropogénica, en cuanto a la calidad y cantidad disponible del recurso agua. (2) Nivel de prioridad medio: se refiere a aquellas variables que presentan una perturbación moderada o intermedia. (3) Nivel de prioridad alto: la variable presenta un alto grado de perturbación que afecta de manera directa o indirecta la calidad y cantidad de agua disponible. Por lo tanto, un valor de tres (3) tiene una incidencia significativa en la importancia prioritaria total específica por subcuenca (IPTS). El cuadro 3 contiene los criterios utilizados para la ponderación en cada una de las variables evaluadas

3.4 Establecimiento de los grupos prioritarios de conservación

Una vez calculados los índices de importancia prioritaria total para las 34 subcuencas, se procedió a establecer grupos en cuanto al nivel de prioridad de cada subcuenca, a través de un análisis estadístico Cluster (Balzarani y Macchiavelli, 2006); esto se realizó con dos finalidades: 1) observar las similitudes o diferencias de las subcuencas de acuerdo con la dinámica geoespacial de las variables evaluadas, y 2) facilitar, eventualmente, el proceso de toma de decisiones en futuros planes de gestión u ordenación de los recursos hídricos en el área. Para la obtención de los grupos o regiones prioritarias se empleó el software StatGraphics Plus versión 5.1, el cual permitió realizar ensayos con los 7 modelos metodológicos estadísticos contenidos en dicho programa.

4. Resultados y discusión

El cuadro 5 contiene los valores determinados de los indicadores en cada una de las subcuencas consideradas. El cuadro 6a muestra las prioridades de conservación obtenidas según el valor de importancia prioritaria total (IPTS). El cuadro 6b, por su parte, muestra los grupos prioritarios obtenidos a partir del análisis Cluster. La figura 3 muestra la distribución espacial de los grupos prioritarios y niveles de prioridad en la cuenca.

Las subcuencas La Toma, La Musuy y Mifañ aparecen con el mayor valor de IPTS (20), debido a la influencia marcada de los indicadores: número de sistemas de riego por subcuenca (SRS), total de superficie regada por subcuenca (TSRS), consumo promedio de agua (CPA) de la población por subcuenca y consumo según superficie regada por subcuenca

Cuadro 3. Criterios establecidos para la ponderación de los indicadores

CAUDAL (l/s)	V.P.	N.P.
501 - 1000	1	Bajo
500 - 100	2	Medio
< 100	3	Alto

DENSIDAD DE DRENAJE (km/km ²)	V.P.	N.P.
3 - 1,6	1	Bajo
1,5 - 1	2	Medio
< 1	3	Alto

I.P.T.	V.P.	N.P.
< 0,10	1	Bajo
0,10 - 0,25	2	Medio
> 0,25	3	Alto

PENDIENTE	V.P.	N.P.
> 40	1	Bajo
40 - 20	2	Medio
< 20	3	Alto

DEM. POR Q.ECOL. (l/s)	V.P.	N.P.
< 0,10	1	Bajo
0,10 - 0,25	2	Medio
> 0,25	3	Alto

EROSIÓN (m ³ /km/año)	V.P.	N.P.
< 500	1	Bajo
500 - 1000	2	Medio
> 1000	3	Alto

INTER. ANTRÓPICA (Nº S. R.)	V.P.	N.P.
< 3	1	Bajo
3. - 5	2	Medio
> 5	3	Alto

INTER. ANTRÓPICA (has. Cult)	V.P.	N.P.
< 100	1	Bajo
100 - 250	2	Medio
> 250	3	Alto

DEM. POR AGUA POTABLE (l/p/s)	V.P.	N.P.
< 3	1	Bajo
3. - 5	2	Medio
> 5	3	Alto

DEM. POR RIEGO (l/s/has.)	V.P.	N.P.
< 100	1	Bajo
100 - 200	2	Medio
> 200	3	Alto

(CSRS), los cuales se calificaron con un nivel de prioridad alto (3).

Por su parte, las subunidades que obtuvieron valores del IPTS entre 19 y 17 fueron: Misintá, Misteque, Bijinos, Micuyes, El Royal, Say-Say, Mucuchaché, Michurao, Mitivivo, El Desecho y El Zinc. Estas subcuencas presentaron una valoración de moderada a alta en cuanto a los indicadores de la ONA (caudal medio mensual) y de la DNA (destacándose el CPA de la población por subcuenca y el caudal ecológico), con niveles de prioridad entre medio (2) y alto (3), lo que coadyuvó para que se encuentren re-

partidas entre el segundo y tercer grupo prioritario (Páez y Boada, 2006).

Las subunidades restantes arrojaron IPTS entre 16 y 11. El indicador de la ONA (caudal medio mensual), los indicadores ambientales y el caudal ecológico fueron los que ejercieron una mayor influencia al presentar niveles de prioridad alta (3). A pesar de ello, este conjunto de subcuencas no arrojaron valores de IPTS altos que les permitiera situarse entre las subunidades de mayor prioridad, debido a la ausencia casi total (0) de la acción antropogénica, puesto que en su mayoría son áreas poco intervenidas.

Cuadro 4. Ejemplo de evaluación de los indicadores en la subcuenca La Toma

SUBCUENCA: La Toma	Superficie (km²):	55,13
COORDENADAS UTM:	Pp. Media anual (mm):	651,58
Norte: 979593; 968233 m	Productividad Hídrica (L/s/km²):	10,41
Este: 293197; 284015 m	Vertiente:	Derecha
INDICADORES		
	VALOR	VP
Indicadores de la Oferta		NP
Caudal Medio Mensual (L/s)	573,60	1
Indicadores Ambientales		
Densidad de Drenaje (km de cauce/km ²)	1,81	1
Índice de Protección Total por la Vegetación al Suelo	0,23	2
Pendiente Media de la Cuenca (%)	37,10	2
Erosión Potencial del Suelo (m ³ /km ² /año)	44,1	1
Intervención Antrópica		
- N° de Sistemas de Riego por Subcuenca	10	3
- Total de Superficie Regada por Subcuenca (ha)	454	3
Indicadores de la Demanda		
Demanda de Agua Potable (L/s/subcuenca)		
- Consumo Promedio de la Población por Subcuenca	5,01	3
Demanda de Agua para Riego (L/s/ha Regadas)		
- Consumo según Superficie Regada por Subcuenca	272	3
Demanda por Caudal Ecológico por Subcuenca (L/s)	57,40	1
Importancia Prioritaria Total para la Subcuenca (IPTS)		20

VP: Valor de Prioridad NP: Nivel de Prioridad

Subcuencas	Area (km ²)	Precipitación (mm/año)	I.P.T.	Pendiente (%)	C. Fournier m ³ /km ² /año	Densidad de Cauces (km/km ²)	Caudal (l/s)	Caudal Ecol. (l/s)	Dem. de Agua de la Población Total por Subcuenca en (l/s)	Nº de Sist. De Riego por Subcuenca	Superficie Regada por Subcuenca (ha.)	Dem. de Agua según la Superficie Regada (l/s)
Cerdita	69.38	679.8	0.13	42.1	563.0	1.55	980.8	98.1	1.58	3	221	132.6
La Tona	55.13	651.6	0.23	37.1	44.1	1.81	573.6	57.4	5.01	10	454	272.4
Mirafí	28.25	726.1	0.23	29.2	1232.4	1.50	314.5	31.4	2.45	2	180	108.0
La Carbonera	21.13	800.0	0.18	39.9	10.0	2.21	259.7	26.0	0.55	0	0	0.0
Mouchaché	16.13	789.3	0.15	49.4	974.0	2.85	213.0	21.3	0.83	2	184	110.4
Say-Say	13.25	754.7	0.14	43.8	8.0	2.06	162.2	16.2	8.74	2	68	40.8
El Aguila	12.63	826.6	0.22	27.3	976.5	1.84	163.1	16.3	0.00	0	0	0.0
La Musay	12.55	689.6	0.27	48.6	35.3	2.13	127.0	12.7	7.57	4	351	210.6
La Bijnos	9.75	755.9	0.19	16.6	1029.4	2.23	121.2	12.1	0.03	2	61	36.6
Mistique	8.50	696.3	0.12	28.1	10.2	1.47	95.7	9.6	0.00	2	180	114.0
Los Mcluyes	6.25	678.8	0.28	34.1	36.0	1.90	60.7	6.1	0.08	1	54	32.4
Mismitá	6.50	595.8	0.25	38.0	185.3	2.23	59.5	6.0	7.49	1	140	84.0
Las Cuevas	6.50	810.9	0.31	33.4	663.0	1.77	78.8	7.9	0.24	0	0	0.0
El Royal	6.13	704.2	0.13	30.5	34.0	1.18	66.0	6.6	0.72	1	68	40.8
Milivo	5.63	606.5	0.40	27.4	1.69	1.69	49.7	5.0	0.38	1	0	0.0
Mchurao	5.13	711.5	0.14	38.4	33.5	1.27	57.7	5.8	0.00	0	0	0.0
El Desecho	4.75	767.1	0.24	25.1	974.6	2.16	59.5	5.9	0.00	1	30	18.0
El Zinc	2.25	803.3	0.46	59.0	694.7	1.00	26.7	2.7	0.02	1	15	9.0
El Oreche	1.75	622.2	0.13	46.9	90.0	2.14	18.1	1.8	0.00	0	0	0.0
Morao	4.30	658.8	0.17	37.2	42.5	0.82	46.5	4.7	0.02	1	0	0.0
La Provincia	2.50	790.0	0.18	36.0	9.0	1.00	26.3	2.6	0.00	0	0	0.0
La Cañada	2.50	730.0	0.14	16.0	1059.0	1.60	28.2	2.8	0.00	0	0	0.0
Puerto Nuevo	2.38	834.2	0.12	33.6	973.5	1.74	27.7	2.8	0.00	0	0	0.0
La Mucumpate	1.50	616.7	0.15	46.7	91.7	1.83	14.2	1.4	0.00	0	0	0.0
Mistique	1.25	650.0	0.13	32.0	47.0	1.44	12.6	1.3	0.00	0	0	0.0
El Polviero	1.00	625.0	0.12	50.0	88.2	2.10	9.1	0.9	0.00	0	0	0.0
El Babón	1.25	850.0	0.20	36.0	970.5	1.60	15.8	1.6	0.00	0	0	0.0
SN1	3.25	755.7	0.15	33.8	1088.2	1.92	37.9	3.8	0.00	0	0	0.0
SN2	1.50	650.0	0.43	40.0	44.0	1.17	15.2	1.5	0.00	0	0	0.0
SN3	1.38	613.6	0.17	50.7	94.1	1.74	13.5	1.4	0.00	0	0	0.0
SN4	1.00	750.0	0.29	20.0	1044.0	1.50	11.7	1.2	0.00	0	0	0.0
SN5	1.25	750.0	0.29	36.0	1106.0	1.68	13.6	1.4	0.00	0	0	0.0
SN6	1.50	750.0	0.32	30.0	1106.0	1.00	15.2	1.5	0.00	0	0	0.0
SN7	2.75	566.4	0.44	32.7	182.4	0.81	23.9	2.4	0.00	0	0	0.0

Cuadro 5. Valores estimados de los indicadores para cada subcuenca

Cuadro 6. a) Prioridades de conservación según valor de importancia prioritaria total de cada subcuenca (IPTS). b) Grupos prioritarios de subcuencas obtenidos mediante el análisis Cluster

6a		6b	
SUBCUENCAS	IPTS	GRUPO	SUBCUENCAS IPTS
La Toma	20	1	La Toma 20
La Musuy	20	2	La Musuy 20
Mifafi	20		Mifafi 20
Misintá	19		Misintá 19
Misteque	18		Misteque 18
Bijinos	18		Bijinos 18
Micuyes	17		Micuyes 17
El Royal	17		El Royal 17
Say Say	17	Say Say 17	
Mucuchaché	17	3	Mucuchaché 17
Michurao	17		Michurao 17
Mitivivo	17		Mitivivo 17
El Desecho	17		El Desecho 17
El Zinc	17		El Zinc 17
Sn 6	16	Sn 6 16	
La Gavidia	16	La Mocoa 16	
La Mocoa	16	4	La Gavidia 16
Sn 4	15	5	Sn 4 16
La Cañada	15		La Cañada 15
Sn 5	15		Sn 5 15
Sn 7	15		Sn 7 15
Las Cuevas	15		Las Cuevas 15
Sn 2	14		Sn 2 14
Sn 1	14		Sn 1 14
La Provincia	14		La Provincia 14
La Mistique	13		La Mistique 13
Puerto Nuevo	13		Puerto Nuevo 13
El Balcón	13		El Balcón 13
El Águila	12		El Águila 12
Sn 3	12		Sn 3 12
El Cheche	12	El Cheche 12	
La Carbonera	11	La Carbonera 11	
El Potrero	11	El Potrero 11	
La Mucumpate	11	La Mucumpate 11	

4.1 Grupos prioritarios de conservación

El primer grupo prioritario está conformado por la subcuenca *La Toma* (Cuadro 6b), (Figura 3). Este resultado coincide con Morales (1974), quien concluyó que esta subcuenca tendría prioridad 1 para

la ejecución de planes conservacionistas, debido a la marcada influencia de ciertos parámetros biofísicos, socioeconómicos y principalmente antropogénicos (presencia en vertientes y fondo de valle de centros poblados y de población dispersa, natalidad, mortalidad, densidad demográfica entre otras).

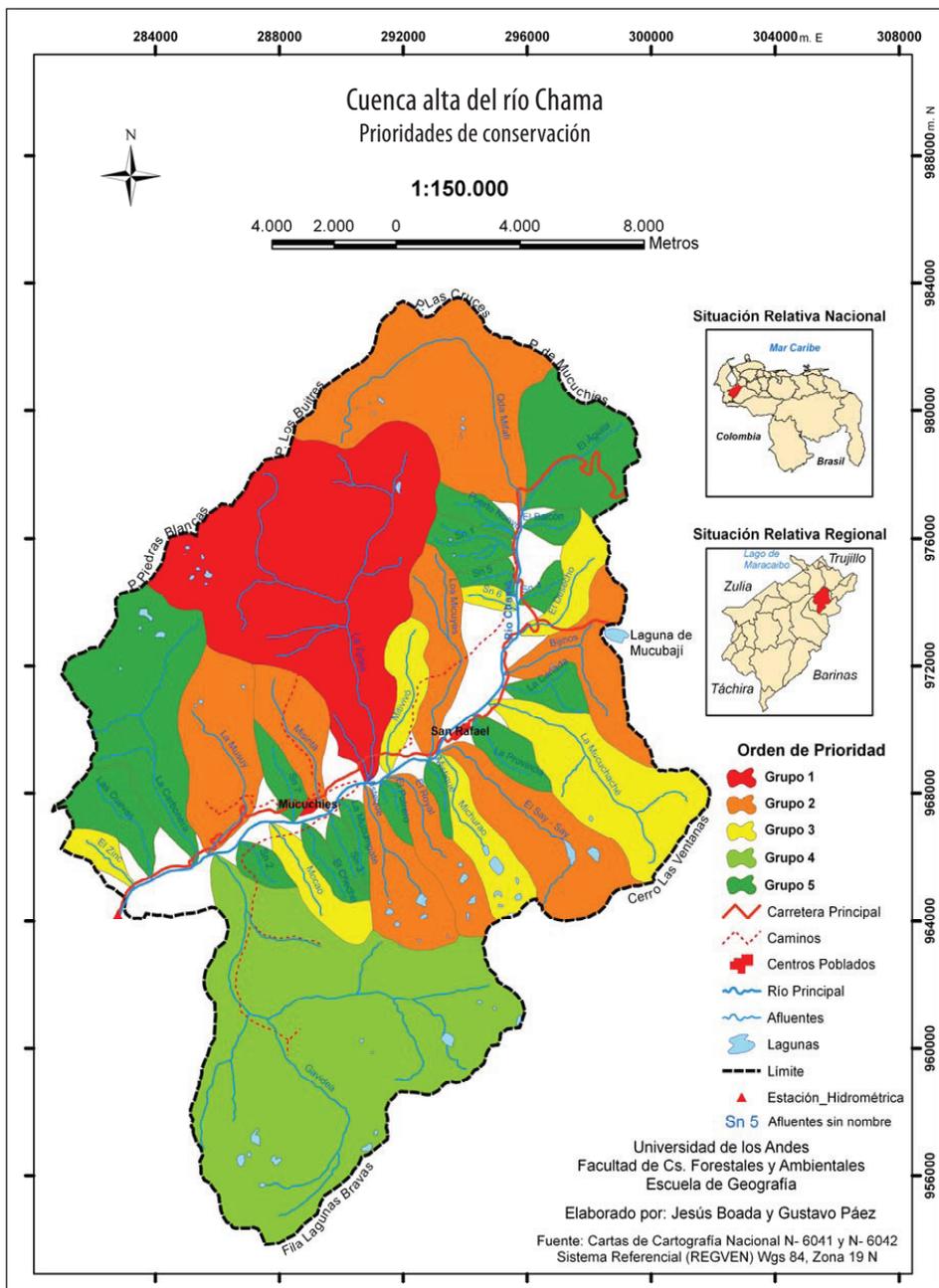


Figura 3. Grupos prioritarios de subcuencas para la conservación del recurso agua

Esta área resultó ser la de mayor prioridad para la implementación de políticas orientadas a la gestión y conservación del recurso agua, a pesar de ser la segunda mayor productora del recurso (573,6 L/s). Esto obedece a que es también la subcuenca que posee el mayor valor de SRS (10), además de exportar agua para un sistema de riego de 140 ha en la subcuenca La Misintá. En consecuencia, el valor de TSRS es de 454, los cuales tienen un CSRS de 272,40 L/s.

Adicionalmente, esta subcuenca abastece de agua potable a una población de 1790 habitantes, los cuales demandan en total un CPA de 5,01 L/s, lo que ocasiona que entre los meses de diciembre a abril (período de sequía en el área), la DNA supera a la ONA, ocasionando así conflictos en el uso del recurso hídrico. Ello coincide con los resultados de Naranjo y Duque (2004), para quienes esta subcuenca presenta un déficit hídrico estacional.

La Toma es la subcuenca, de las 34 estudiadas, que posee uno de los promedios más bajos de precipitación media anual (651,8 mm), (Cuadro 5), como consecuencia de su localización dentro de un centro de baja precipitación que condiciona la aparición de un bolsón seco de altura en Mucuchíes y sus alrededores. Ello condiciona la ONA en esta unidad (Páez y Boada, 2006).

En esta subcuenca existen 1181 ha cultivadas que no se encuentran bajo riego que representan un 21,4 % de su superficie total (Naranjo y Duque, 2004). Si adicionamos las hectáreas bajo riego, se tiene que más del 30 % de la superficie total de esta subcuenca (55,13 km²),

se encuentra bajo la actividad agrícola, justificando aún más el nivel de alta prioridad para la implementación de planes conservacionistas.

Además, la subcuenca *La Toma* se localiza en la vertiente de solana, lo que implica que esta ladera es menos húmeda y, por ende, la cobertura vegetal es menos densa y desarrollada; no obstante, el índice de protección total IPT (0,23), (Cuadro 5), determina un grado de protección en la categoría de 'buen estado de conservación'. Por ende, los valores de erosión potencial están en la clasificación de erosión geológica normal (44,10 m³/km²/año).

El segundo grupo prioritario está integrado por las subcuencas *La Musuy, Mifafí, Misintá Misteque, Bijinos, Los Micuyes, El Royal y Say-Say* (Cuadro 6b), (Figura 3), con una superficie de 91,18 km², que se corresponden, aproximadamente, con el 27 % de la superficie total. Este conjunto de subcuencas albergan una población de casi 10.000 habitantes, lo cual tiene notables implicaciones en la demanda doméstica, y con un CPA de 27,08 L/s. Poseen en total 17 sistemas de riego que abarcan 1112 ha regadas que demandan un valor de CSRS de 667,2 L/s. En total tienen más de 2500 ha cultivadas sin aplicación de riego (Naranjo y Duque, 2004). Todas estas subcuencas, en general, producen 1004 L/s, de los cuales 104 L/s se corresponden al caudal ecológico.

Por ser áreas intensamente cultivadas destinadas a la horticultura de piso alto, demandan cantidades significativas de agua, con el agravante de que en ellas se

asienta más del 80 % de la población que reside en el área de estudio, quedando así comprometido casi todo el volumen de agua producida con los usos actuales (Páez y Boada, 2006).

El promedio de la precipitación media anual para toda esta área es de 700 mm, siendo un valor bajo, debido a que gran parte de esta zona está influenciada por el centro de baja precipitación que se genera en Mucuchíes y sus alrededores; esto condiciona la ONA en esta área que exige volúmenes de agua, principalmente para riego y consumo humano.

Con respecto al IPT, las subcuencas *Bijinos*, *Say - Say*, *El Royal* y *Misteque* presentan valores que van desde 0,12 a 0,19, indicando un 'muy buen estado de conservación', con la erosión geológica normal ($< 100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$), (Cuadro 5); sin embargo, en la subcuenca *La Bijinos* se obtuvo una erosión moderada, lo que puede asociarse con el hecho de que, de las 4 subcuencas, ésta es la que presenta el mes con mayor promedio de precipitación (junio, con 148,60 mm).

Las subcuencas *Los Micuyes*, *Misintá*, *Mifafi* y *La Musuy* muestran valores de IPT entre 0,23 a 0,40 (Cuadro 5), indicando que el área oscila entre un 'buen estado de conservación' y 'mediana protección'. Todas estas unidades se localizan en la vertiente de solana, por lo que la insolación durante el año es mucho mayor, hecho que incrementa la evapotranspiración y, por ende, la vegetación tiende a ser menos frondosa. Por lo tanto, estos resultados indican que estas subcuencas reflejan un estado de moderada protección (Nivel de prioridad 2).

El tercer grupo prioritario está conformado por las subcuencas *Mucuchaché*, *Michurao*, *Mitivivo*, *El Desecho*, *El Zinc*, *Sn 6* y *Mocao* (Cuadro 6b), (Figura 3). Estas 7 subcuencas abarcan solo 34,9 km², representando por tanto solo el 10 % de la superficie total.

La población asentada en las mismas es pequeña (445 habitantes) y se encuentra dispersa, con un CPA de sólo 1,25 L/s. No obstante, existen 6 sistemas de riego con 379 ha regadas que demandan un CPSRS de 227,4 L/s para una producción de agua en conjunto de 406 L/s. A pesar de la presencia de los requerimientos hídricos de los sistemas de riego, de la población residente y del caudal ecológico, se consume el 66 % de la ONA, permaneciendo disponible el restante 34 % de la misma durante todo el año; esto es, un relativo superávit hídrico.

El IPT muestra que las subcuencas *Mucuchaché*, *El Desecho*, *Michurao*, *Mocao* y *Sn 6* se encuentran bajo una condición de 'muy buen' a 'buen estado de conservación' (Cuadro 5), localizándose éstas en la vertiente de umbría. En el caso particular de la subcuenca *El Zinc*, el valor de IPT es el más elevado de toda el área de estudio (muy próximo a 0,50), (Cuadro 5).

El cuarto grupo prioritario está conformado sólo por la subcuenca *La Gavidia* (Cuadro 6b), (Figura 3), y permite observar un caso muy particular dentro del área de estudio. Esta subcuenca es la que posee la mayor superficie (69,38 km²), (21 % de la superficie total del área), el mayor promedio de precipitación media anual (875,77 mm), siendo

además la única subunidad cuya superficie se encuentra protegida bajo la figura legal de Parque Nacional. Como consecuencia de ello, esta subcuenca mantiene un nivel de producción de agua (ONA) casi constante; es decir, las cantidades de agua que produce no se ven disminuidas, presentando también el caudal más elevado, lo que se traduce en la oferta más alta de toda la cuenca alta del río Chama (980,83 L/s).

Desde el punto de vista de la intervención antropogénica, esta área alberga a 564 habitantes que consumen en conjunto un CPA de 1,58 L/s; de ella se extrae agua para 3 sistemas de riego que se encuentran dentro de la misma (71 ha regadas); además, se exporta agua para la subcuenca *La Mocoa* (150 ha regadas), demandando estos 4 sistemas de riego un CPSR de 132,6 L/s.

La DNA para *La Gavidia*, incluyendo la exportación de agua hacia *La Mocoa*, es de 232,18 L/s (23,6 % de la ONA), quedando disponible durante todo el año el restante 76,4 % que equivale a 749 L/s. El bajo nivel de intervención de esta subcuenca obedece a sus condiciones topográficas, pues la pendiente allí oscila entre 40 y 60%. Su fondo de valle es estrecho, encajonado y en forma de 'v', lo que no ha permitido que se desarrollen formas sedimentarias que incentiven y faciliten la intervención antropogénica.

Sin embargo, a pesar de las restricciones topográficas, su condición hídrica admite calificarla como un área con un gran potencial a ser aprovechado a corto, mediano o largo plazo para satisfacer la demanda de agua para riego y para con-

sumo humano; ello siempre y cuando se respete el 10 % de su caudal medio (caudal ecológico). Otro uso potencial que posee la subcuenca *La Gavidia* es la generación de hidroelectricidad (De León, s/f; citado por Naranjo y Duque, 2004).

Por su parte, el IPT de 0,13 (Cuadro 5), la califica como una cuenca con un 'muy buen estado de conservación', justificado por su régimen de precipitación moderada, por las condiciones topográficas y por situarse en vertiente de umbría.

El quinto y último grupo prioritario está constituido por las siguientes subcuencas: *El Cheche*, *Las Cuevas*, *La Provincia*, *La Cañada*, *El Balcón*, *La Carbonera*, *Puerto Nuevo*, *El Potrero*, *El Águila*, *La Mucumpate*, y 7 subcuencas sin nombre (*Sn 1 - 7*) (Cuadro 6b), (Figura 3). Ocupan en conjunto 62,8 km², siendo la mayoría de estas subcuencas torrentes o pequeñas quebradas de régimen estacional; *El Águila*, *La Carbonera* y *Las Cuevas* son las únicas de este grupo que poseen un caudal permanente; el resto de subsistemas son pequeñas unidades hidrológicas que no superan los 5 km² de superficie.

Las subcuencas *Las Cuevas* y *La Carbonera* satisfacen las necesidades de agua potable de 87 y 197 habitantes respectivamente, con un CPA de 0,79 L/s; en cuanto a los sistemas de riego, existe una ausencia total de los mismos en este grupo, lo que disminuye aún más el grado de intervención.

En cuanto al IPT, las subcuencas SN2 y SN7 son las que muestran los valores más altos, con 0,43 y 0,44, respectivamente (Cuadro 5); ello indica que son unidades

medianamente protegidas, mientras las otras subcuencas se encuentran en 'muy buen' y 'buen estado de conservación', respectivamente. Es importante acotar que aunque estas áreas no se encuentren significativamente intervenidas, se constituyen como sistemas fluviales menores muy frágiles ante una intervención antropogénica futura por parte del hombre, principalmente por ser afluentes intermitentes, y por sus altas pendientes que sugieren un elevado potencial erosivo.

5. Conclusiones

La metodología implementada en el presente trabajo de investigación permitió alcanzar los objetivos planteados y definir con suficiente nivel de precisión, las prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama. Los resultados reflejan la realidad de esta importante cuenca, facilitando así la toma de decisiones a la hora de implementar planes de gestión y conservación del recurso agua por parte de los organismos competentes, planes que deberían ser proyectados considerando los resultados de esta investigación.

El índice de importancia prioritaria total específica (IPTS) permitió conocer el nivel de prioridad de cada subcuenca, en relación con la condición del recurso agua en términos de oferta neta (ONA) y demanda neta (DNA). Los indicadores que ejercieron una mayor influencia en el establecimiento final de la priorización y de los grupos prioritarios de subcuencas

fueron, en primer lugar, los de carácter antropogénico, entre los cuales se destacan: número de sistemas de riego por subcuenca (SRS) y total de superficie regada por subcuenca (TSRSS), el consumo de agua promedio de la población por subcuenca (CPA) y consumo según superficie regada por subcuenca (CPSR).

Siendo estos los indicadores más significativos, la gestión conservacionista del recurso agua en las cuencas definidas como prioritarias, deberá estar enfocada hacia la gestión de la demanda del recurso, particularmente en el control y optimización de la demanda para riego, actividad que es esencialmente la mayor consumidora de agua en la cuenca alta del río Chama.

Las características ambientales del área, específicamente la topografía, la dinámica geológica, las condiciones climáticas y la cobertura vegetal, condicionan significativamente la oferta de agua en el área de estudio. Ello implica que los programas de gestión y conservación del recurso agua, deben promover la investigación sobre las condiciones ambientales a nivel de las subcuencas definidas como prioritarias para la conservación del recurso.

6. Agradecimientos

Esta investigación se desarrolló con el apoyo del CDCHT - ULA (Proyecto FO-593-05-01-F). Agradecemos su valiosa contribución, la cual fue fundamental para la culminación de este trabajo.

7. Referencias citadas

- AÑÓN, D. y D. MARIÑO. 1987. *Caracterización físico - geográfica de algunas cuencas y su relación con la producción de escorrentía superficial y sedimentos*. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Mérida-Venezuela.
- BALZARANI, M y R. MACCHIAVELLI. 2006. *Aplicaciones de análisis multivariado en agricultura y forestería*. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Tesis de Maestría.
- BROOKS, K & K. ECKMAN. 2000. *Global perspective of Watershed Management*. **USDA Forest Service Proceedings**, RMRS. P 13: 11-20.
- DAWEI, H. & Ch. JINGSHEN. 2001. *Issues, perspectives and needs for integrated watershed management in China*. **Environmental Conservation**. 28(4): 368-377.
- DIAMOND, D.; TRUE, D.; GORDON, T.; SOWA, Sc.; FOSTER, W. & B. JONES. 2005. *Influence of Targets and Assessment Region Size on Perceived Conservation Priorities*. **Environmental Management**, 35 (2): 130-137.
- FLOREZ, N. y G. MANZANILLA. 1999. *Análisis de la problemática originada por las crecidas del río Chama en la parte alta de la cuenca*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 135 p. (Inédito).
- GASCÓ, G.; HERMOSILLA, D.; GASCÓ, A. & J. NAREDO. 2005. *Application of a Physical Input-Output Table to evaluate the development and sustainability of continental water resources in Spain*. **Environmental Management**, 36 (1): 59-72.
- GRASSI, C. 1998. *Fundamentos de riego*. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Ambiente y Territorio (CIDIAT). Mérida-Venezuela.
- GUILLEN, Y. 2003. *Actualización del inventario nacional y jerarquización de cuencas hidrográficas*. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Informe Final de Pasantía.
- LA MARCA, E. y P. ORIANO. 2004. **Reptiles de los Andes de Venezuela**. Fundación Polar. Conservación Internacional, CODEPRE-ULA, FUNDACITE, BIOGEOS. Mérida-Venezuela.
- LOMNIKY, G; BARKER, J & S. BRYCE. 2002. *A Mail Survey Approach to Watershed Condition Assessment*. **Journal of Soil and Water Conservation**, Vol. 57 N° 1.
- MORALES, I. 1974. *Establecimiento de prioridades de las subcuencas del alto Chama*. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Recursos Naturales Renovables. División de Suelos y Aguas. Oficina de Planificación y Manejo de Cuencas. Mérida - Venezuela.
- NARANJO, M. 2002. *Valoración económica del agua en cuencas altas aplicando el Método DELPHI. Estudio de caso: cuenca alta del río Chama*. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Mérida -Venezuela.
- NARANJO, M. y R. DUQUE. 2004. *Estimación de la oferta de agua superficial y conflictos de uso en la cuenca alta del río Chama, Mérida, Venezuela*. **Revista INTERCIENCIA**. Vol. 29 N° 3. Mérida - Venezuela.
- PÁEZ, G. y J. BOADA. 2006. *Prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, municipio Rangel, estado Mérida*. Escuela de Geografía. Universi-

- dad de Los Andes. Mérida - Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 227 p. (Inédito).
- RUIZ, Y. y V. SANCHEZ. 1991. *Estudio integral con fines conservacionistas. Cuenca alta del río Chama (Estado Mérida)*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 206 p. (Inédito).
- SHARADA, D.; KUMAR, M.; VENKATARATNAM, L. & T. MALLESWAR. 1993. *Watershed Prioritisation for soil conservation. A GIS Approach*. **Geocarto International**. (1): 27 - 34.
- SILVA, G. 1999. *Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama*. **Revista Geográfica Venezolana**. 40(1): 9-42.
- THAPA, G. 2001. *Changing approaches to mountain watersheds management in mainland south and southeast Asia*. **Environmental Management**, 27 (5): 667-679.
- VARELA, A. 1987. *Aproximación de un Índice Aditivo para Caracterización de Erosión, Área de San Juan de Lagunillas*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 67 p. (Inédito).
- WAGNER, W.; GAWEL, J.; FURUMAI, H.; PEREIRA, M.; TEIXEIRA, D.; RIOS, L.; OHGAKI, Sh.; ZEHNDER, A. & H. HEMOND. 2002. *Sustainable Watershed Management: An international multi-watershed case study*. **AMBIO**, 31 (1): 2-12.