

Evaluación ambiental, agrícola y forestal de tierras de la cuenca alta del río Guárico, Venezuela¹

Land evaluation for environmental, agricultural and forest purposes at the upper watershed of the Guárico River, Venezuela

Diego Machado (diegomachado@cantv.net), **María Corina Pineda**, **Jesús Viloría**, **Eduardo Casanova** (✉) y **Jonathan Ochoa**.

Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia, Proyecto Iniciativa Científica del Milenio, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Apdo. 4579. Estado Aragua.

RESUMEN

Numerosas cuencas hidrográficas del planeta, se encuentran en proceso de deterioro, dado la creciente demanda de recursos naturales y la ocurrencia de fenómenos naturales. Las cuencas venezolanas no escapan de este problema,

ABSTRACT

Numerous hydrographic watersheds on the planet are submitted to degradation processes due to the growing demand of natural resources and the occurrence of natural phenomena. The Venezuelan watersheds do not escape from this problem,

¹ Recibido: 18-07-09 ; Aceptado: 03-03-10

sobre todo aquellas ubicadas en zonas montañosas y con alta presión de uso, como la cuenca alta del Río Guárico, objeto de este estudio. A fin de minimizar los daños ambientales y lograr un desarrollo sostenible de esta cuenca se desarrolló una propuesta metodológica de evaluación automatizada de tierras, con base en las directrices de la FAO. Este esquema contempla el análisis de cualidades ambientales (biodiversidad, producción de agua, balance morfodinámico, cobertura vegetal) para la selección de áreas de preservación y rehabilitación, que garanticen la conservación de la cuenca como fuente de producción de agua. Asimismo, se incluye una evaluación de la aptitud de la tierra, para usos agrícolas, pecuarios y forestales, con el objeto de generar directrices técnicas para la planificación y seguimiento del uso de la tierra. Como resultado, más del 80 % de la cuenca ha sido evaluada como de alta a muy alta prioridad de preservación, debido a su fuerte grado de deterioro, reflejado en severos niveles de erosión y producción de sedimentos. Este deterioro está asociado a la difusión de la ganadería extensiva como tipo de uso de la tierra predominante, por lo cual se requiere la implantación de medidas urgentes que garanticen la conservación y recuperación de estas áreas, así como la introducción de usos de la tierra conservacionistas.

Palabras Clave: evaluación de tierras, cuenca hidrográfica, producción sostenible de agua, sistemas de información geográfica.

particularly those on mountainous zones and with high use pressure, as the upper watershed of the Guárico River, which is the object of this study. A methodological proposal for automated land evaluation based on the FAO guidelines is developed in this work, to minimize the environmental damages and to achieve a sustainable development of this watershed. The proposed scheme contemplates the analysis of environmental qualities (biodiversity, water production, morphodynamic balance, plant coverage) to select areas for preservation and rehabilitation, to ensure the conservation of the watershed as a source of water production. Besides, it includes the evaluation of the land aptitude for agriculture, livestock and forestry, in order to generate socio-economic and technical guidelines for planning and monitoring the land use. As a result, over 80% of the watershed has been evaluated as of high to very high priority for preservation due to its severe degree of degradation, reflected in prominent levels of erosion and sediment yield. This land degradation is associated to the spread of cattle ranching as the predominant land use type. Therefore, it is required the introduction of urgent measures for the conservation and recovery of these areas and the introduction of more conservationist types of land use.

Key Words: *land evaluation*, watersheds, sustainable water production, geographic information systems.

INTRODUCCIÓN

Dado el incremento progresivo de la población, la creciente demanda de los recursos naturales, el mal uso de los recursos y la ocurrencia de fenómenos naturales, muchas cuencas hidrográficas del planeta se encuentran en proceso de deterioro. Las cuencas venezolanas no escapan de esta problemática, sobre todo aquellas que están ubicadas en zonas montañosas con alta presión de uso; como lo es la cuenca alta del Río Guárico, objeto de estudio en este trabajo. Esta es una cuenca estratégica para el desarrollo del país (Casanova y Vilorio, 2004), dado que entre sus principales características y funciones destacan: a) es una fuente importante de agua para uso humano y agrícola, ya que a través del embalse de Camatagua satisface más del 60% de la demanda de agua para consumo humano de Caracas y sus alrededores así como de los centros poblados del Sur de Aragua y Miranda; b) es objeto de una creciente demanda de uso de la tierra, en efecto, según cifras del censo del 2000, la cuenca sirve de residencia a más de 230.000 habitantes; c) es asiento de una actividad agrícola y pecuaria en franco crecimiento; d) la cuenca también es objeto de actividad turística y de explotación minera; e) gran parte de la cuenca está sometida a intensos procesos de erosión y degradación del suelo como consecuencia de elevadas pendientes y disminución de la cobertura vegetal; f) menos del 20 % de la cuenca, se encuentra protegida por ABRAES g) su extensión geográfica forma parte de la jurisdicción de cuatro entidades diferentes de la división político-territorial de Venezuela: los estados Aragua, Miranda, Guárico y Carabobo.

Como consecuencia de las características y funciones antes descritas, se han incrementado los riesgos de deterioro de la cuenca, lo que ocasiona efectos adversos, en la cantidad y calidad del agua producida por la cuenca y en la vida útil y operación del embalse, por ser receptor de sedimentos provenientes

de los efectos erosivos.

A fin de minimizar los daños ambientales y lograr un desarrollo sostenible de la Cuenca Alta del Río Guárico, se hace necesario la caracterización, evaluación y planificación sistemática e integral de los recursos de la cuenca, con apoyo en herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El uso de SIG en combinación con otras herramientas, tales como la metodología de evaluación de tierras, permite el uso de información geográfica estructurada, lo cual facilita el procesamiento, análisis y evaluación, a partir de datos almacenados en forma digital (Jaimes *et al.*, 2005). Esta combinación de herramientas es vital, cuando la finalidad es realizar un estudio integrado de la tierra o desarrollar una metodología de análisis global que permita generar escenarios que reflejen la problemática del área de estudio. El análisis integral es el resultado de equipos de trabajo multidisciplinarios, los cuales además de incorporar información del medio físico, incorporan información socio-económica; lo cual permite no solamente realizar un diagnóstico completo de las condiciones naturales, sino también identificar las causas de su deterioro y elaborar pronósticos más reales sobre su evolución. A su vez, la integración de la información permite la contextualización espacial del fenómeno estudiado, abriendo así la posibilidad para la construcción de modelos y simulaciones hidrológicas, constituyéndose en un soporte para la toma de decisiones (Morad y Triviño, 2001)

En países tropicales la carencia de información básica representa frecuentemente un obstáculo al establecimiento de un proceso efectivo de planificación y gestión ambiental (Mejía y Vera, 2000). Algunos autores han utilizado la clasificación sistemática del paisaje (Elizalde, 1983) y el modelo pedogeomorfológico (Elizalde y Jaimes, 1989) como herramientas para suplir esa deficiencia de información, con fines de planificación ambiental (Mejía y Vera, 2000) y evaluación de tierras para la captación de agua (Rivas *et al.*, 2005). En este estudio también se utilizan los resultados de una clasificación sistemática del paisaje y de un modelo geomorfológico como base para una evaluación ambiental de la cuenca y, posteriormente, se incluyen datos de atributos socioeconómicos relacionados con los tipos de utilización de la tierra con la finalidad de realizar una evaluación agrícola.

En este sentido, el presente trabajo plantea un esquema de evaluación de tierras que comprende dos fases consecutivas. Primero, una evaluación ambiental que toma en cuenta los factores biodiversidad, producción de agua, balance morfodinámico y cobertura vegetal, para definir áreas con prioridad de preservación y rehabilitación, con el fin de garantizar la conservación de la cuenca como fuente de producción de agua. Segundo, una evaluación de la aptitud para usos agrícolas en aquellas áreas con posibilidades de uso. La información producida constituye la materia prima para la generación de planes de ordenación territorial y manejo integrado de cuencas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El esquema de evaluación integral de cuencas, toma como base las directrices de la FAO, de evaluación de tierras agrícolas (FAO, 1985; FAO, 1990; FAO, DGIS, Secretaria Pro Tempore, 1998) a la cual se le agregan cualidades de orden ambiental. Esta metodología, adaptada para la cuenca alta del Río Guárico (Figura 1), contempla los siguientes pasos: definición de objetivos, caracterización físico natural y socioeconómica, evaluación ambiental de tierras, evaluación agrícola y forestal de tierras y planificación y ordenación territorial.

En el presente trabajo se describen básicamente los aspectos metodológicos relacionados con la Evaluación Ambiental, automatizada de la cuenca alta del Río Guárico. En este sentido, se tomó como punto de partida, el esquema de evaluación integral de cuencas con fines de producción sostenible de agua (Comerma y Machado, 2001; Machado y Comerma, 2002), aplicado en la Cuenca del Caroní (EDELCA, 2003). Este esquema metodológico consta de tres fases: en la primera fase, se contempla el análisis de los aspectos relativos a la fragilidad ambiental (Comerma *et al.*, 2005) que considera las cualidades de biodiversidad, endemismo, resiliencia y balance morfodinámico. En la segunda fase se agregan al análisis la producción sostenible de agua la cual resulta de la interacción entre las cualidades producción de agua (Machado *et al.*, 2005), calidad de agua y degradación de suelos. Finalmente, en la tercera fase se incluyen los niveles de erosión actual. Las tres fases en conjunto permiten definir las áreas con prioridad de preservación o rehabilitación y las áreas con posibilidades de uso (o combinaciones de ellas) (Figura 2).

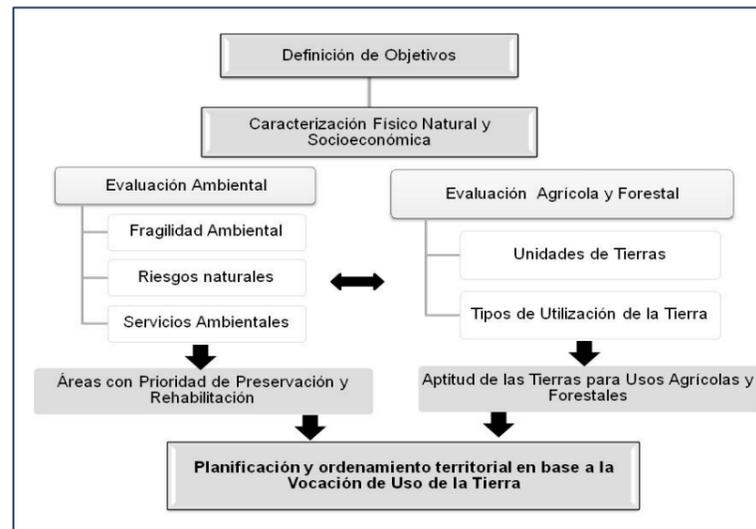


Figura 1: Esquema de Evaluación y planificación Integral de Cuencas
Fuente: Modificado de Machado y Comerma, 2002

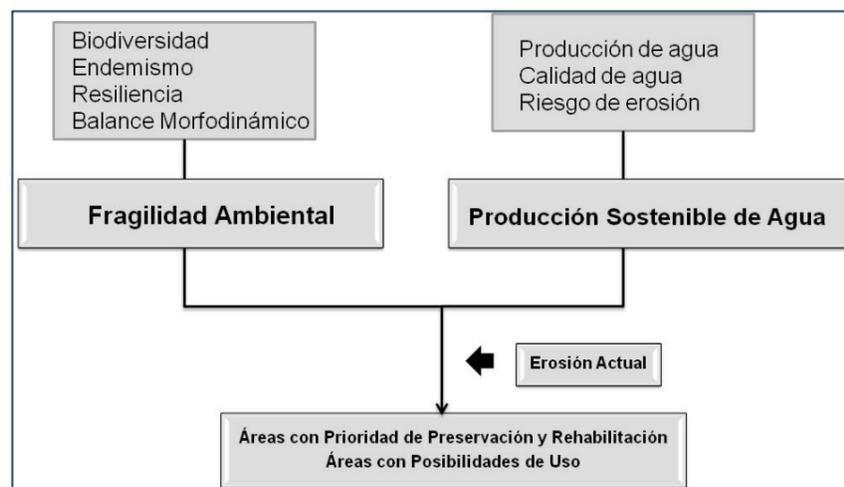


Figura 2: Esquema de Evaluación Ambiental

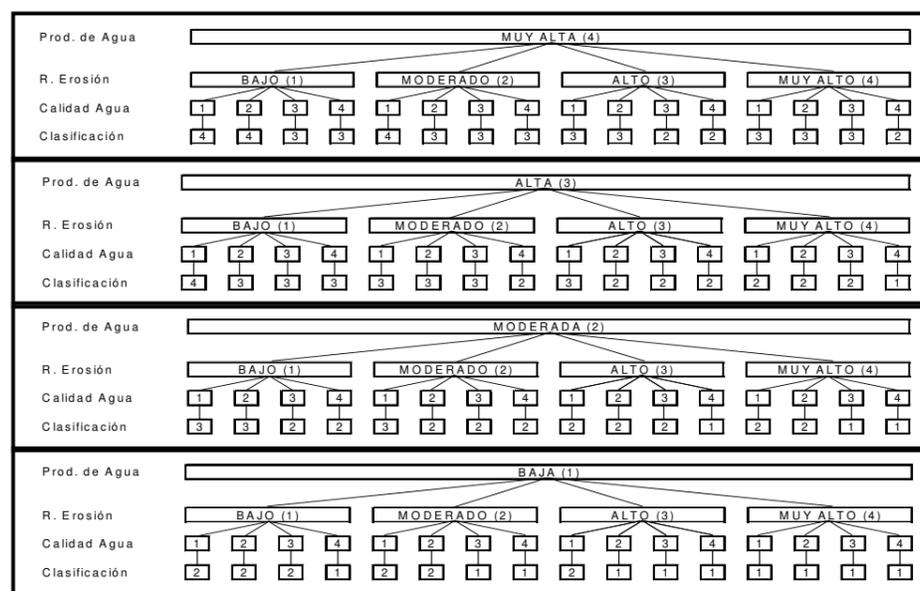
La Fragilidad Ambiental, definida, como la capacidad intrínseca de un ecosistema de asimilar, resistir y recuperarse del impacto ocasionado por una acción natural, es el resultado de la integración de las cualidades: Balance Morfodinámico, Resiliencia, Biodiversidad y Endemismo. El balance morfodinámico, refleja el grado relativo de estabilidad o inestabilidad de las unidades de tierra (Ospina, *et al*, 2004). La resiliencia, representa la capacidad de los ecosistemas a recuperarse ante problemas de degradación, mientras que la biodiversidad y endemismo representan, las condiciones naturales de la fauna y la flora, que pueden ser afectadas a través de una acción natural o antropogénica. Cada una de estas cualidades fue valorada de acuerdo a la siguiente escala: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Moderada y 4: Baja. Posteriormente se aplicaron los criterios de experto indicados en el Cuadro 1 para combinar estas valoraciones en una clase de Fragilidad Ambiental.

Cuadro 1. Criterios para la evaluación de la fragilidad.

		Balance Morfodinámico											
		1			2			3			4		
RESILIENCIA	4	1	2	2	1	2	2	2	2	3	2	3	3
	3	1	2	2	2	2	2	2	3	4	3	3	4
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	4	3	4	4
	1	2	3	3	2	3	4	2	4	4	4	4	4
		1-2	3	4	1	2	3-4	1	2	3-4	1	2	3-4
		Biodiversidad y Endemismo											

Leyenda: 1: Muy Alta; 2: Alta; 3: Moderada; 4: Baja

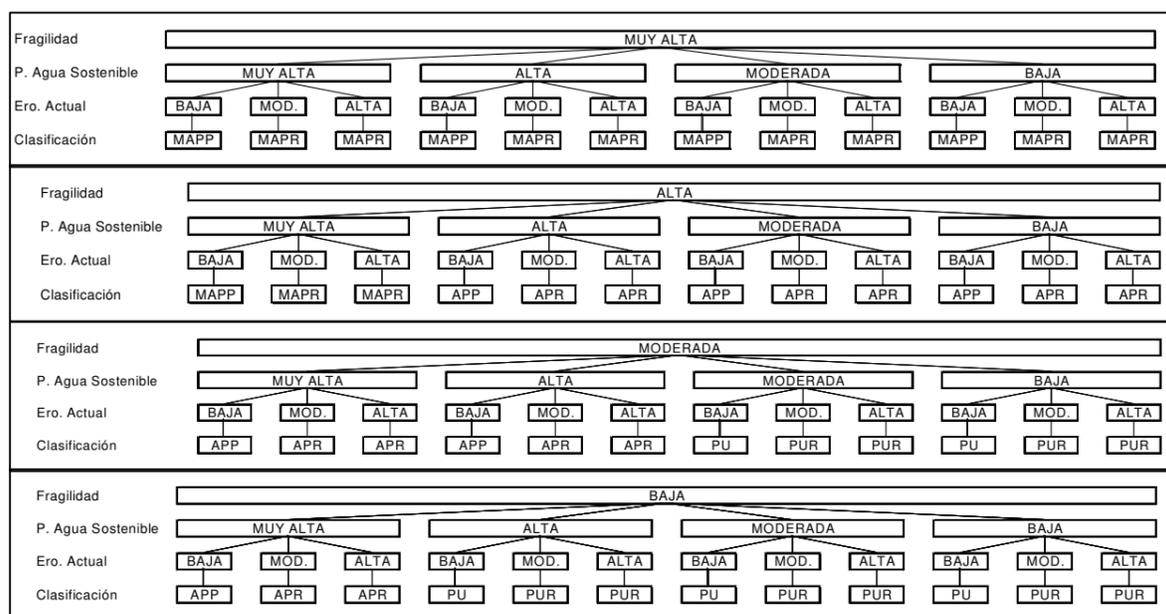
Por otra parte, las áreas de atención para la producción sostenible de agua, son el resultado del análisis integral de las siguientes variables: producción de agua, calidad (física, química y biológica) de agua e índice de degradación (Figura 3). La producción de agua se estimó a partir de un balance hídrico en cada unidad de tierra. La calidad de agua se evaluó a partir del valor más limitante (ley del mínimo) entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en cada UT, tomando como referencia la normativa legal vigente en el país para tal fin. (Guevara y Cartaya, 2004). El índice de degradación se estimó como la relación entre el riesgo de erosión actual calculado por medio de la ecuación universal de erosión (Wischmeier and Smith, 1978) considerando la cobertura actual de la tierra y el riesgo de máxima erosión si el suelo estuviese desnudo.



Leyenda: 1: Muy Alta; 2: Alta; 3: Moderada; 4: Baja

Figura 3. Criterios para la valoración de las áreas de atención por producción sostenible de agua.

Finalmente la combinación de las evaluaciones de fragilidad ambiental y producción sostenible de agua, conjuntamente con el grado de erosión actual, permiten determinar las áreas con prioridad de preservación y rehabilitación, como producto síntesis de la evaluación ambiental (Figura 4).



Legenda: Muy Alta Prioridad de Preservación y de Rehabilitación (MAPP), Alta Prioridad de Preservación (APP), Alta Prioridad de Preservación y Rehabilitación (APR), Posibilidad de Uso (PU), Posibilidad de Uso con Requerimientos de Rehabilitación (PUR),

Figura 4. Criterios para la valoración de las áreas de atención por producción sostenible de agua.

Una vez completada la evaluación ambiental, se llevó a cabo una evaluación de la aptitud de la tierra (sólo en las áreas con posibilidades de uso) para diferentes tipos de utilización de la tierra (TUT) agrícolas y forestales, por lo cual, se siguieron las directrices para la evaluación de tierras (FAO, 1984; FAO, 1985). Esto consistió en realizar una selección, valoración y armonización de las cualidades relevantes de las unidades de tierra con los requerimientos agroecológicos, de acuerdo a las especies vegetales que le son características, y los requerimientos particulares de manejo y de conservación de suelos, tanto para los tipos de utilización de la tierra actuales como potenciales. El procedimiento aplicado para esa evaluación es explicado con mayor detalle por Pineda *et al.* (2006).

Para garantizar la integración de las diferentes variables que se tomaron en cuenta en la evaluación y facilitar el análisis y la representación espacial de los resultados, se empleó como herramienta de apoyo, la tecnológica de SIG; específicamente se trabajó en plataforma Arc-Gis Arc-Info V 9.1. La Evaluación automatizada se corresponde con la integración de la información básica (Físico-Natural y Socio-económica) mediante la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para desarrollar las diferentes interpretaciones pertinentes a los objetivos perseguidos. (Figura 5).

Para la automatización de los algoritmos necesarios para la determinación de Fragilidad Ambiental, Producción de Servicios Ambientales (Biodiversidad, Agua, Captura de CO₂, etc) y de Sedimentos, Areas a Preservar y a Restaurar y Aptitud de la tierra para Usos Agrícolas, Pecuarios y Forestales, se utilizó el lenguaje de Arc Macro Languages (AML) de Arc-Info WorkStation V 9.1. Machado *et al.* (2007) presentan una descripción detallada de los algoritmos utilizados para la integración de estas cualidades en una plataforma de SIG.

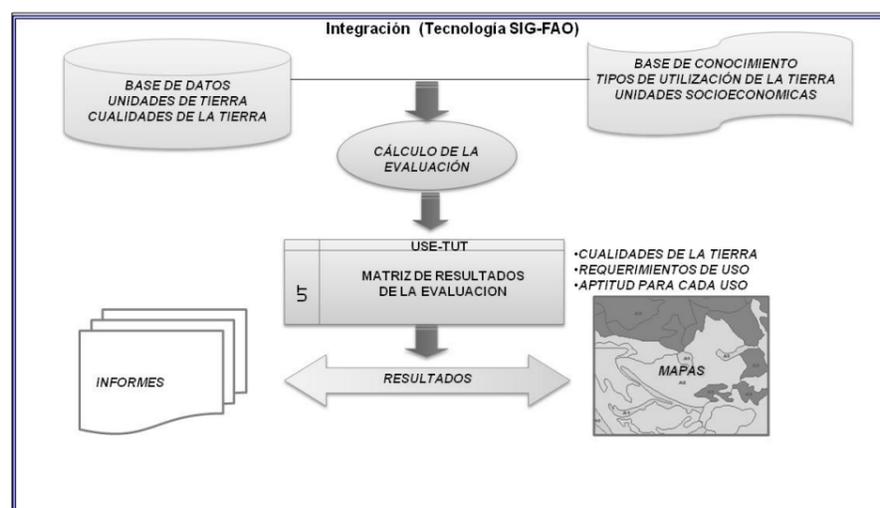


Figura 5. Evaluación Automatizada de Cuencas

RESULTADOS

De acuerdo a los criterios aplicados en este estudio, la mayor parte de la cuenca alta del Río Guárico presenta alta o muy alta fragilidad ambiental (Cuadro 2) y moderada o baja capacidad de producción sostenible de agua (Cuadro 3). La sostenibilidad de la cuenca, en términos de producción de agua, está asociada a la capacidad de satisfacer las demandas de agua, a las necesidades de tratamiento del agua y a la vida útil de funcionamiento de la infraestructura de captación y almacenamiento derivada de los niveles de sedimentación.

Cuadro 2. Fragilidad Ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico.

Fragilidad Ambiental	Superficie (ha)	%
Baja	8049	4
Moderada	39597	19
Alta	93714	44
Muy Alta	64515	30
Embalse	6134	3
Total	212009	100

Fuente: Machado et al. (2007)

Cuadro 3. Áreas de Atención para la Producción Sostenible de Agua de la Cuenca Alta del Río Guárico.

Producción Sostenible de Agua	Superficie (ha)	%
Baja	60.429	28
Moderada	113.498	54
Alta	28.596	13
Muy Alta	3.353	2
Embalse	6.134	3
Total	212.009	100

Fuente: Machado et al. (2007)

Las áreas con prioridad de preservación y rehabilitación, son el producto del análisis integral todas las cualidades ambientales consideradas como relevantes de acuerdo a los objetivos del estudio; por tanto se puede considerar como el resultado que sintetiza la evaluación ambiental. (Figura 6). Es importante resaltar, que más del 80 % de la superficie de la cuenca fue clasificado como de alta o muy alta prioridad de preservación, asociado fundamentalmente a graves problemas de erosión y de baja a moderada capacidad de producción sostenible de agua (Cuadro 4).

Cuadro 4. Áreas con Prioridad de Atención en la Cuenca Alta del Río Guárico.

Clases de Prioridad de Atención	Superficie (ha)	%
Muy Alta Prioridad de Preservación y de Rehabilitación (MAPR)	64.515	30
Alta Prioridad de Preservación (APP)	11.044	5
Alta Prioridad de Preservación y Rehabilitación (APR)	100.882	48
Posibilidad de Uso (PU)	9.496	4
Posibilidad de Uso con Requerimientos de Rehabilitación (PUR)	19.938	9
Embalse	6.134	3
Total	212.009	100

Fuente: Machado et al. (2007)

Solo un 13% de la zona en estudio, fue evaluada con posibilidades de uso; de las cuales cerca de dos terceras partes se deben rehabilitar, ya que presenta problemas de degradación ambiental.

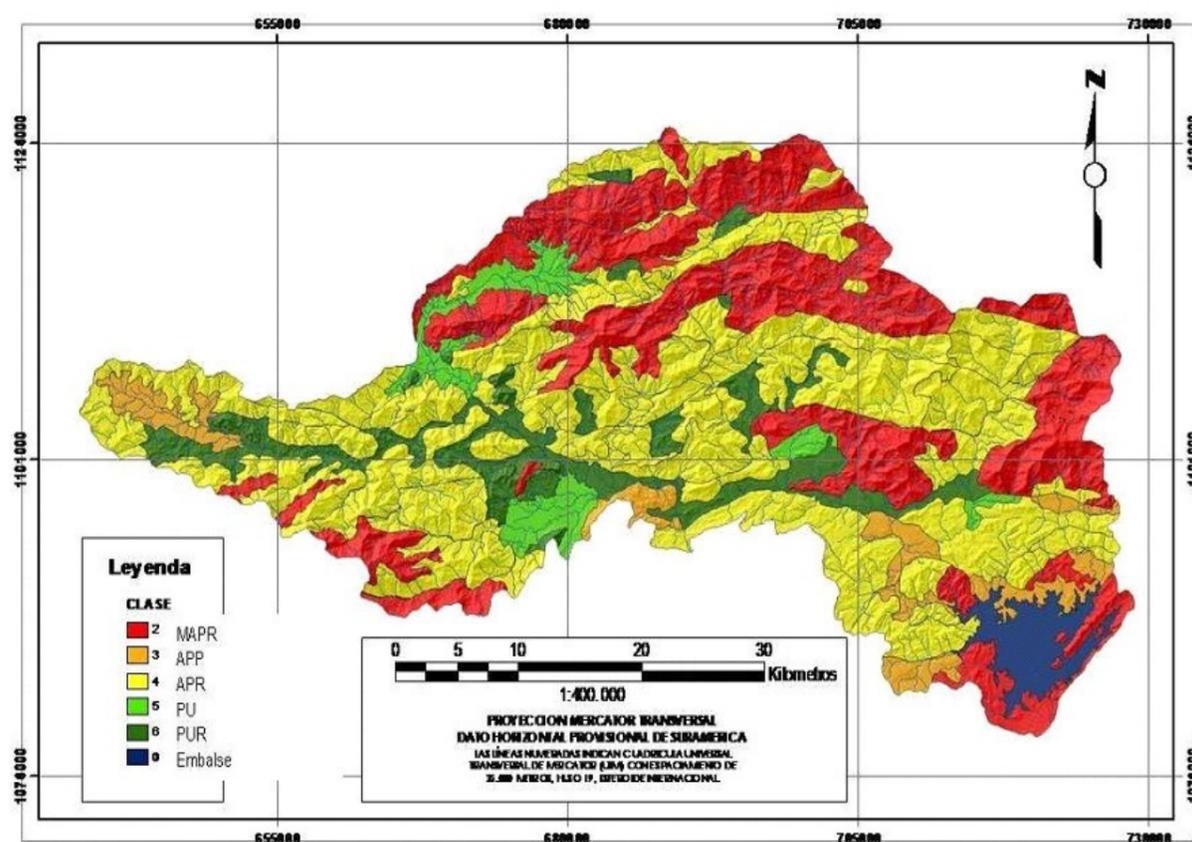
A fin de garantizar la integración entre el resultado de la Evaluación Ambiental y la Evaluación de tierras con fines agrícola y forestal, se valoraron los TUT intensivos o de alta intervención (Cereales mecanizados, Hortalizas bajo riego, Frutales bajo riego) solo en aquellas Unidades de Tierra (UT) clasificadas ambientalmente como: con Posibilidades de Uso (PU y PUR). Por otra parte los TUT con bajo nivel de intervención o con prácticas de manejo conservacionistas (Agricultura de subsistencia, Ganadería extensiva, Agroforestal, Café bajo sombra, Pino, Teca) se evaluaron en las UT con Posibilidades de Uso y con Alta Prioridad de Preservación (APP, APPR).

Cuadro 5. Aptitud de las tierras de la Cuenca Alta del Río Guárico para los TUT evaluados.

TUT	Moderadamente Apto (2)		Marginalmente Apto (3)		No Apto (4)		Áreas de Preservación (5)	
	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%
Agricultura de subsistencia	16.007	8	11.451	5	113.902	54	64.515	30
Cereales mecanizados	8.205	4	6.212	3	11.905	6	176.441	83
Hortalizas bajo riego	1.447	1	13.275	6	11.600	5	176.441	83
Frutales bajo riego	9.039	4	16.474	8	809	1	176.441	83
Ganadería extensiva	4.937	2	9.344	4	123.967	58	64.515	30
Agroforestal	37.561	18	77.876	37	22.810	11	64.515	30
Café bajo sombra	19.865	9	80.624	38	37.759	18	64.515	30
Pino	32.664	15	72.942	34	32.642	15	64.515	30
Teca	26.603	13	79.003	37	32.642	15	64.515	30

Fuente: Pineda et al. (2006)

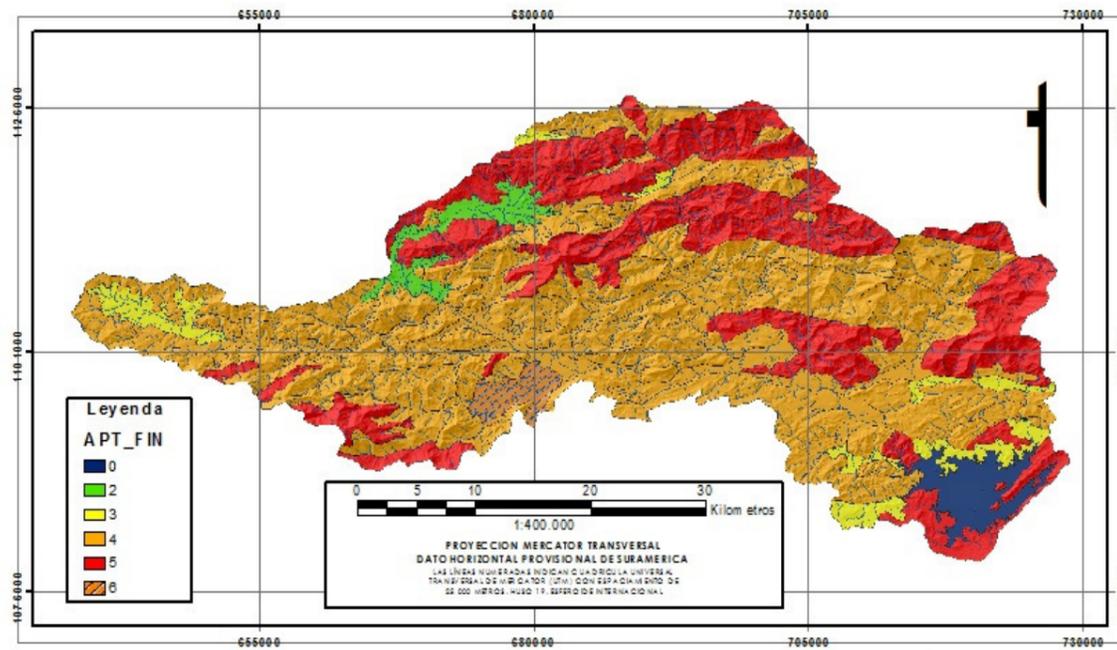
Como resultado de la evaluación agrícola y forestal, se encontró, que sólo entre un 5 % y un 15 % de las tierras son aptas (Moderadamente aptas o Marginalmente aptas) para los TUT Cereales mecanizados, Hortalizas bajo riego, Frutales bajo riego, Agricultura de subsistencia y Ganadería extensiva, los cuales que se desarrollan actualmente en la cuenca (Cuadro 5). El resto de la superficie es no apta o



Leyenda: Muy Alta Prioridad de Preservación y de Rehabilitación (MAPR), Alta Prioridad de Preservación (APP), Alta Prioridad de Preservación y Rehabilitación (APR), Posibilidad de Uso (PU), Posibilidad de Uso con Requerimientos de Rehabilitación (PUR),

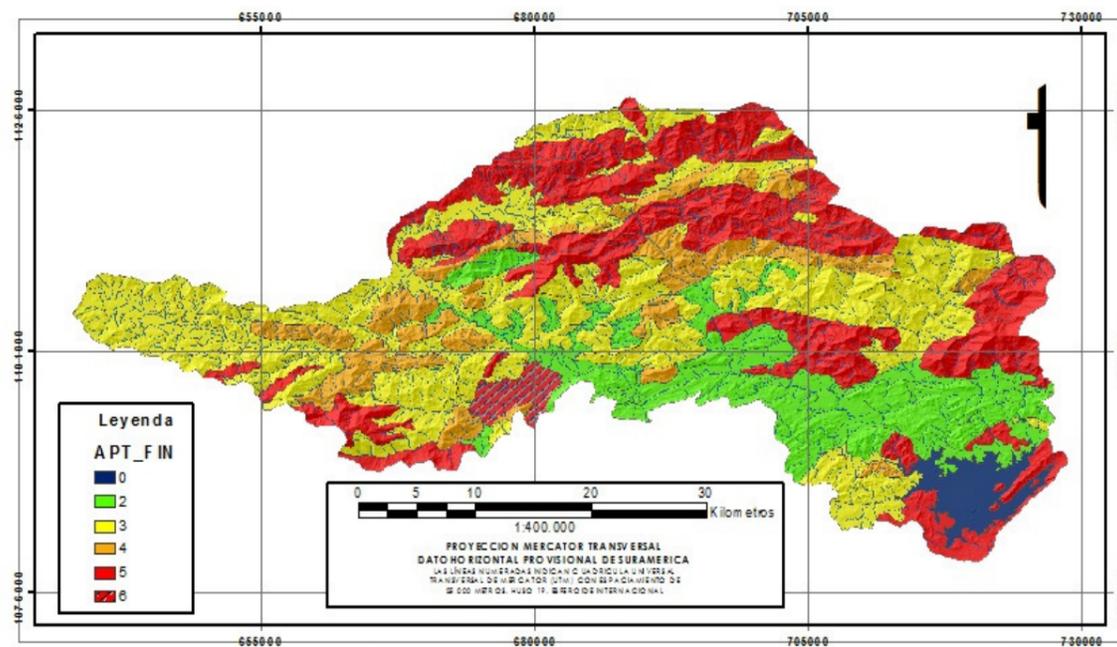
Figura 6. Áreas con Prioridad de Preservación y Rehabilitación en la cuenca alta del Río Guárico.

El alto deterioro ambiental de la cuenca, reflejado en altos niveles de erosión y producción de sedimentos, está asociado a la difusión de la ganadería extensiva como tipo de uso de la tierra predominante. Este TUT, tal como se practica actualmente (Pineda *et al.* 2006), es apto en menos de 7 % de la superficie de la cuenca (Figura 7). Por esta razón, se recomienda sustituir de forma progresiva, las áreas con este tipo de uso, por zonas de explotación agroforestal, igualmente con fines pecuarios, mediante la introducción de pastos brachiarias y leguminosas arbóreas como leucaena y gliciride, entre otros (Figura 8). Adicionalmente se recomienda la expansión de las superficies cultivadas de café bajo sombra y la posibilidad de incorporar plantaciones forestales con fines semicomerciales como Teca y Pino (Pineda *et al.* 2006). En la evaluación de estos TUT potenciales, se encontró que cerca de un 50% de la superficie evaluada, es apta para su producción (Cuadro 5).



Leyenda: Embalse (0) Moderadamente Apto (2), Marginalmente Apto (3), No Apto (4), Áreas de Preservación (5), Área Urbana (6)

Figura 7. Aptitud de las tierras para el TUT Ganadería Extensiva



Leyenda: Embalse (0) Moderadamente Apto (2), Marginalmente Apto (3), No Apto (4), Áreas de Preservación (5), Área Urbana (6)

Figura 8. Aptitud de las tierras para el TUT Agroforestal.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo constituyen un marco metodológico para la evaluación ambiental y agrícola y forestal automatizada de cuencas hidrográficas en Venezuela, que sirve de base a la planificación y seguimiento del uso rural de la tierra para la producción sostenible de agua. La misma toma en consideración de forma sistemática e integral, aspectos de carácter físico-natural y socio-económico, siguiendo el esquema de evaluación de tierras con fundamento en las directrices de la FAO; agregando las premisas de producción y calidad de agua y producción de sedimentos, lo cual permite la definición de áreas con prioridad de preservación y rehabilitación por una parte y por la otra la evaluación de tierras con sus usos agropecuarios, forestales, ingenieriles y mixtos.

La incorporación de Sistemas de Información Geográfica representa un instrumento tecnológico que facilita la elaboración de un plan de manejo integral de un área compleja y con escasa información, como es el caso de la Cuenca Alta del Río Guárico; ya que permite, entre otras cosas:

- La generación, recopilación y organización de información espacial y atributiva.
- El análisis integral de grandes volúmenes de información multitemática.
- La simulación espacial de escenarios alternativos.
- La espacialización cartográfica de los resultados y consulta sistemática de los mismos.

Los resultados más relevantes indican que se deben proteger las zonas clasificadas como de muy alta prioridad de preservación con requerimientos de rehabilitación, que representan un 30 % de la superficie de la cuenca, mediante la declaratoria de un ABRAE y su respectivo plan de ordenación y uso de la tierra.

En las zonas clasificadas como de alta prioridad de preservación (con o sin necesidades de rehabilitación), que representan en conjunto poco más de la mitad de la superficie de la cuenca; se hace indispensable, para garantizar la sostenibilidad, implantar usos de la tierra que incluyan componentes conservacionistas. En este sentido, se recomienda sustituir progresivamente, las áreas bajo uso pecuario de forma extensiva, por zonas de explotación agroforestal, igualmente con fines pecuarios, mediante la introducción de pastos brachiarias y leguminosas arbóreas.

En las zonas con posibilidades de uso, localizada fundamentalmente en los Valles del Tucutunemo y tramos alto y medio del río Guárico, es posible el desarrollo de plantaciones agrícolas más intensas como cereales mecanizados, frutales y hortalizas bajo riego. Sin embargo, para garantizar la sostenibilidad del uso, se hace necesario:

- Racionalizar el uso del agua mediante la incorporación de prácticas de irrigación más eficientes y ajuste de calendarios de riego.
- Incorporación de prácticas de manejo conservacionista, para minimizar los problemas de erosión.
- Incorporación de prácticas de manejo más orgánicas, tendientes a disminuir el uso de agroquímicos y por ende bajar los riesgos de contaminación de las aguas.

A fin de mejorar la sostenibilidad de la cuenca en lo relacionado con producción de agua, se recomienda preservar y recuperar las superficies bajo bosque existentes; así como implantar un plan de manejo de la cuenca con la inclusión de usos de mayor densidad de cobertura (Café bajo sombra, forestales, agroforestales, entre otros) de manera que se permita regular los excedentes de agua, logrando que la mayor proporción de estos, pasen como agua de infiltración o percolación profunda. Esta situación además de disminuir los problemas de erosión ocasionados por el arrastre de las aguas de escorrentía, permite regular el aporte de las aguas al embalse ya que estas pasarían a alimentar los acuíferos subterráneos y a incrementar el caudal base de los cauces de agua en las épocas críticas de suministro, que coincide con el período menos lluvioso.

LITERATURA CITADA

- Casanova, E. y J. Viloría.** 2004. Informe Final Proyecto Generación de Directrices Técnicas y Socio-económicas para la planificación y seguimiento del uso de la tierra con fines de producción sostenible de agua. Tomo 5: Evaluación Agrícola y Ambiental. MCTFONACIT- UCV, Agronomía, Maracay. 240 p
- Comerma J. y D. Machado.** 2001. *Planificación del Uso de los Recursos Naturales en las Cuencas Hidrográficas. XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Cuba. 20p.*
- Comerma J., D. Machado y V. Sevilla.** 2005. Fragilidad y Sensibilidad Ambiental en las Evaluaciones de Tierras en Cuencas. XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay. 4 p.
- EDELCA.** 2003. Plan Maestro de la Cuenca del Río Caroní. Evaluación Ambiental, Agrícola y Forestal de las Tierras (FAO). Volumen 2, tomo 3, capítulo 5. Caracas, Venezuela. 161 p.
- Elizalde, G.** 1983. Ensayo de Clasificación Sistemática de Categorías de Paisaje. Primera Aproximación. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 37 p.
- Elizalde, G y E. Jaimes.** (1989) Propuesta de un modelo pedogeomorfológico. *Rev. Geog. Venez.* 30: 5-35.
- FAO,** 1984. Land Evaluation for Forestry. FAO Forestry Paper 48. Roma.
- FAO,** 1985. Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura en seco. Servicio de recursos, manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Roma. Boletín de Suelos, 52: 228p
- FAO,** 1990. Evaluación de tierras para la agricultura en regadío: directivas. Servicios de Recursos, manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Roma. Boletín de suelos 55:289p.
- FAO, DGIS, SECRETARIA PRO TEMPORE** 1998. Zonificación Ecológica Económica, Una propuesta Metodológica para el Amazonía. Caracas, Venezuela 272 p.
- Guevara, E. y H. Cartaya.** 2004. Hidrología Ambiental. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- Jaimes, E., J. G. Mendoza, N. M. Pineda y H. R. Rodríguez.** 2005. Homogeneidad pedogeomorfológica y pedogénesis en la cuenca del río Motatán, Trujillo, Venezuela. *Interciencia.* Vol. 30 n° 2: 73-80.
- Machado, D. y J. Comerma.** 2002. Evaluación y Planificación del Uso de los Recursos Naturales en las Cuencas Hidrográficas, Caso Cuenca del Caroní. In: IV Jornadas Técnicas de Palmaven. Caracas. 19 p.
- Machado D., V. Sevilla y J. Comerma.** 2005. *Estimación de la Producción de Agua en Cuencas Hidrográficas, Mediante la Aplicación de Tecnología de SIG, Caso Cuenca del Caroní. I Jornadas Nacionales de Geomática. Fundación Instituto de Ingeniería, Centro de Procesamiento Digital de Imágenes, Caracas. 4 p.*
- Machado D., C. Pineda, J. Viloría, E. Casanova y J. Ochoa.** 2007. Evaluación automatizada de tierras de la cuenca alta del Río Guárico. *II Jornadas Nacionales de Geomática. Fundación Instituto de Ingeniería, Centro de Procesamiento Digital de Imágenes, Caracas. 12 p.*
- Mejía J.F. y M. Vera.** 2000. Un Modelo suelo-paisaje para la planificación ambiental de la microcuenca del río Zarzales, estado Mérida- Venezuela. *Revista Geográfica de Venezuela.* Vol 42 n° 1: 45-71
- Morad M. y A. Triviño Pérez.** 2001. Sistemas de información geográfica y modelizaciones hidrológicas: una aproximación a las ventajas y dificultades de su aplicación. Boletín de la A.G.E. N° 31:p 23-46
- Ospina, A., G. Elizalde., J. Viloría, J. Ochoa.** 2004. Balance Morfodinámico de la Cuenca Alta del Río Guárico, Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio, 120p.
- Pineda, C., D., Machado, E. Casanova, J. Viloría.** 2006. Evaluación física de tierras de la cuenca alta del Río Guárico con fines de producción sustentable de agua. *Agronomía Tropical.* vol.56, no.3, p.385-414.
- Rivas, S., J. Oballos, G. Ochoa, J. Santiago.** 2005. Ensayo metodológico de evaluación de tierras para la captación de agua en dos Microcuencas del río Santo Domingo, Mérida, Venezuela. *Interciencia.* vol. 30 n° 6:p 347-355
- Wischmeier, H.H. and Smith, D. D..** 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No 537. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. 57 p.