

## EVALUACIÓN FÍSICA DE TIERRAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO GUÁRICO CON FINES DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE AGUA<sup>1</sup>

Corina Pineda \*, Diego Machado\*,  
Eduardo Casanova\* y Jesús Vilorio\*

### RESUMEN

La cuenca alta del Río Guárico es de gran importancia en Venezuela ya que produce agua para el consumo humano de la ciudad de Caracas y sus alrededores, así como para las actividades agropecuarias e industriales de los estados Aragua, Carabobo y Guárico. Sin embargo, esta cuenca muestra un deterioro debido a los problemas de erosión y producción de sedimentos, lo cual amenaza la calidad y cantidad de las aguas y en consecuencia la vida útil del embalse de Camatagua. Una de las razones de ese deterioro, es un uso inapropiado de la tierra, por lo que se hace necesario realizar una evaluación de la aptitud de la misma, para usos agrícolas, pecuarios y forestales con el objeto de generar directrices técnicas y socioeconómicas para la planificación y seguimiento del uso con fines de producción sostenible de agua. Siguiendo el esquema de evaluación integral de tierras con fines agrícolas y ambientales de la FAO, se establecieron los detalles metodológicos de la evaluación de tierras para agricultura y potencialidad para uso forestal. Los resultados de este trabajo contribuyen con una metodología para la evaluación agrícola en cuencas hidrográficas en Venezuela, propone tipos de utilización de la tierra cónsonos con los criterios de conservación y producción de agua y sirve de marco para el desarrollo de un plan de manejo integral de la cuenca alta del Río Guárico.

**Palabras Clave:** Cuenca alta del Río Guárico; tipos de utilización de las tierras; aptitudes de las tierras; conservación; agua.

---

1 Este trabajo es producto de la investigación realizada por el Núcleo de Investigación y Excelencia Manejo Integral de la cuenca alta del Río Guárico, como parte del Proyecto Iniciativa Científica del Milenio, conducido por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) de Venezuela, con financiamiento del Banco Mundial y del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Bolivariana de Venezuela.

\* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RECIBIDO: enero 12, 2006.

## LAND PHYSICS EVALUATION OF THE HIGH GUARICO RIVER BASIN WITH SUSTAINABLE WATER PRODUCTION PURPOSES

Corina Pineda \*, Diego Machado\*,  
Eduardo Casanova\* y Jesús Vilorio\*

### SUMMARY

Guarico River basin is important in Venezuela as a provider of water for domestic consumption of Caracas and nearby towns as well as for agricultural and industrial activities in Carabobo, Guarico and Aragua States. However, this basin shows high levels of erosion and sediment production which threaten the quality and quantity of water produced and therefore, affect the life span of the Camatagua dam which is the principal water reservoir that supplies the water to satisfy the demand for different uses. Because one of the reasons of basin deterioration is an inappropriate land use in agricultural, livestock and forestry activities it is necessary to ascertain land utilization types in accordance with land aptitude in order to develop technical and socioeconomic guidelines to plan and monitor land use with sustainable water production purposes. The methodology follows the scheme of the integral land evaluation with agricultural and environmental purposes of the Food and Agricultural Organization (FAO) for actual and potential agricultural and forestry uses. The results of this paper contribute with a methodology for agricultural evaluation of Venezuelan basins, propose land type uses in agreement with conservation and water production criteria and may be used as a framework for the development of an integral management plan of the Guarico River basin.

**Key Words:** Guarico river basin; land utilization types; land aptitude; conservation; water.

---

1 Este trabajo es producto de la investigación realizada por el Núcleo de Investigación y Excelencia Manejo Integral de la cuenca alta del Río Guárico, como parte del Proyecto Iniciativa Científica del Milenio, conducido por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) de Venezuela, con financiamiento del Banco Mundial y del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Bolivariana de Venezuela.

\* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RECIBIDO: enero 12, 2006.

## INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas actúan como áreas de captación, almacenamiento y descarga de agua, que luego es utilizada para propósitos tales como consumo de agua potable, riego y generación de electricidad, entre otros. Además, cumplen importantes funciones ambientales, como la regulación de la recarga hídrica y la preservación de hábitat y rutas para diversas especies animales y vegetales. Por otra parte, estas áreas generalmente también son asiento de actividades humanas.

Los conflictos entre las actividades humanas y las funciones hidrológicas y ambientales de las cuencas son frecuentes. Los proyectos de manejo de cuencas intentan resolver estos conflictos por medio de acciones y regulaciones que conduzcan a un equilibrio entre actividades productivas y de conservación. Para lograr este propósito se requiere información generada por una caracterización físico-natural y socioeconómica de la cuenca.

La caracterización físico-natural frecuentemente incluye una clasificación de tierras por su capacidad de uso (Klingebiel y Montgomery, 1962). Esta clasificación permite conocer los grados y tipos de limitación de las tierras para uso agrícola. También permite identificar tipos generales de uso (cultivos, pastos, bosques, recreación, vida silvestre) que pueden ser practicados en forma sostenible. Sin embargo, no permite identificar tipos específicos de uso de la tierra que puedan conciliar las necesidades productivas de los pobladores de las cuencas, con la producción sostenible de agua.

El enfoque FAO para evaluación de tierras (FAO, 1985) permite realizar una evaluación más específica porque agrupa las tierras de acuerdo a su aptitud para sostener determinados tipos de utilización de la tierra (TUT). Cada TUT implica una combinación particular de productos, tecnología y condiciones socioeconómicas. Así mismo, tiene sus propios requerimientos agroecológicos, de acuerdo a las especies vegetales que le son características, así como requerimientos particulares de manejo y de conservación de suelos.

Este trabajo contribuye con una metodología para la evaluación agrícola en cuencas hidrográficas basados en el enfoque FAO para evaluación de tierras, el mismo es aplicado a la Cuenca Alta del Río Guárico ubicada en el centro-norte de Venezuela, en jurisdicción de los estados Aragua,

Miranda, Guárico y Carabobo, la cual comprende una superficie de 2 119,4 km<sup>2</sup>.

Ésta cuenca es estratégica para el desarrollo del país porque, 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. Por otra parte, sirve de residencia a más de 230,000 habitantes, según cifras del censo nacional del año 2000 (INE, 2001). Además, es asiento de una actividad agrícola y pecuaria en franco crecimiento, así como de actividades turísticas y de explotación minera.

A pesar de su importancia estratégica, 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 y menos de 20% de su superficie se encuentra protegida por figuras legales tales como las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE, Jacome *et al.*, 2001).

Este trabajo ha sido precedido por una evaluación ambiental (Machado *et al.*, 2004) que permitió delimitar las áreas de esta cuenca con prioridad de preservación y rehabilitación y las áreas con posibilidades de uso. El presente estudio plantea un esquema de evaluación de la aptitud de la tierra para usos agrícolas, pecuarios y forestales, aplicado a las áreas que la evaluación ambiental determinó como zonas con posibilidades de uso. El propósito final de este estudio es contribuir a identificar tipos de utilización de la tierra que permitan mejorar el nivel de vida de los habitantes de la cuenca y garantizar la producción sostenible de agua.

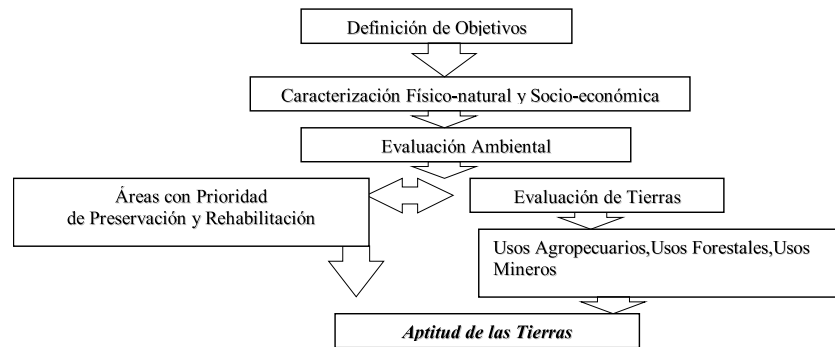
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se adaptó el esquema de evaluación integral de tierras con fines agrícolas y ambientales (Comerma y Machado, 2001; Machado y Comerma, 2002), aplicado en la cuenca del Caroní (EDELCA, 2003), el cual se fundamenta en las directrices de la FAO (1985) para la evaluación de tierras.

### **Esquema de evaluación de tierras propuesto**

Dada la complejidad del problema de la cuenca alta del Río Guárico; se hace imprescindible centrar la atención en la evaluación de la producción

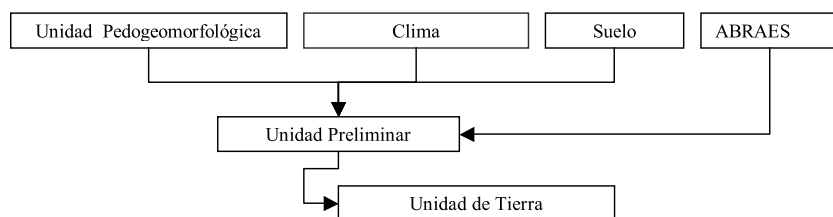
sostenible de agua, por lo cual se consideró necesaria la realización de una evaluación ambiental con la finalidad de definir y ubicar las áreas con prioridad de preservación y rehabilitación (Figura 1; Pineda *et al.*, 2004). La evaluación de tierras, para la Cuenca Alta del Río Guárico, toma en consideración aspectos de carácter ambiental, para posteriormente seguir la metodología de evaluación de tierras agrícolas con base en las directrices de la FAO.



**FIGURA 1.** Esquema de Evaluación de Tierras usado en este trabajo. (Adaptado de Comerma y Machado, 2001).

### Determinación de las Unidades de Tierra

Se utilizaron las unidades pedogeomorfológicas que resultaron de la clasificación de paisajes de la cuenca alta del Río Guárico (Ospina y Elizalde, 2004b) como marco cartográfico para delimitar las unidades de tierra. Sin embargo, como el concepto de unidad de tierra es más amplio que el de unidad de paisaje (Figura 2), en la caracterización de cada unidad fue necesario incorporar atributos relacionados con los componentes del ecosistema natural (atmósfera, hidrología, poblaciones de plantas y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente). En particular, se seleccionaron aquellos atributos que podían ejercer una influencia significativa sobre los usos presentes y futuros de la tierra por el hombre (McRae y Burnham, 1981).



**FIGURA 2.** Esquema conceptual para la determinación de unidades de tierra, en la cuenca alta del Río Guárico.

### Unidades Pedogeomorfológicas

En la cuenca alta del Río Guárico se definieron un total de 88 unidades pedogeomorfológicas. Las mismas fueron definidas basados en el sistema de clasificación de paisajes propuesto por Elizalde (1983). Este sistema, se basa en una interpretación de las relaciones suelo-paisaje, para subdividir jerárquicamente todo el paisaje en hasta ocho niveles categóricos. En este caso en particular se determinaron las unidades pedogeomorfológicas hasta el nivel categórico seis (Ospina y Elizalde, 2004 a, b).

### Clima

A cada unidad de tierra se le asignó una estación climatológica representativa para caracterizar sus valores de precipitación y evapotranspiración. Para tal fin, se tomaron como referencia los modelos digitales de precipitación (Viloria *et al.*, 2005) y evapotranspiración de toda la cuenca y las áreas de influencia de las estaciones estimadas por polígonos de Thiessen, debido a que en el área de estudio se encuentran baja densidad de estaciones climáticas y pobre calidad de datos. Los valores de temperaturas medias y máximas fueron asignados a partir del gradiente altotérmico definido para el área de estudio (Pineda *et al.*, 2004).

### Suelos

En toda la cuenca alta del Río Guárico se describieron un total de 74 perfiles, a las cuales se les realizó georeferenciación y una descripción completa, la cual incluye caracterización de la vegetación, uso actual de la tierra, suelos (análisis morfológicos, químicos y físicos), material

parental, así como ambiente geomorfológico. Adicionalmente, se incluyeron 12 perfiles de suelo de piedemonte ubicados en las unidades Norte Las Brisas y Sur Tinaco-Tucutunemo en la depresión del Lago de Valencia. Debido a que no se poseía información de suelos, a partir de estos datos se generaron modelos en forma de árboles de decisión, que permiten predecir los valores de características del suelo relevantes para la evaluación de tierras, a partir de atributos del paisaje (Morales y Viloria, 2004).

### **Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE)**

En la cuenca alta del Río Guárico se localizan tres ABRAES, que afectan específicamente a la Subcuenca de San Juan y a las Subcuencas relacionadas con el Embalse de Camatagua. Estas son: Pico Platillón o Monumento Natural Juan Germán Roscio, Los Morros de San Juan o Monumento Natural Arístides Rojas y Área Protectora del Embalse de Camatagua. Estas afectan la delineación de 29 unidades pedogeomorfológicas.

### **Selección de los Tipos de Utilización de la Tierra Actuales y Potenciales**

Se aplicaron encuestas a unidades de producción seleccionadas por medio de un muestreo probabilístico con marco de lista, estratificado y sistemático en las áreas críticas (FAO, 1990). Se usó la superficie total como variable privilegiada, por considerar que, aunque ésta está sujeta a cambios, es menos probable que esos cambios alteren de manera significativa los resultados del análisis. A partir de los datos obtenidos se describieron los TUT actuales (Pineda *et al.*, 2004). De estos TUT se seleccionaron los más representativos (ocupaban mayor superficie y presentaban características contrastantes) y se generalizaron para toda el área de estudio.

Los TUT actuales seleccionados fueron: a) Ganadería extensiva de doble propósito basados en el pasto Yaraguá, *Hyparrhenia rufa*, y suplementos minerales; b) Agricultura de subsistencia; c) Cereales mecanizados para producción de semilla; d) Frutales bajo riego y e) Hortalizas bajo riego. Por otra parte, a través de una consulta a expertos, se seleccionaron los siguientes TUT potenciales: a) Agroforestería (combinación de agricultura de subsistencia, ganadería, arbustos y árboles); b) Café bajo sombra, semicomercial, con insumos moderados (este TUT existe actualmente en la cuenca, pero ocupa una extensión muy pequeña);

c) Plantaciones forestales de pino, *Pinus caribae* y d) Plantaciones forestales de teca, *Teutona grandis*. Cada uno de los TUT señalados es descrito en forma detallada por Pineda *et al.* (2004).

### **Selección de Cualidades y Requerimientos**

Los requerimientos de uso están directamente relacionados con las cualidades de las unidades de tierra, al condicionar estas, la aptitud de la tierra para un tipo de uso determinado (Porta *et al.*, 1999). Por consiguiente, existe una correspondencia 1:1 entre estas cualidades y los requerimientos de uso de la tierra. La selección de cualidades se realizó para cada TUT, tomando en cuenta los criterios de la FAO, (1985). A continuación, se describen esas cualidades (Cuadro 1). Adicionalmente, se incluyeron como cualidades relevantes producción de agua y la calidad del agua.

### **Definición de las Clases de Aptitud de la Tierra Para Cada Calidad**

Basados en el esquema de Evaluación de Tierras, se definieron cuatro aptitudes de la tierra (Cuadro 2), en función de las limitaciones que podría tener una unidad de tierra (UT) para sostener un TUT, tomando en cuenta: la productividad o beneficios y los insumos requeridos para la producción.

### **Valoración de Cualidades y Requisitos Agroecológicos**

#### **Régimen de Temperatura (RT)**

Para la evaluación del RT se consideró intervalos de los valores de temperatura media anual en función de la escala del estudio. Los intervalos establecidos para la evaluación de la aptitud de la tierra se presentan en el Cuadro 3.

#### **Disponibilidad de Humedad (DH)**

La evaluación de ésta cualidad para los TUT de secano, se hizo a través de un balance hídrico diario, el cual estima el rendimiento relativo (porcentaje del rendimiento óptimo) de cada TUT evaluado, en función del déficit hídrico (Cuadro 4, Doorembos y Kassam, 1979).

Para los TUT bajo de riego, se calculó la relación entre la lámina requerida de riego no satisfecha (déficit) y la lámina potencial anual requerida (demanda), determinada a partir del balance hídrico diario (Cuadro 5).



**CUADRO 1.** Cualidades de la tierra relevantes para cada tipo de utilización de la tierra.

TUT	Cualidades-Requerimientos																
	Agroecológicas										Manejo			Conservación			
	RT	DH	DO	DN	RN	CE	CM	Rin	Ric	Rd	CL	Tr	U	RE	Rg	Pa	Ca
Agricultura de Subsistencia	2	1	1	2	nr	2	nr	2	2	2	nr	2	nr	1	1	1	1
Cereales mecanizados	2	1	1	nr	2	2	2	2	nr	nr	1	1	1	1	1	1	1
Hortalizas bajo riego	2	1	1	nr	2	2	nr	2	nr	nr	2	1	2	1	1	1	1
Frutales bajo riego	2	1	1	nr	2	1	nr	2	nr	nr	2	1	2	1	1	1	1
Ganadería extensiva	nr	1	1	2	nr	nr	nr	2	1	2	nr	1	nr	1	1	1	1
Café bajo sombra	1	1	1	2	nr	1	nr	2	nr	1	nr	2	1	1	1	1	1
Plantaciones Forestales	2	1	1	2	nr	1	nr	2	1	1	nr	2	2	1	1	1	1

1: Muy importante; 2: Moderadamente importante; nr: No relevante  
 Régimen de Temperatura (RT), Disponibilidad de Humedad (DH), Disponibilidad de Oxígeno (DO), Retención de Nutrientos (RN), Disponibilidad de Nutrientos (DN), Condiciones de Enraizamiento (CE), Condiciones para la Maduración (CM), Riesgo de Inundación (Rin), Riesgo de Incendio (Ric), Riesgo de Derrumbe (Rd), Capacidad de Laboreo (CL), Traficabilidad (Tr), Ubicación (U), Riesgo de Erosión (RE), Riesgo de Degradación (Rg), Producción de Agua (Pa) y Calidad del Agua (Ca).  
 nr: calidad no relevante para el TUT.

**CUADRO 2.** Clases de aptitud de la tierra para cada cualidad.

<b>Clase Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Definiciones</b>
a1	Muy Apta	La unidad de tierra no tiene limitaciones significativas para sostener la aplicación de un tipo de utilización de la tierra o sólo pequeñas limitaciones que no reducirán significativamente la productividad o los beneficios esperados y no elevarán el uso de insumos por encima de un nivel aceptable.
a2	Moderadamente	La unidad de tierra tiene limitaciones que son moderadamente severas para la aplicación de un tipo de utilización de la tierra; las limitaciones reducirán la productividad o los beneficios y aumentarán los insumos requeridos hasta un punto en que la ventaja que se gana de su uso sería apreciablemente inferior a la que se esperaría en la clase a1.
a3	Marginalmente Apta	La unidad de tierra tiene limitaciones que son severas para la aplicación de un tipo de utilización de la tierra y reducirá la productividad o beneficios o aumentará los requerimientos de insumos.
n1	No Apta	La unidad de tierra tiene limitaciones que son tan severas que elimina cualquier posibilidad de una exitosa aplicación de un tipo de utilización de la tierra.

**Disponibilidad de Nutrientos (DN)**

Esta cualidad se evaluó con base en la interacción entre la reacción (pH), el contenido de materia orgánica y la textura del suelo, para lo cual se desarrolló el modelo presentado en el Cuadro 6, el cual se basó en la disponibilidad de información.

Al aplicar éste u otros de los modelos desarrollados, para cada una de las cualidades, a las unidades de tierra, se obtendría la evaluación de la aptitud para cada uno de los TUT agrícolas, donde dicha cualidad fue considerada relevante (Cuadro 7). Sin embargo, por razones de espacio, sólo se presenta la evaluación de la aptitud o aplicación del modelo en la cualidad “Disponibilidad de nutrientes”, a manera de ejemplo.

**CUADRO 3.** Evaluación de aptitud de los rangos de temperatura media anual para los tipo de utilización de tierra (TUT) propuestos.

TUT Agrícolas	Temperatura Media Anual (°C)			
	a1	a2	a3	n
Agricultura de Subsistencia	>22 - ≤28	>20 - ≤22 >28 - ≤30	<20 - >32	
Cereales mecanizados	>22 - ≤26	>20 - ≤22 >26 - ≤ 32	<20 - >32	
Hortalizas bajo riego	>21 - ≤24	>20 - <21 >24 - <26	>18 - <20 >26 - <30	<18, >30
Frutales bajo riego	>24 - ≤28	>20 - <24 >28 - <30	>18 - ≤20	<18
Ganadería extensiva	>25	>20 - <25	<20	
Café bajo sombra	18-22	22-24, 16-18	14-16, 24-26	>26, <14
Agroforestería	>25	>20 <25	< 20	
Pino	>24	>20 <24	<20-	-
Teca	>25	<25 - >18	<18	-

**CUADRO 4.** Estimación de rendimientos relativos en función de los coeficientes de rendimiento relativo (Ky) del TUT.

Rendimientos Relativos	Símbolo	Descripción
Más de 80%	a1	Muy apto
De 60% a 80%	a2	Moderadamente apto
De 20% a 60%	a3	Marginalmente apto
Menos de 20%	n	No apto

**CUADRO 5.** Estimación de rendimientos relativos en función de la relación entre el déficit y la lámina neta anual requerida.

Déficit(mm)/Demanda(mm)	Símbolo	Descripción
Menos de 0,2	a1	Muy apto
De 0,2 a 0,6	a2	Moderadamente apto
De 0,6 a 0,8	a3	Marginalmente apto
Más de 0,8	n	No apto

**CUADRO 6.** Criterios para Valoración de la disponibilidad de nutrimentos en función del pH y la textura del suelo.

Clase Textural	Materia Orgánica								
	Muy alta			Alta			Moderada		
	pH	<5	5-6,5	>6,5	<5	5-6,5	>6,5	<5	5-6,5
Arcillosa	2	1	1	2	1	1	3	2	2
Franco arcillo limosa	2	1	1	2	1	1	3	2	2
Franco arcillosa	3	1	1	3	2	1	3	3	2
Franco limosa	3	1	1	3	2	1	3	3	2
Franca	3	2	1	3	2	2	4	3	3

**CUADRO 7.** Evaluación de la aptitud por disponibilidad de nutrimentos.

TUT Agrícolas	Aptitud por Disponibilidad de Nutrimentos			
	a1	a2	a3	n
Agricultura de Subsistencia	1	2-3	4	-
<i>Hiparrenea rufa</i> , ganadería Extensiva	1-2	3	4	-
Café bajo sombra de moderados insumos	1	2	3-4	-
Agroforestería (pecuaria <i>Brachiaria</i> +gliciride)	1	2	3-4	-
Plantaciones Forestales Pinos	1-2	3	4	-
Plantaciones Forestales Teca	1	2	3-4	-

### Condiciones para la Maduración (CM)

Esta cualidad fue evaluada en función del déficit o exceso de humedad al momento de la maduración. En los TUT anuales en secuencia, esta cualidad adquiere mayor importancia, fundamentalmente en el primer ciclo del cultivo que coincide con el período de mayor humedad, ya que en el segundo el período es más seco y el cultivo presenta riego complementario (Cuadro 8).

**CUADRO 8.** Criterios para valoración de las condiciones de maduración en función exceso o déficit de humedad.

TUT Agrícolas	Condiciones de Humedad en el Suelo			
	a1	a2	a3	n
Cereales mecanizados	déficit	Equilibrio	Exceso	-
Hortalizas bajo riego	déficit	Equilibrio	Exceso	-
Frutales bajo riego	déficit	Exceso	-	-

Exceso (agua útil (AU) mayor a capacidad de campo (CC);  
Equilibrio (AU mayor a punto de marchites permanente (PMP), pero menor a CC);  
Déficit (AU menor a PMP).

### Condiciones para el Enraizamiento (CE)

La evaluación se realizó en función de la profundidad efectiva y el grupo textural (Cuadro 9).

### Riesgo de Inundación

Ésta fue evaluada a través del movimiento de las aguas debido al régimen torrencial de las precipitaciones y las pendientes pronunciadas. Para esto se usaron los intervalos de pendiente y la densidad de la red de drenaje (Cuadro 10). Los intervalos de pendiente corresponden a los rango preestablecidos por Ospina y Elizalde (2004b), para caracterizar a las unidades Litogeomorfológicas y la densidad de la red de drenaje se estimó en función de la longitud de los cauces por superficie de cada unidad de tierra.

**CUADRO 9.** Evaluación de la aptitud condiciones para las condiciones para el enraizamiento.

Clase Textural	Profundidad efectiva		
	< 50 cm	50-100 cm	>100 cm
Arcillosa	4	3	1
Franco arcillo limosa	4	3	1
Franco arcillosa	3	2	1
Franco limosa	3	2	1
Franca	3	2	1

Nota: Los afloramientos rocosos son considerados como no aptos

**CUADRO 10.** Criterios para la valoración del riesgo de inundación.

Pendiente Media (%)	Densidad de drenaje		
	alta	media	baja
≤ 8	4	3	2
> 8 ≤ 16	3	2	1
> 16	1	1	1

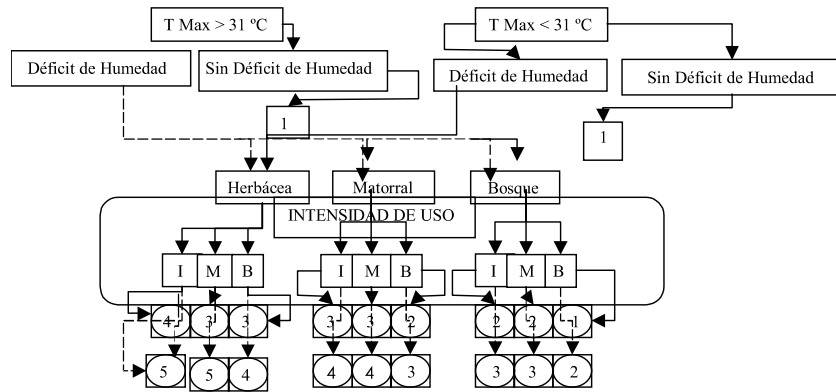
Fuente: Basado en los rangos de pendiente preestablecidos por Ospina y Elizalde (2004b).

### Riesgo de Incendio (Ric)

Las aptitudes para Ric fue estimada en función de la susceptibilidad al Ric y las fuentes de incendios, asociada a la intensidad de uso de las tierras, las condiciones inherentes al TUT, la distancia a centros poblados y la vialidad (Figura 3).

### Riesgo de Derrumbe o Desprendimiento (Rd)

El parámetro usado para su evaluación fue el RE (Cuadro 11), estimado a través del modelo pedogeomorfológico, en función del potencial de escurrimiento, el grado de intervención, la accesibilidad, la erosividad de la lluvia y la delezabilidad (Ospina y Elizalde, 2004a).



Riesgo = (1): Muy bajo; (2): Bajo; (3): Moderado; (4): Alto; (5) Muy alto  
 Intensidad de uso = I (Alta); M (Moderada); B (Baja)

**FIGURA 3.** Criterios para la valoración del riesgo de incendio. (Elaboración propia).

**CUADRO 11.** Evaluación de la aptitud por riesgos de erosión.

Cualidad	Clase			
	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy alto (%)
Potencial de escurrimiento	13,2	56,6	30,2	–
Grado de intervención	10,6	76,4	13,0	–
Accesibilidad	61,7	28,2	10,1	–
Erosividad de la lluvia	0,0	12,1	87,9	–
Deleznableidad	26,5	7,0	66,5	–
Riesgo de erosión	5,3	28,0	25,5	41,2

Fuente: Ospina *et al.* (2004).

### Traficabilidad

Esta cualidad expresa el grado de facilidad o dificultad del tránsito mecánico, animal o humano de acuerdo a los requerimientos del TUT. Se evaluó en función de las clases de pendiente, tal como se expresa en el Cuadro 12, las cuales se establecieron basados en un histograma y a valores críticos para la ocurrencia de escurrimiento.

**CUADRO 12.** Criterios para la valoración de la traficabilidad.

Clase	Limitación por pendiente	Pendiente promedio de las UT
1	Ninguna	< 4%
2	Ligera	4- 8%
3	Moderada	8 a 16%
4	Fuerte	16 a 35%, (pendiente máxima < a 100)
5	Muy fuertes	16 a 35%, (pendiente máxima > a 100)
6	Severa	35 a 40%
7	Muy Severa	> a 40%

Fuente: Ospina *et al.* (2004).

### Ubicación (U)

Se evaluó en función de la accesibilidad existente, tomando como referencia el índice de accesibilidad de cada unidad de tierra determinado a través de la longitud de la vialidad y la superficie de la unidad de tierra. El mismo fue calificado en tres clases: baja (3), moderada (2) y alta (1).

### Riesgo de Erosión Hídrica (RE)

La evaluación del riesgo de erosión toma en cuenta la susceptibilidad de la tierra a la erosión. Para ello se evaluó el riesgo de erosión laminar a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE).

El Cuadro 13 presenta los criterios aplicados para clasificar el riesgo de erosión de acuerdo a los valores de estimados de pérdida de suelo.



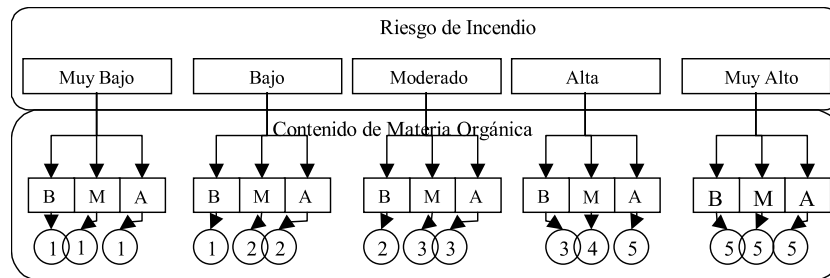
**CUADRO 13.** Criterios para la valoración de los riesgos de erosión.

Clase	Riesgos de Erosión	Riesgo de Erosión Actual (USLE)mg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
1	Baja	0 a 12
2	Moderada	12 a 24
3	Alta	24 a 50
4	Muy Alta	> 50

Fuente: FAO (1985).

**Riesgo de Degradación (Rg)**

Esta cualidad fue evaluada basado en dos criterios: a) el riesgo de degradación biológica y b) el riesgo degradación física, estimado a partir de la formación de terracetas. Para evaluar la degradación biológica se tomó en cuenta el contenido de materia orgánica y el Ric (Figura 4).



Contenido de Materia Orgánica = B(bajo), M(Moderado, A(alto)  
 Riesgo = (1): Muy bajo; (2): Bajo; (3): Moderado; (4): Alto; (5) Muy alto

**FIGURA 4.** Criterios para la valoración del riesgo de degradación biológica.

El riesgo de formación de terracetas se evaluó en función de las clases de pendiente y el uso actual de la tierra, dado que las terracetas (pisadas de vaca) se forman a muy cortas distancias, en forma de ondulaciones, y se ven favorecidas por las altas pendientes (50%), la presencia de vegetación herbácea, la presencia de suelos pocos desarrollados, y el sobrepastoreo (Cuadro 14). Por esta razón, se evalúa sólo en el TUT ganadería extensiva.

**CUADRO 14.** Evaluación de la aptitud por riesgo de degradación física.

Clase	Pendiente promedio de UT	Uso Actual (Pecuario)	Aptitud
1	< 4%	Apta	a1
2	4-8%	Moderadamente aptas	a2
3	8 a 16%	Moderadamente aptas	a2
4	16 a 35%, (pendiente máxima < a 100)	Marginalmente aptas	a3
5	16 a 35%, (pendiente máxima >a 100)	No aptas	n
6	35 a 40%	No aptas	n
7	> 40%	No aptas	n

Fuente: Ospina *et al.* (2004).

### Producción de Agua (Pa)

Esta cualidad fue evaluada por medio de un balance hídrico diario. Se considera que la cantidad de agua producida por cada UT, con cada TUT, corresponde al excedente que queda después de satisfacer las necesidades de agua de las plantas. Este excedente que se pierde en forma de escorrentía o percolación profunda, se considera como el aporte de la UT al embalse (FAO, 1990).

Así, la producción de agua en cada UT fue calculada como la sumatoria de las láminas anuales de escurrimiento y percolación para los TUT permanentes y como la sumatoria de dichas láminas, durante el ciclo vegetativo, para el caso de los TUT de ciclo corto. Una vez calculada la cantidad total de agua producida, se aplicaron los criterios mostrados en el Cuadro 15, para evaluar esta cualidad.

**CUADRO 15.** Estimación de la producción de agua en función de la demanda y oferta de agua.

Producción de Agua	Símbolo	Descripción
> 600 mm	a1	Muy apto
400 mm -600 mm	a2	Moderadamente apto
200 mm- 400 mm	a3	Marginalmente apto
< 200 mm	n	No apto

Fuente: Pineda *et al.* (2004)

### Calidad de Agua (Ca)

Esta cualidad se evaluó en función de los indicadores de Ca para consumo humano. Para ello se tomó en cuenta el índice de contaminación desarrollado por Ospina y Elizalde (2004a), como calidad inicial del agua en cada UT. Posteriormente, esta calidad inicial se ve afectada por el aporte de contaminantes (químicos y biológicos) como consecuencia del manejo tecnológico de cada TUT. Por esto, los TUT más intensivos son calificados con valores más altos de riesgo de contaminación (Cuadro 16).

**CUADRO 16.** Riesgo de Contaminación en función de los TUT.

TUT Agrícolas	Riesgo de contaminación			
	1	2	3	4
Cereales mecanizados, Hortalizas bajo riego	a2	a3	a3	n
Ganadería extensiva, Frutales bajo riego, Agroforestería	a1	a2	a3	a3
Agricultura de Subsistencia, Café bajo sombra, Pino., Teca	a1	a1	a2	a3

## Reglas para la Armonización

### Factor Agroecológico

Se considera que la calidad agroecológica más importante es la disponibilidad de humedad, tanto para los TUT de secano, como de riego. Le siguen en orden de importancia el régimen de temperatura y las condiciones de enraizamiento. El resto de las cualidades agroecológicas se consideran de importancia moderada, porque sus limitaciones pueden ser solventadas por medio de prácticas de manejo (Cuadro 17).

### Factor Conservación y Factor Manejo

Para la evaluación de las cualidades relacionadas con los requerimientos de conservación y manejo, se aplicó la ley del mínimo. Es decir, se consideró como determinante la calidad más limitante.

**CUADRO 17.** Evaluación de las aptitudes por cualidad.

DH	RT,CE	DN,CM, Rinc, Rinu, R Dder	Asignación
a3	.....	.....	A3
a2	a3 y a3	.....	A3
a2	a2 y a3, a3 y a2, a2 y a2, a1 y a3, a3 y a1	$\geq 2$ a3,	A3
a2	a2 y a3, a3 y a2, a2 y a2, a1 y a3, a3 y a1	$< 2$ a3	A2
a2	a1 y a1, a1 y a2, a2 y a1	$\geq 3$ a3, y a2 a1	A3
a2	a1 y a1, a1 y a2, a2 y a1	$< 3$	A2
a1	a3 y a3, a2 y a3, a3 y a2, a2 y a2, a1 y a3, a3 y a1	$\geq 3$ a3,	A3
a1	a3 y a3, a2 y a3, a3 y a2, a2 y a2, a1 y a3, a3 y a1	$< 3$	A2
a1	a2 y a1, a1 y a1	$\geq 3$ a3,	A2
a1	a2 y a1, a1 y a1	$< 3$	A1

Si alguna de las cualidades es valorada como no apta (N), el factor agroecológico será calificado como "N".

### Armonización de Factores

Para la obtención de la aptitud física global de las tierras, se requiere armonizar las aptitudes de los factores parciales. Para la misma se tomaron en cuenta los criterios indicados en el Cuadro 18. El factor conservación

es determinante para la evaluación final de las unidades de tierras, por lo cual debe tener mayor peso, le sigue en orden de importancia la aptitud agroecológica y por último la aptitud de manejo. Por lo tanto, para el establecimiento de las reglas se le asignó un peso cada cualidad, de acuerdo a estas consideraciones, tal como se describe en Casanova y Vilorio (2004).

**CUADRO 18.** Evaluación de las aptitudes factores conservación, agro- ecológicos y manejo.

Conservación	Agroecológicos	Manejo	Asignación
A3	.....	.....	A3
.....	A3	.....	A3
A2	A1-A2	.....	A2
A1	A2	.....	A2
A1	A1	A3	A2
A1	A1	A1-A2	A1

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de tierras con fines agrícolas se realizó sólo en las áreas con posibilidades de uso (30 000 ha, aproximadamente) identificadas por la evaluación ambiental precedente (Pineda *et al.*, 2004). Vale la pena destacar que dos terceras partes de esta superficie (19 938 ha) muestran evidencias de erosión actual moderada a fuerte, y por esta razón requieren la aplicación de medidas de rehabilitación.

Por otra parte, las delimitadas por la evaluación ambiental como áreas con prioridad de preservación y rehabilitación (176 441 ha), han sido analizadas *a priori* como no aptas para los tipos de utilización considerados en este estudio. En efecto, estas áreas deben ser descartadas de cualquier proyecto de desarrollo agrícola, debido a su fragilidad ambiental o su importancia para la captación de agua en la cuenca.

La evaluación agrícola de las tierras se limitó a predecir la aptitud física de éstas para el desarrollo de los TUT seleccionados, sin tomar en cuenta su rentabilidad económica. Aún así, permitió integrar la información

generada por diversos investigadores en proyectos que se ejecutaron en forma paralela con el fin de caracterizar la geomorfología, los suelos, el clima y las condiciones socioeconómicas de la cuenca. Es importante tomar en cuenta que el área de estudio forma parte del 10% del territorio de Venezuela no cubierto por mapas de suelo a escala 1: 250 000.

En este estudio se han incluido cualidades de la tierra relacionadas con la producción y calidad del agua lo cual constituye una innovación con respecto al procedimiento convencional de evaluación de tierras agrícolas. Como justificación de esta innovación se debe enfatizar que, por tratarse de una cuenca hidrográfica, los tipos de utilización de la tierra serán aptos sólo en la medida que permitan conciliar la producción de alimentos o fibras con la producción sostenible de agua.

Si bien la evaluación agrícola de la tierra se circunscribió a las áreas con posibilidades de uso, no se identificaron áreas muy aptas para los TUT actuales. Así mismo, la superficie de tierras marginalmente aptas o no aptas para estos TUT fue superior a la superficie de tierras moderadamente aptas. Esto pone de manifiesto la necesidad de introducir cambios en el uso actual de la tierra en esta cuenca, a fin de garantizar la producción sostenible de agua en la misma.

Así, según el sistema de información ambiental de la cuenca alta del río Guárico (SIACARG, 2001) casi el 70% de la superficie de la cuenca está dedicado a ganadería extensiva. Sin embargo, de acuerdo a este estudio, las tierras moderadamente aptas para ganadería extensiva abarcan sólo el 2% de la cuenca y se localizan principalmente en el valle de Tucutunemo (Figura 5), donde este TUT difícilmente puede competir con otros usos agrícolas más rentables. Las tierras marginalmente aptas para este TUT (4% del área) son limitadas principalmente por las cualidades riesgo de erosión, riesgo de degradación y calidad del agua. El resto de las tierras de la cuenca son no aptas para ganadería extensiva debido a su alto riesgo de erosión o de degradación física por la formación de terracetas.

Por otra parte, el TUT agricultura de subsistencia fue considerado moderadamente apto en las áreas de valle (16 000 ha). Las áreas calificadas como marginalmente aptas (5% del área) y no aptas (87%), presentan limitaciones por disponibilidad de humedad, riesgo de inundación o riesgo de erosión.

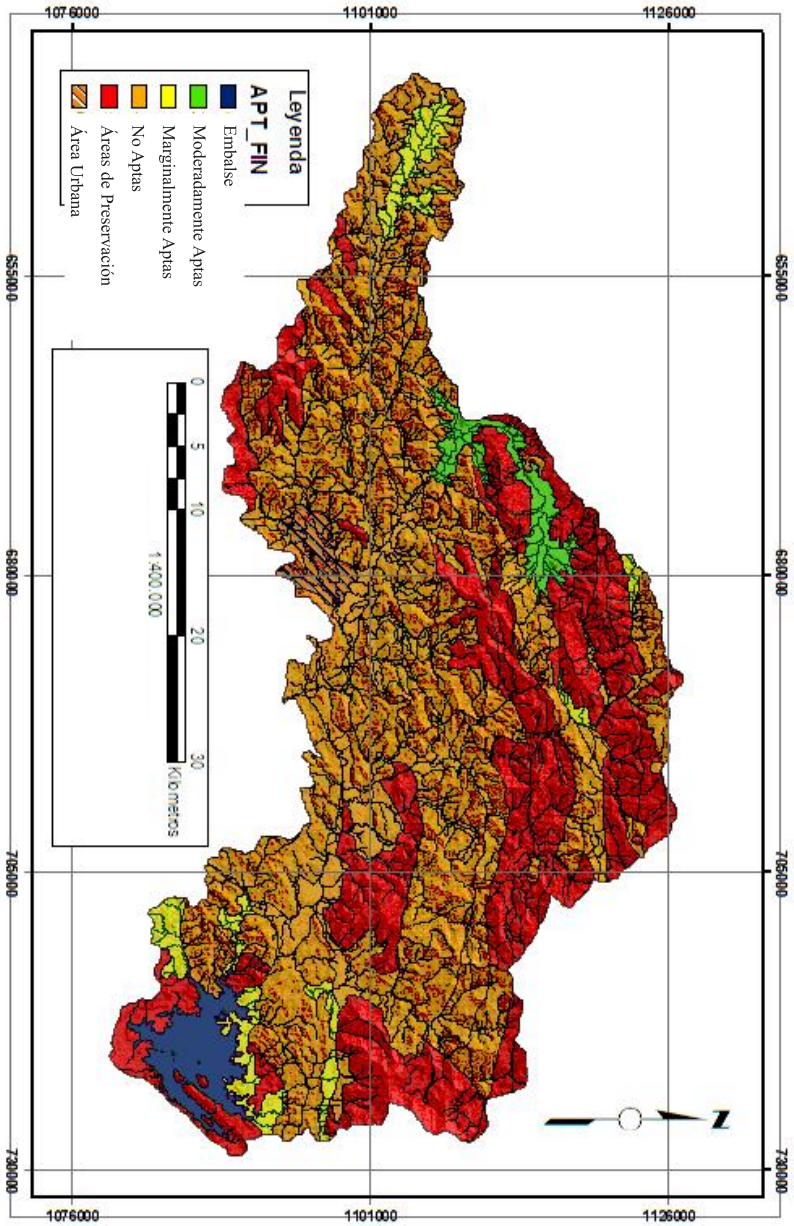


FIGURA 5. Aptitud de las Tierras para el TUT ganadería extensiva.

Las tierras moderadamente aptas para los otros TUT actuales incluyen alrededor de 8 205 ha (4%) para cereales mecanizados, un poco más de 1 400 ha (0,7%) para hortalizas bajo riego y de 9 000 ha (4%) para frutales bajo riego. Estas tierras se localizan principalmente en los valles, incluyendo el valle de Tucutunemo y presentan limitaciones tales como disponibilidad de humedad, riesgo de inundaciones y riesgo de incendio, dada su cercanía a las áreas urbanas. Las áreas calificadas como marginalmente aptas para estos TUT (Cuadro 19) están limitadas por las cualidades producción de agua y calidad de agua y, en algunos casos, por cualidades relacionadas con el manejo; mientras que las áreas calificadas como no aptas tienen riesgos severos de erosión.

Al comparar los TUT potenciales con los TUT actuales se observa un incremento de la superficie de tierras moderadamente aptas. Estas tierras se encuentran limitadas principalmente por la disponibilidad de humedad, las condiciones de enraizamiento, los riesgos de derrumbe o la disponibilidad de nutrientes. Por su parte, las tierras marginalmente aptas para los TUT potenciales, se encuentran limitadas, además, por la calidad producción de agua, las cualidades relacionadas con el manejo, y en el caso del café, además de las anteriores, por condiciones de enraizamiento, temperatura, disponibilidad de agua y riesgo de derrumbe.

La Agroforestería (Cuadro 19) fue recomendada en talleres de expertos como un TUT potencial como posible sustituto de la ganadería extensiva. Las tierras calificadas como moderadamente aptas para este TUT abarcan un 18% del área de estudio. Las tierras marginalmente aptas (37% del área) son afectadas por la calidad producción de agua y, en algunos casos, por cualidades relacionadas con el manejo (Figura 6).

El café bajo sombra (Cuadro 19), a pesar de ser un TUT actual, fue recomendado como TUT potencial por sus atributos conservacionistas. Las áreas calificadas como no aptas (18% de la cuenca) se deben principalmente a la calidad producción de agua y, en segunda instancia, a las condiciones de enraizamiento o de manejo (pendiente). Las tierras calificadas como marginalmente aptas (38%) se deben a las condiciones de temperatura, disponibilidad de humedad, condiciones de enraizamiento y riesgo de derrumbe y, en menor grado, a la calidad producción de agua. Las unidades consideradas como moderadamente aptas (9%), tienen limitaciones similares a las anteriores, pero en menor grado. En función de estos resultados, este TUT puede ser una alternativa para las zonas más altas de la cuenca.



**CUADRO 19.** Aptitud de las tierras de la cuenca alta del Río Guárico para los tipos de utilización de la tierra seleccionados

TUT	Moderadamente		Apto		Marginalmente Apto		No Apto		Áreas de Preservación	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Agricultura de subsistencia	16 007,47	7,55	11 451,11	5,40	113 901,66	53,72	64 515,12	30,43		
Cereales mecanizados	8 205,28	3,87	6 211,52	2,93	11 904,64	5,62	176 441,38	83,22		
Hortalizas bajo riego	1 446,92	0,68	13 274,60	6,26	11 599,92	5,47	176 441,38	83,22		
Frutales bajo riego	9 039,16	4,26	16 473,68	7,77	808,60	0,38	176 441,38	83,22		
Ganadería extensiva	4 936,90	2,33	9 343,98	4,41	123 966,83	58,47	64 515,12	30,43		
Agroforestería	37 561,49	17,72	77 875,72	36,73	22 810,49	10,76	64 515,12	30,43		
Café bajo sombra	19 864,97	9,37	80 624,23	38,03	37 758,50	17,81	64 515,12	30,43		
Pino	32 664,12	15,41	72 941,85	34,41	32 641,74	15,40	64 515,12	30,43		
Teca	26 603,03	12,55	79 002,93	37,26	32 641,74	15,40	64 515,12	30,43		

Nota: La superficie del embalse de Camatagua es de 6 133,80 ha. El área evaluada para el TUT agricultura de subsistencia incluye 3 112,54 ha (%) mapeadas como área urbana.

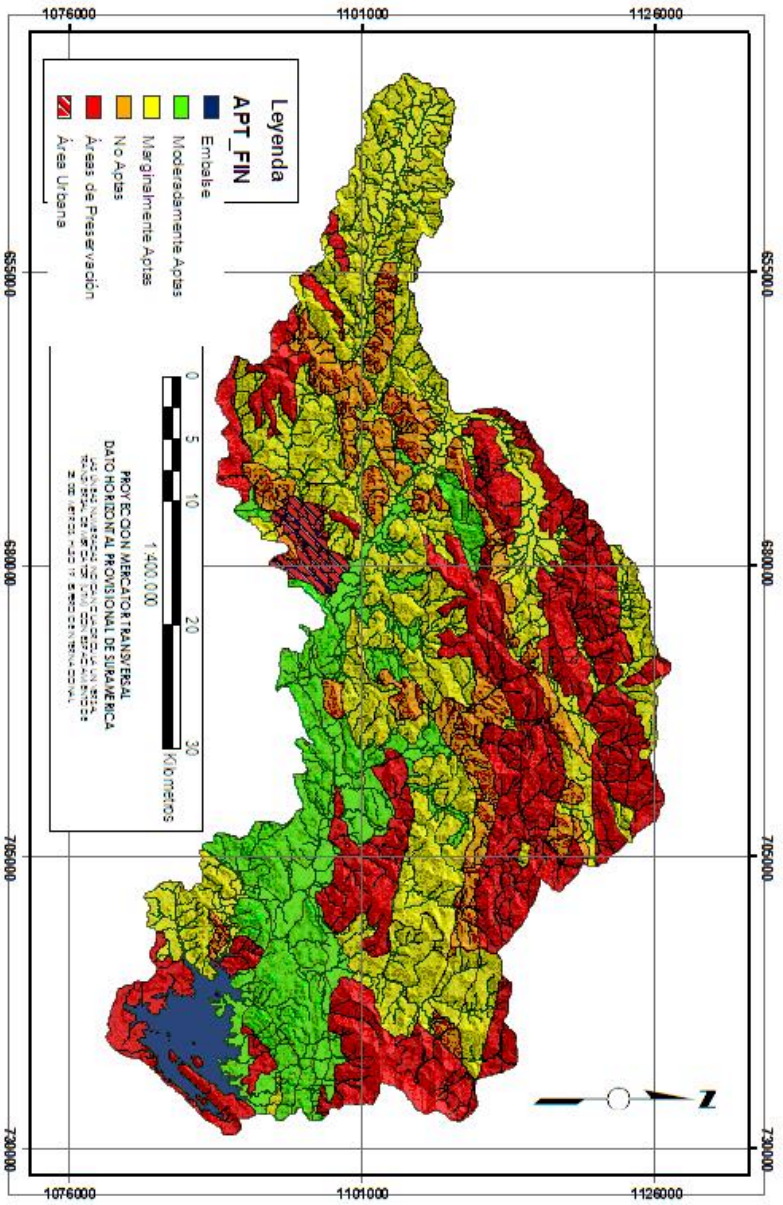


FIGURA 6. Aptitud de las Tierras para el TUT Agroforestería.

El TUT pino (Cuadro 19), es calificado como no apto es zonas con pendientes elevada, y por problemas en la producción de agua, a pesar, que desde el punto de vista agro ecológico algunas de estas unidades de tierra podrían ser calificadas como moderadamente aptas. Las unidades marginalmente aptas (34% del área) se deben a deficiencias en la producción de agua y por las cualidades relacionadas con el manejo. Las UT moderadamente aptas (15% del área) fueron calificadas así por limitaciones en disponibilidad de humedad, condiciones de enraizamiento, riesgo de derrumbe y el resto de las cualidades de manejo y conservación.

El TUT Teca (Cuadro 19), posee menor superficie de tierras moderadamente aptas (13%), debido a que posee mayores requerimientos de disponibilidad de agua y nutrimentos.

A pesar de que al realizar la evaluación de los TUT potenciales, no se obtuvieron áreas muy aptas para el desarrollo de los mismos, las tierras moderadamente aptas para cada TUT no ocupan las mismas áreas geográficas, ya que los TUT agroforestería y café bajo sombra tienen diferentes requerimientos. Esto permite dedicar una mayor área de la cuenca a usos agrícolas. En función de estos resultados se recomienda realizar una zonificación ecológica y económica de tierras. Así mismo, se recomienda usar dichas evaluaciones, conjuntamente con la evaluación ambiental, para elaborar un plan de ordenamiento y reglamento de uso de esta cuenca, que le de prioridad a la producción de rubros conservacionistas y al mantenimiento de la cantidad y calidad del agua producida por la cuenca.

## CONCLUSIONES

- Los resultados de este trabajo contribuyen con una metodología para la evaluación agrícola en cuencas hidrográficas en Venezuela cuya misión es la producción de agua para consumo humano, agrícola e industrial. Así, este trabajo ha generado pautas técnicas que sirvan de base a la planificación y seguimiento del uso rural de la tierra en la cuenca alta del Río Guárico para la producción sostenible de agua; ya que toma en consideración de forma sistemática e integral, aspectos de carácter físico-natural y socio-económico, siguiendo el esquema de evaluación de tierras sobre las directrices de la FAO.

- 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 práctica actualmente, demuestra que este estudio es apto en menos de 7% de la superficie de la cuenca. 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. Adicionalmente se recomienda la expansión de las superficies cultivadas de café bajo sombra y la posibilidad de incorporar plantaciones forestales con fines semicomerciales.
- En las zonas con posibilidades de uso, localizada fundamentalmente en los Valles del Tucutunemo y tramos alto y medio Río Guárico, es posible el desarrollo de cultivos agrícolas más intensivos, como cereales mecanizados, frutales y hortalizas bajo riego. Sin embargo, para garantizar la sostenibilidad de estos usos, se hace necesario racionalizar el uso del agua mediante la incorporación de prácticas de irrigación más eficientes y ajuste de calendarios de riego, incorporar prácticas de manejo conservacionista, para minimizar los problemas de erosión e incorporar de prácticas de manejo más orgánicas, tendentes a disminuir el uso de agroquímicos y por ende bajar los riesgos de contaminación de las aguas.

## BIBLIOGRAFÍA

CASANOVA, E. y J. VILORIA. 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. MCT-FONACIT-UCV, Agronomía, Maracay. 240 p.

COMERMA, J. y D. MACHADO. 2001. Planificación del Uso de los Recursos Naturales en las Cuencas Hidrográficas. **In:** XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Cuba, 20 p.

DOORENBOS, J. and A. H. KASSAM. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, Roma. 193 p.

EDELCA. 2003. Evaluación de Recursos y Zonificación de la Cuenca del Río Caroní. Evaluación Ambiental, Agrícola y Forestal de Las Tierras (FAO). Versión Preliminar. Caracas. 161 p.

ELIZALDE, G. 1983. Ensayo de Clasificación Sistemática de Categorías de Paisajes. Primera aproximación. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. 46 p.

FAO. 1985. Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura de secano. Boletín de suelos de la FAO 52. Roma. 268 p.

FAO. 1990. Evaluación de tierras para la agricultura de regadío: directivas. Boletín de suelos de la FAO 55. Roma. 289 p.

INE. 2001 Censo General de Población y vivienda. Tabulaciones prioritarias. Registro de Estructura, Venezuela. s/p. <http://www.ine.gov.ve>

JACOME, A. M., G. AGUERREVERE y M. T. LÓPEZ. 2001. Sistema de información ambiental cuenca alta del Río Guarico. Fundacite Aragua- Informe final 110 pp.

KLINGEBIEL, A. A. y P. M. MONTGOMERY. 1962. Clasificación por capacidad de uso de las tierras. Trad. del Manual N° 219. USDA. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. 33 p.

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. C. PINEDA, E. CASANOVA y J. VILORIA. 2004. Evaluación ambiental de la cuenca alta del Río Guárico con fines de producción sostenible de agua. **In:** Informe Final Directrices Técnicas y Propuesta Metodológica para la Planificación del Uso de la Tierra con fines de Producción Sostenible de Agua en la Cuenca Alta del Río Guárico; Núcleo de Investigación y Excelencia, Proyecto Iniciativa Científica del Milenio, FONACIT- MCY y Banco Mundial. [www.carg.info.ve](http://www.carg.info.ve). 36 p.

McRAE, S. G. and C. P. BURNHAM. 1981. Land Evaluation. Clarendon Press, Oxford, 239 p.

MORALES, A. y J. VILORIA. 2004. Predicción de Propiedades Relevantes de Suelo a partir de los Atributos de Paisaje en la Cuenca Alta del Río Guárico. Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. 12 p.

OSPINA, A., G. ELIZALDE., J. VILORIA y 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, 120 p.

OSPINA, A. y G. ELIZALDE. 2004a. Modelo Pedogeomorfológico de la Cuenca Alta del Río Guárico, versión 2,0, Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. 120 p.

OSPINA, A. y G. ELIZALDE. 2004b. Clasificación de Paisajes de la Cuenca Alta del Río Guárico, versión 1,0, Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. 71 p.

PINEDA, C., D. MACHADO, J. OCHOA y J. VILORIA. 2004. Evaluación ambiental y agrícola de tierras de la cuenca alta del Río Guárico con fines de producción sustentable de agua. Manejo integral de la cuenca alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. 240 p.

PORTA, J., M. LÓPEZ-ACEVEDO y C. ROQUERO. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ª edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 850 p.

SIACARG. 2001. Sistema de Información Ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico, Informe Final, Fundacite Aragua. 110 p.

VILORIA, J., M. PRIMERA y M. PUCHE. 2005. Mapa de isoyetas para la Cuenca Alta del Río Guárico usando kriging ordinario. Primeras Jornadas Nacionales de Geomática. Fundación Instituto de Ingeniería, Centro de Procesamiento Digital de Imágenes, Caracas. 27 p.