

# Sustentabilidad de los paisajes andinos de Venezuela. Emergencias territoriales prioritarias en la conservación del agua

*Sustainability of the Venezuelan Andean landscape.  
Priorities in territorial emergencies in water conservation*

Goldstein Isaac<sup>1</sup>, Rojas López José<sup>2</sup>, Pulido Nubis<sup>2</sup> y Molina Zuleima<sup>2</sup>

*Recibido: noviembre, 2011 / Aceptado: marzo, 2012*

## Resumen

Los paisajes andinos de Venezuela están conformados por un mosaico altamente diverso de clima, suelos, vegetación y formas culturales debido tanto al gradiente altitudinal, origen geológico y disposición topográfica, como a la historia de su ocupación humana. Este megapaisaje está asociado a una importante oferta hídrica. Sin embargo, la calidad y cantidad de agua están íntimamente ligadas a la conservación de los remanentes silvestres de bosque y páramo de la región. La reducción de esta cobertura podría poner en peligro el recurso agua y con ello la misma sostenibilidad de las actividades humanas y de los procesos ecológicos, esto es, la sustentabilidad del paisaje tal como se conoce hoy. Este trabajo evalúa los cambios en la cobertura del suelo y la población urbana en los Andes de Mérida durante el período 1988-2001. Los resultados revelan una pérdida importante de cobertura silvestre, conformándose progresivamente un paisaje muy fragmentado, que podría presentar problemas para la sostenibilidad de los procesos ecológicos, con efectos importantes en el recurso agua. Aunque el trabajo no puede precisar la urgencia que amerita el agua como servicio ambiental, se identifican las dos cuencas que presentan en la actualidad los procesos de intervención más dinámicos y que podrían llevar más rápidamente a situaciones de urgencia en la disponibilidad del recurso.

**Palabras clave:** Dinámica territorial; poblamiento urbano; deforestación; sustentabilidad; cuencas hidrográficas.

## Abstract

The Venezuelan Andean landscapes are made up of a very diverse mosaic of weather, land, vegetation and cultural elements due to elevation differences, geological origin and topography as well as to the history of human settlements. This large landscape is related to an important hydric resource. However, the quality and quantity of water are closely related to the conservation of the remnants of wild forest, moor of the region. The decrease of this

1 Wildlife Conservation Society, New York-USA. Correo electrónico: igoldstein@wcs.org

2 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Mérida-Venezuela. Correo electrónico: jrojaslopez34@gmail.com; npulido@ula.ve; gmolina@ula.ve

coverage could jeopardise the water resources and, with that loss, the continuity of human activity and ecological processes; that is, the viability of the landscape as we know it today. This paper evaluates the changes in land coverage and urban population in the Andean region of Mérida between 1988 and 2001. The results show an important loss of wild coverage, revealing a landscape that is progressively fragmented, that could have problems for the sustainability of ecological processes with important impact on water resources. Even though this work cannot precisely identify the emergency that water deserves as an environmental service, we do identify the two basins that currently reveal the most dynamic intervention processes that could quickly lead to an urgent situation concerning the availability of water.

**Key words:** Land dynamics; urban population; deforestation; hydrographic basins.

## 1. Introducción

Son múltiples los factores que producen cambios en los usos de la tierra y la concentración de las poblaciones humanas. La desigual actuación de esos factores en tiempo y espacio genera una compleja diversidad del espacio geográfico, en la cual se pueden diferenciar variadas dinámicas territoriales a diferentes escalas (Rojas López, 2005). De ahí que las presiones derivadas del aprovechamiento de los recursos naturales, el crecimiento económico y demográfico y las políticas territoriales, puedan comprometer la sostenibilidad de los paisajes.

La cordillera de Mérida, pese a constituir la región productora de agua más importante del occidente de Venezuela (Vivas, 1992), y disponer de una considerable extensión bajo régimen de protección ambiental, está sometida a una continua presión humana que puede alterar el funcionamiento equilibrado de los ecosistemas y, en consecuencia, la cantidad y calidad del recurso hídrico. Esta contribución analiza las transformaciones geográficas ocurridas en las principales cuencas hidrográficas de la cordillera,

mediante la interpretación de índices de cambio en la cobertura del suelo y el poblamiento urbano, con el propósito de identificar las cuencas de mayores cambios entre los años 1988 y 2001, período del cual se pudo disponer de información satelital aceptablemente confiable.

## 2. Breve marco teórico conceptual

Se parte de una noción raizal en Geografía según la cual los ecosistemas naturales se transforman en territorios cuando son apropiados, valorados e intervenidos por la sociedad para satisfacer sus necesidades de alimentación, habitación, producción, circulación y recreación. En ese proceso de historia territorial, se modifican y combinan de diversas formas tres grupos distintos de factores: abióticos, bióticos y antrópicos, los cuales poseen características y dinámicas propias en tiempo y espacio. Por ello, los territorios no son entidades homogéneas, sino diferenciadas en paisajes, esto es, estructuras abiertas, donde es posible identificar interacciones entre un potencial abiótico, una realidad biológica y una acción an-

trópica, cuyos niveles de generalización dependen de la escala de observación. En otras palabras, los territorios que resultan pueden ser entendidos como geosistemas, o sistemas de paisajes, en una jerarquía de escala variable (Bertrand, 1968).

Por otra parte, los flujos y ciclos de materiales, energía e información, entre y al interior de los geosistemas raramente alcanzan estados de equilibrio debido a las perturbaciones humanas. Incluso, alta presión antrópica y baja resiliencia pueden combinarse, generando cambios irreversibles en la base ecológica. Luego, la sustentabilidad puede interpretarse como la capacidad del sistema de mantener los cambios antrópicos entre umbrales de resiliencia que aseguren la continuidad de los procesos ecológicos. Por tanto, la tolerancia a dichos cambios depende tanto de la intensidad y extensión de las presiones externas como de la resiliencia de los sistemas (Holling, 1996; Walker *et al.*, 2006).

El análisis de la sustentabilidad de los paisajes andinos amerita, por consiguiente, el desarrollo de algunos conceptos operativos, que sirvan de fundamento al estudio de la estructura y dinámica de los territorios. En este sentido, se han construido dos conceptos que permiten entender los cambios a distintas escalas de análisis: áreas emergentes (AE) y sistema-paisaje de áreas emergentes (SIPAER). A escala regional, son áreas emergentes aquellas cuencas hidrográficas en las que se registra el mayor dinamismo en los usos del suelo y la población asentada en centros urbanos. En

este caso, más que a propiedades específicas de un cierto orden de organización sistémica, el concepto de emergencia se refiere a las mayores tasas de cambio en la cobertura vegetal y el poblamiento urbano. En tal sentido, lo que se pretende detectar son las emergencias territoriales en el mosaico de cuencas hidrográficas de la región.

En sintonía con el concepto anterior los sistemas-paisaje son, a su vez, los complejos territoriales más dinámicos identificados al interior de las cuencas emergentes. Implican un cambio en la escala de análisis, es decir, una apreciación sub-regional o local de la intensidad de los cambios y relaciones entre uso de la tierra, población humana, biodiversidad y productividad económica. Por ello permiten un análisis territorial integrado de los flujos actuales del recurso agua. En gran medida, son equivalentes al concepto de geosistema de la geografía francesa (Bertrand, 1968), pero se diferencian en la centralidad que adquiere, en este caso, el análisis integrado del recurso agua. Ello es de mayor interés metodológico, porque la multiescala se revela en los estudios geoecológicos como una herramienta poderosa para explicar los flujos y transferencias entre distintos ámbitos territoriales, utilizando las ventajas del procesamiento digital de imágenes satelitales y los sistemas de información geográfica (Frolova, 2005).

Estos conceptos constituyen un aporte a los estudios de las cuencas hidrográficas, entendidas como territorios de múltiples y heterogéneos geosistemas, en tanto facilitan la jerarquización y

orientación de las políticas de ordenación territorial, conservación y manejo de los recursos en cuencas y subcuencas prioritarias (Diamond *et al.*, 2005). Los alcances de esta primera contribución del proyecto de investigación se limitan a identificar las cuencas emergentes de los Andes venezolanos, a una escala de gran visión (1:250.000), con el apoyo de tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica. Estas cuencas servirán de marcos geográficos para el posterior análisis de los SIPAER a escala iguales o mayores a 1:100.000.

### 3. El área de estudio

En sentido estricto, los Andes de Venezuela constituyen un sistema montañoso integrado por la cordillera de Perijá, el macizo de Tamá y la cordillera de Mérida. Sin embargo, por su extensión territorial, altitud e importancia histórica, se denomina usualmente como Andes venezolanos a la cordillera de Mérida. Esta cordillera forma un alargado y estrecho rectángulo de 400 km de largo y 100 km de ancho en promedio, dispuesto con orientación SO-NE en el occidente del país. Dos depresiones tectónicas la delimitan en ambos extremos: la del Táchira en el SO y la de Lara en el NE, y dos alargadas y estrechas fajas piemontinas la separan de las llanuras aluviales cuaternarias del lago de Maracaibo y los llanos del Orinoco.

Desde el punto de vista geológico-estructural son una cadena caracterizada por pliegues de gran radio de curvatura y

sectores fuertemente compresivos en sus estratos rocosos y, morfológicamente, se destacan dos largos ejes de relieve con altitudes superiores a los 3.000 msnm. Este carácter geomorfológico le imprime al relieve una pronunciada masividad, al lado de una topografía abrupta dominada por sierras dentadas, separadas entre sí por hendiduras profundas, correspondientes a valles longitudinales y transversales (Vivas, 1992). Para efectos de este trabajo, el área de estudio comprende la cordillera de Mérida, el macizo de Tamá, parte de la llanura aluvial del SO del lago de Maracaibo y parte de la llanura aluvial andino-llanera (Figura 1). Incluye, de esta manera, ejes mayores de relieve, valles intramontanos longitudinales y transversales, flancos externos, piedemontes y llanuras aluviales circundantes.

Los flancos exteriores están dominados por vertientes abruptas, de pendientes largas y rectilíneas superiores a 40%. Esta característica es la que ha sido más limitante para el uso de la tierra; de allí la poca intervención observada, en comparación con las vertientes interiores, piedemontes y planicies aluviales. Los piedemontes son fundamentalmente colinas bajas disectadas e individualizadas, con frecuencia redondeadas y alargadas, de vertientes cortas y pendientes poco pronunciadas; las llanuras aluviales, en cambio, son formaciones sedimentarias de los ríos que nacen en las vertientes exteriores de la cordillera, caracterizadas por muy bajas pendientes.

A consecuencia del gradiente altitudinal, la diferente exposición de las vertientes interiores a la radiación solar, la

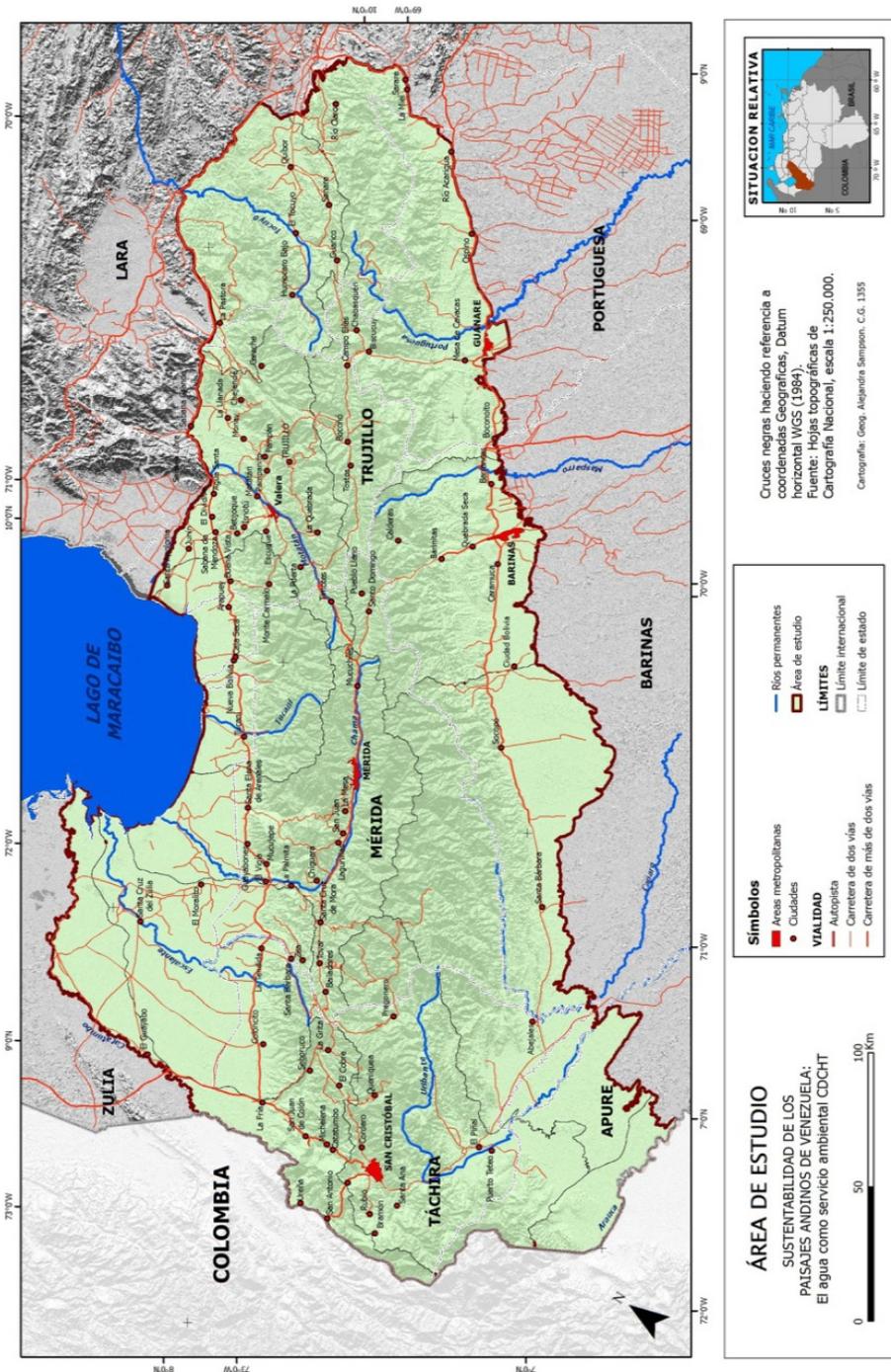


Figura 1. Área de estudio

influencia de las masas de aire sobre los flancos exteriores y la diversidad de valles fluviales, en los Andes se encuentra la mayor diversidad climática de Venezuela, la que actuando sobre la diversidad litológica, determina en buena medida un mosaico de suelos y vegetación.

Así, se observan áreas hiperhúmedas en los sectores medios de los flancos montañosos, bolsones semi-áridos muy definidos a lo largo de la cordillera (precipitaciones entre 500 y 700 mm) y páramos secos como Piedras Blancas (500 mm), cercanos a páramos húmedos, como La Culata (1.186 mm), además de marcadas diferencias en los patrones estacionales de lluvias en las vertientes exteriores: el patrón bimodal del flanco noroccidental, influido por los vientos del lago de Maracaibo, y el patrón unimodal de la vertiente suroccidental, influida por los vientos llaneros. La red hidrográfica de la vertiente sur drena la mayor parte del agua al río Apure y a través de éste al río Orinoco. La vertiente norte, en cambio, alimenta los drenes que discurren hacia la depresión del lago de Maracaibo.

La diversidad de climas, aunada a los distintos tipos de suelos, resulta en numerosos tipos de bosques y algunos páramos con alto grado de endemismo florístico (Huber y Alarcón, 1988). A pesar de la densidad de población, relativamente elevada desde las culturas indígenas, se han conservado extensiones considerables de vegetación natural, debido a que ocupan vertientes empinadas, o por condiciones climáticas y edáficas desfavorables para las actividades agrícolas (Huber, 1986). De este modo, las selvas

nubladas y los páramos destacan como los tipos más característicos de vegetación de la cordillera (Monasterio, 1980).

Las selvas nubladas coinciden con altas precipitaciones entre los 2.000 y 3.000 msnm, tanto en las vertientes exteriores, como en laderas interiores de los valles intramontanos. Constituyen una verdadera esponja o reservorio hidrológico que nutre la red que drena hacia el lago de Maracaibo y los llanos y, a la vez, regula tanto el régimen de los ríos como las inundaciones de las tierras bajas (Zinck, 1986). La relación entre la selva nublada y el suelo es muy estrecha, pues el suelo actúa como soporte del bosque y éste como protector del suelo en ambientes de alto potencial erosivo, dadas las altas pendientes y precipitaciones; en efecto, es frecuente encontrar movimientos de masa como soliflucción, deslizamientos y derrumbes. Una vez que desaparece el bosque nublado, se rompe el ciclo de nutrientes y es reemplazado por una vegetación herbácea o arbustiva de poca capacidad para almacenar el agua, reducir la escorrentía y evitar la erosión del suelo, lo cual acentúa los movimientos de masa. Los páramos, por otro lado, son de particular importancia por su considerable extensión, función ecológica y alto grado de endemismo. Son también un importante reservorio de agua y un polo de atractivo turístico regional e internacional. Las lagunas y depresiones turbo-pantanosas de origen glaciario, sobre los 4.000 msnm, constituyen el nacimiento de muchos de los principales ríos andinos.

Las características de las selvas nubladas y los páramos, convierten a la

cordillera de Mérida en un verdadero sistema de producción de agua. La masividad de la cordillera, las apreciables precipitaciones, la capacidad de retención de humedad, más los índices de evaporación relativamente bajos, debido a la alta nubosidad y temperaturas moderadas, explican la abundancia del recurso representado por la extensa red hidrográfica. En virtud de ello, se han decretado figuras jurídicas de protección ambiental, como parques nacionales, reservas hidrológicas y zonas protectoras (Cuadro 1).

#### 4. Factores movilizados de los cambios regionales

En esta complicada geodiversidad natural destacan tres grandes factores socioeconómicos que movilizan la base de recursos naturales: el poblamiento, la agricultura y la infraestructura de transporte, los cuales agregan mayor heterogeneidad al territorio regional.

En términos de ocupación humana debe resaltarse que los principales centros urbanos y áreas productivas del proceso colonizador hispano se ubicaron en los mismos espacios de las comunidades indígenas, las partes medias y altas de los valles longitudinales de los ríos Torbes, La Grita, Mocotíes, Chama, Santo Domingo, Burate, Boconó, Tucuyo, Motatán, Castán y Carache. Desde el último cuarto del siglo XIX hasta la tercera década del siglo XX, la red de asentamientos andinos se consolidó con el auge de la economía cafetalera, cuyos volúmenes

de exportación estimularon la construcción de algunos tramos ferroviarios hacia los puertos del sur del lago de Maracaibo (Rojas López, 1981-82).

La actual estructura de la red regional de asentamientos fue claramente influenciada por la construcción de carreteras troncales durante el siglo XX, una vez que la economía petrolera reemplaza la economía del café y se establece un predominio de las actividades de comercio y servicios. El primer eje vial fue la carretera Trasandina (1926), cuyo trazado remonta la montaña y desde el páramo continúa longitudinalmente hasta la depresión del Táchira. El segundo eje es la troncal del piedemonte lacustrino o carretera Panamericana, construida entre los años 1952 y 1955 y, el tercero, es la troncal del piedemonte llanero (1964-1966), que une las ciudades de Barinas y San Cristóbal. Las troncales piemontinas desataron un flujo migratorio particularmente importante desde las zonas altas hacia las zonas bajas andinas, cuyos efectos fueron notables en la eliminación de las masas boscosas, el poblamiento anárquico de las planicies, la ganadería extensiva y los cultivos de musáceas en el sur del lago de Maracaibo y ganadería semi-intensiva y cereales en los llanos altos occidentales. Estas troncales integraron la región, en particular con los mercados urbanos del centro-norte, principal destino de la producción agropecuaria.

A partir de los años setenta del siglo pasado, se inicia un proceso de modernización agraria de los llamados valles altos, con la introducción del riego por aspersión, fertilizantes y biocidas sintéti-

**Cuadro 1. Áreas protegidas con vocación protectora de bosques**

Nombre	Ubicación	Superficie (has)
Area Boscosa Cerro Machado - El Silencio	Tachira	5956
Area Boscosa Paramo Las Lajas	Tachira	2231
Area Boscosa Piedemonte Portuguesa	Barinas - Portuguesa	54065
Monumento Natural Abra Rio Frio	Tachira	1282
Monumento Natural Chorreras Las Gonzales	Merida	126
Monumento Natural Laguna de Urao	Merida	29
Monumento Natural Meseta La Galera	Merida	38
Monumento Natural Teta de Niquitao - Guirigay	Trujillo - Barinas - Merida	6812
Parque Nacional Chorro El Indio	Tachira	75200
Parque Nacional Dinira	Lara - Portuguesa - Trujillo	45238
Parque Nacional El Guache	Portuguesa - Lara	12200
Parque Nacional El Tama	Tachira - Apure	139000
Parque Nacional General Cruz Carrillo	Portuguesa - Trujillo	21000
Parque Nacional General Juan Pablo Peñaloza	Merida - Tachira	75200
Parque Nacional Sierra de la Culata	Merida - Trujillo	200400
Parque Nacional Sierra Nevada	Barinas - Merida	276446
Parque Nacional Tapo - Caparo	Barinas - Merida - Tachira	206000
Parque Nacional Terepaima	Lara - Portuguesa	18650
Parque Nacional Yacambu	Lara - Portuguesa	14580
Reserva Forestal San Camilo	Apure	97100
Reserva Forestal Ticoporo	Barinas	187156
Reserva Nacional Hidraulica Aguas Calientes	Tachira	2924
Reserva Nacional Hidraulica Cerro Machado - El Silencio	Tachira	5956
Reserva Nacional Hidraulica Guanare - Masparro	Barinas - Portuguesa	501000
Reserva Nacional Hidraulica Paramo La Laja	Tachira	2231
Reserva Nacional Hidraulica San Pedro del Rio	Tachira	369
Reserva Nacional Hidraulica Zona Sur del Lago de Maracaibo	Zulia - Tachira - Merida	618000
Zona Protectora Cuenca del Rio Mucujepe (29)	Merida - Tachira - Zulia	101125
Zona Protectora Cuenca Alta del Rio Tocuyo - Sector Curarigua (11)	Lara	74358
Zona Protectora Cuenca Alta del Rio Tocuyo - Sector Dos Cerritos(55)	Lara	71940
Zona Protectora Sur-Este Lago de Maracaibo - Santo Domingo - Motatan	Merida	406662
Zona Protectota Cuencas de los Rios Guanare - Bocono - Tucupido - Masparro - La Yuca	Barinas - Lara - Portuguesa - Trujillo	422443
Zona Protectora Rio Castan	Trujillo	31357
Zona Protectora Sub cuenca Rio Momboy	Trujillo	12554
Zona Protectora Sub cuenca Quebrada Las Gonzales	Merida	11220
Zona Protectora Rio Mucujun	Merida	19450
Zona Protectora Cuenca Rio Capaz	Merida	45875
Zona Protectora Cuenca del Rio Albarregas	Merida	11948
Zona Protectora Cuenca de los Rios Escalante y Orope	Merida - Tachira - Zulia	SD
Zona Protectora Areas Metropolitana de San Cristobal	Tachira	10000
Zona Protectora Cuenca de la Quebrada La Machiri	Tachira	2000
Zona Protectora de las Ciudades de San Antonio, Ureña y Aguas Calientes	Tachira	6223
Zona Protectora de la Ciudad de Rubio	Tachira	23760

Fuente: Bevilacqua *et al.*, 2006

cos, nuevas variedades de papa y difusión del cultivo de hortalizas. De este modo, los páramos más bajos y secos son objeto de una fuerte actividad productiva, pues los cultivos tradicionales de secano fueron sustituidos por cultivos regados de alto rendimiento. Hoy, estos valles producen casi toda la hortaliza de piso alto y una alta proporción de la papa que se consume en los grandes centros urbanos; más recientemente han tomado importancia los cultivos intensivos de fresa y flores (Rojas López, 1987). Por sobre los 3.500 msnm, el uso de la tierra se restringe a pequeñas parcelas agrícolas en laderas abrigadas y una ganadería vacuna y ovina super extensiva. Por otra parte, el turismo de montaña también ha contribuido a la revitalización de las economías locales y el fortalecimiento de los poblados como centros de servicios rurales. Todo ello ha potenciado la demanda de agua para usos agrícolas y domésticos en los valles altos.

En los sectores medios de las vertientes interiores, las tradicionales plantaciones de café están siendo substituidas por variedades heliófilas de mayor rendimiento y ganadería lechera de altura. Debido a las plagas y enfermedades y las periódicas crisis de los precios, la economía cafetalera cede cada vez más espacio a la ganadería semi intensiva, actividad en la que los productores han logrado recuperar tecnologías locales y disminuir los mayores costos de los insumos importados. En consecuencia, la franja de selva nublada ha disminuido apreciablemente desde los años setenta del siglo pasado, pese a su reconocido valor como protec-

tora de vertientes y reservorio de agua de la región.

En las tierras piemontinas y llanuras aluviales se han estabilizado los frentes de colonización que se abrieron en las décadas de los años cincuenta y el programa de reforma agraria de los años sesenta y setenta del siglo pasado. Los bosques submontanos casi han desaparecido frente al dinamismo agrario y el crecimiento demográfico de los piedemontes (Rojas López, 1993). El desarrollo ha sido acelerado tanto en la agricultura y los servicios agropecuarios, como en los asentamientos del sur del lago de Maracaibo (El Vigía, Caja Seca-Nueva Bolivia, Sabana de Mendoza) y los llanos de Barinas (Socopó, Pedraza, El Cantón, El Nula). Los ejes viales y la colonización agraria transformaron, de este modo, la estructura de los ecosistemas de las tierras bajas de la periferia andina en un lapso relativamente corto.

Aun cuando al inicio de los años ochenta, se señalaba que la frontera agrícola de los Andes venezolanos presentaba un aparente agotamiento (Venturini, 1983), las tendencias descritas demuestran, por el contrario, una ampliación del espacio agropecuario. En efecto, durante las últimas tres décadas, la horticultura comercial incorporó tierras de matorrales alto-andinos y páramo; la expansión de la ganadería de altura continúa en detrimento del bosque nublado; los frentes ganaderos de las tierras piemontinas y aluviales se expanden hacia los flancos inferiores, destruyendo los bosques pre-montanos; y la sustitución del café tradicional por variedades heliófilas más

productivas, cada vez más sacrifica los árboles de sombra de las viejas plantaciones.

Si bien la densidad demográfica es relativamente alta en comparación con la del resto del país, su actual distribución espacial es muy desigual como resultado de la historia del poblamiento y las recientes actuaciones territoriales del Estado y los mercados. En líneas generales, adopta tres modelos espaciales: concentrado, disperso y axial. El primero, corresponde fundamentalmente a las aglomeraciones metropolitanas de San Cristóbal, Mérida, Valera y Barinas. El segundo, al poblamiento rural de las vertientes internas y los flancos externos y, el tercero, a los ejes demográficos de los piedemontes. Por encima de los 3.500 msnm, se ubica un área de vacío demográfico en páramos y cumbres rocosas, donde la altitud y las bajas temperaturas limitan el poblamiento.

Las diversas combinaciones de agricultura, poblamiento e infraestructura sintetizan las relaciones entre la diversidad del medio natural y la diversidad de las actuaciones sociales, las cuales permiten distinguir, en términos cualitativos y relativos, tres tipos regionales de intensidad del uso de la tierra. Uno, de baja o muy baja intensidad, el silvestre, conformado por extensiones de bosque nublado, matorrales andinos, bolsones semiáridos y páramos. Otro, de intensidad media, predominantemente rural, caracterizado por la mezcla de áreas naturales, áreas de cultivos y ganadería, poblamiento disperso de vertientes y pequeños poblados de valles y piedemontes. Y, finalmente, el

tipo de alta intensidad de uso de la tierra, localizado en las aglomeraciones metropolitanas de la región y las áreas de uso agrícola intensivo en los valles altos.

## 5. Procedimiento metodológico

Las rutinas de análisis bibliográfico, estadístico, de campo y cartográfico pueden ser agrupadas en cuatro grandes fases metodológicas, que llevan a la identificación de las cuencas emergentes de la región:

- a) Demarcación de las cuencas hidrográficas, o grupos de cuencas, como unidades de análisis, dadas sus claras diferenciaciones en el relieve montañoso y la red hidrográfica de la región, su tradición institucional como unidades de planificación agroeconómica y ambiental y, en especial, porque representan unidades territoriales fijas que permiten una misma base de comparación en el tiempo.
- b) Estudio de los cambios de cobertura y poblamiento. El análisis morfológico de la cobertura a través de un estudio multitemporal de imágenes satelitales, y la evaluación cuantitativa del crecimiento de los centros urbanos, conforman la base empírica fundamental del estudio. Dada la notable significación de los bosques en la dinámica hídrica, el análisis de cobertura está referido fundamentalmente a los cambios de la cobertura boscosa, utilizando imágenes satelitales de 1988 y 2001. Como primer paso se utilizó el método de clasificación no

supervisada como forma de segmentación espectral (No. Clases, 200; No. de Iteraciones, 24; Límite de Convergencia, 0,950) de cada imagen. Con los resultados de esta segmentación se reagrupa cada clase con base en la validación en campo y tipo de cobertura identificada con apoyo en Google Earth, en 5 categorías (bosque, arbustal-pastizal, intervenido, agua y nubes). Finalmente, para evitar el efecto de 'sal y pimienta' se definió un umbral de 17 píxeles (1,5 ha) como área mínima para cada clase. Para cada corte temporal, se agruparon las 7 imágenes clasificadas en el mosaico representativo del área de estudio. Por otra parte, los nomencladores de población de los años 1990 y 2001 (fechas censales más cercanas al período de evaluación de la cobertura), aportaron la información de los centros urbanos, aquellos con poblaciones superiores a 2.500 habitantes.

- c) Construcción de las matrices e índices de cambio. El índice de cambio de cobertura (ICC) está representado por un doble cociente que relaciona los cambios observados durante un período considerado. Es un índice empírico adaptado del coeficiente de localización de Lorenz (Morgan y Munton, 1971), que si bien puede estar afectado por el tamaño desigual de las cuencas, se revela útil para detectar las principales transformaciones regionales ocurridas en el espacio geográfico.

$$ICC = \frac{(Cx(t_1) - Cx(t_0))/n}{\frac{(CA(t_1) - CA(t_0))/n}{AT}}$$

Cx (t<sub>0</sub>) = Superficie del fenómeno en la cuenca X al inicio del período

Cx (t<sub>1</sub>) = Superficie del fenómeno en la cuenca X al final del período

Ax = Superficie de la cuenca X

CA(t<sub>0</sub>) = Superficie del fenómeno en la región al inicio del período

CA(t<sub>1</sub>) = Superficie del fenómeno en la región al final del período

AT = Superficie total de la región

n = Número de años

Para este cálculo se utilizaron siete imágenes Landsat ETM+ ortorectificadas, en dos cortes temporales (1988-2001), (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu>, Cuadro 2). Dada la baja calidad de las imágenes disponibles y la magnitud de la escala utilizada, al aplicar el método de clasificación no supervisada sólo fue posible definir, por segmentación espectral y posterior agrupación, cinco grandes categorías de cobertura de la tierra: bosque, arbustal-pajonal, áreas intervenidas, nubes y espejos de agua.

## Cuadro 2. Referencias de las imágenes satelitales utilizadas

Imágenes 1988-1990	Imágenes 2000-2001
p005r53_5t19900110	p005r053_7t20000318_z19
p005r54_5t19900227	p005r054_7t20001215_z19
p006r053_5t19910205	p006r053_7t20001120_z19
p006r54_4t19880120	p006r054_7t20010616_z19
p006r55_4t19880527	p006r055_7t20010123_z19
p007r054_4t19880111	p007r054_7t20010725_z18
p007r55_4t19920902	p007r055_7t20001213_z18

Es común en la zona montañosa inter-tropical húmeda la nubosidad durante casi todo el año, debido a la convergencia intertropical y los efectos de la orografía. En consecuencia, es difícil lograr imágenes satelitales de la región, sin o con poca cobertura de nubes. En efecto, las catorce imágenes estudiadas, arrojan un total de 13.957,68 km<sup>2</sup> de área cubierta por nubes, lo que corresponde a un 23,74% del área de estudio. Es por esta razón que las nubes son tratadas como una clase específica e invariable de cobertura. En virtud de ello, mediante la técnica de máscaras, se excluyeron todas las áreas cubiertas por nubes en ambos momentos, a objeto de obtener un área común para el análisis multitemporal, la cual se ha denominado 'área efectiva de análisis' (AEA).

El cambio en la población urbana fue estimado mediante el coeficiente de poblamiento urbano (CPU), que expresa el número de habitantes que gana una región por unidad de superficie en un período dado (Chaves, 1976). La población urbana constituye un buen indicador de presión sobre el recurso agua, puesto que la mayoría de la población se concentra en las ciudades, pese al carácter eminentemente agrícola de la región. Según el censo de 2001, la población urbana de las tres entidades tradicionalmente conocidas como estados andinos (Táchira, Mérida y Trujillo) ascendía a 80% de la población regional.

$$CPU = ((PU_2 - PU_1)/n)/A * K$$

CPU = Coeficiente anual de poblamiento urbano

A = Área de la unidad espacial o cuenca considerada

PU<sub>2</sub> = Población urbana al final del período

PU<sub>1</sub> = Población urbana al inicio del período

n = Número de años de cada período

K = Constante.

d) Identificación de las cuencas emergentes de la región. Los cambios ocurridos en las cuencas entre los dos cortes temporales analizados se resumen en dos matrices. En la primera se indican los cambios en el tamaño de la superficie ocupada por cada una de las clases de cobertura y, en la segunda, los cambios en el poblamiento urbano en las cuencas hidrográficas. Finalmente, la comparación de los índices permite identificar las cuencas con las mayores tasas de cambio. Bajo este procedimiento se identifican como emergentes, las cuencas que ostentan los mayores valores en ambos índices durante el período de estudio.

## 6. Resultados

### 6.1 Agrupación de las cuencas

A objeto de reducir la complejidad hidrográfica, las cuencas andinas fueron agrupadas por el criterio de adyacencia en once grandes unidades, tratando en lo posible de hacerlas comparables en tamaño (Cuadro 3). Aunque la mayoría oscila en un rango entre 6,5 y 11% del área de estudio, resultaron dos cuencas más grandes que el promedio (Caparo y Portuguesa) y una muy pequeña (Arauca), (Figura 2).

**Cuadro 3. Tamaño de las cuencas hidrográficas de la región Andes de Mérida**

CUENCA	Arauca	Caparo	Catatumbo	Chama	Escalante	Masparro	Motatan	Portuguesa	Tocuyo	Tucani	Uribante
TAMAÑO EN km <sup>2</sup>	1028,69	10732,57	3905,58	5757,83	5368,91	4865,79	4202	8485,5	4188,9	3819,36	6443,41
PORCENTAJE DEL TOTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	1,75	18,25	6,64	9,79	9,13	8,28	7,15	14,43	7,12	6,50	10,96

Fuente: Pulido y Márquez, 2008

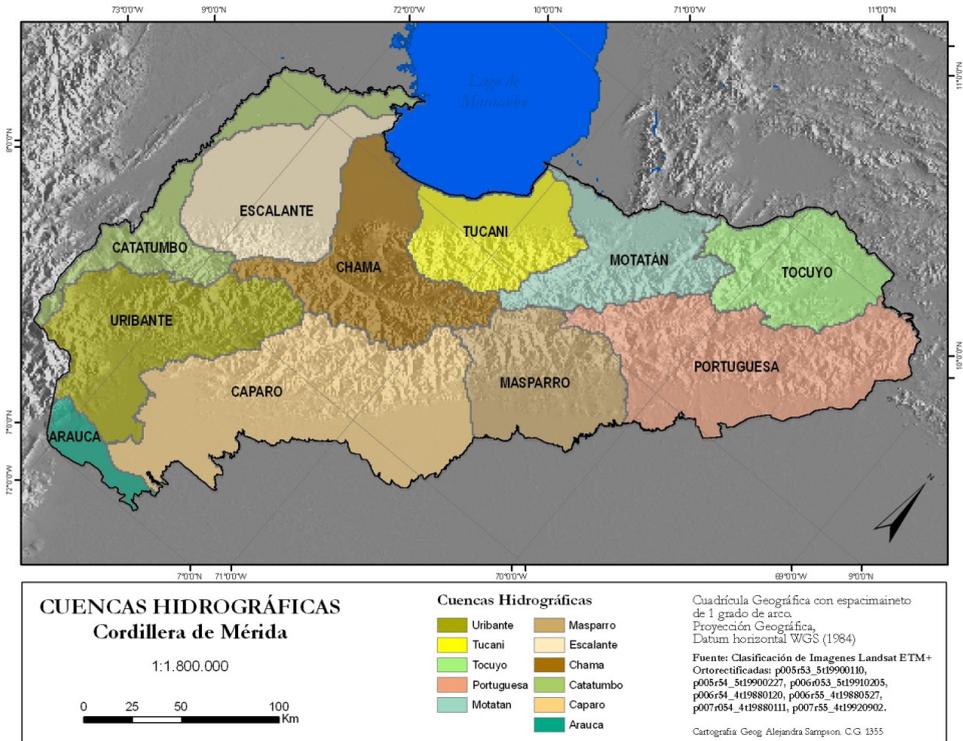


Figura 2. Principales cuencas hidrográficas de la cordillera de Mérida

## 6.2 Cambios en la cobertura del suelo

Diversos tipos de cobertura boscosa están presentes desde los 100 hasta los 3.200 msnm. La clase arbustal-pajonal agrupa las coberturas xerofíticas de las zonas secas, por debajo de los 2.000 msnm. La clase páramo se ubica sobre los 3.000

msnm. La clase de áreas intervenidas corresponde a usos agropecuarios, fundamentalmente cultivos permanentes (café, caña de azúcar), ganadería extensiva y semi-intensiva y las áreas urbanas de la región. Finalmente, los espejos de agua incluyen las superficies ocupadas por los embalses y lagunas naturales y artificiales.

La cobertura de bosque evidencia una disminución en el AEA de 51,5% entre 1988 y 2001, traduciéndose en una reducción absoluta de 9.386,63 km<sup>2</sup>. Por otro lado, la categoría arbustal-pajonal aumentó en 45,97% (1.751,74 km<sup>2</sup>), al igual que las áreas intervenidas y la cobertura agua, las cuales se incrementaron en 32,07% (7.578,65 km<sup>2</sup>) y 32,04% (56,22 km<sup>2</sup>) respectivamente (Cuadro 4).

En 1988, la cobertura de bosque estaba distribuida predominantemente por encima de los 1.000 msnm a lo largo de la cordillera. Agrupaba tanto bosques naturales como cafetales de café bajo sombra boscosa. Se observan, además, en las planicies, parches fragmentados de grandes extensiones de bosque en el Suroeste del área de estudio, las reservas forestales de Ticoporo y San Camilo. La parte correspondiente al sur del lago de Maracaibo, por debajo de los 1.000 msnm, no pre-

senta cobertura boscosa significativa, dada la deforestación masiva durante los procesos de colonización y reforma agraria acaecidos en las décadas de los años 50 y 60 del siglo pasado (Rojas López, 2008), (Figura 3).

La extensión y estructura de la cobertura boscosa para el año 2001 presentan características distintas a las del año 1988. Las reservas forestales ya habían desaparecido casi en su totalidad, a causa del recrudescimiento del proceso de colonización agraria y expansión del espacio agrícola de las últimas décadas en los llanos altos occidentales. Igualmente, gran parte de los parches boscosos de las áreas cafetaleras tradicionales de los sectores montañosos de los estados Lara, Barinas, Trujillo, Mérida y Táchira también se han reducido, debido al proceso de sustitución del café de sombra por variedades heliófilas de alto rendimiento y por la

**Cuadro 4. Clases de coberturas en la cordillera de Mérida. 1988-2001 (km<sup>2</sup>)**

Cuencas	Área	Nubes	Bosque 88	Bosque 01	Arbustal 88	Arbustal 01	Intervenido 88	Intervenido 01
Arauca	1.028,69	9,53	553,37	170,75	0,53	0,51	437,23	836,05
Caparo	10.732,57	2.097,35	3.816,18	1.556,94	160,07	307,92	4.624,44	6.741,85
Catatumbo	3.905,58	1.142,33	721,57	504,31	49,21	58,19	1.987,48	2.192,63
Chama	5.757,83	1.607,19	1.571,45	905,01	1.048,07	1.478,95	1.529,99	1.764,35
Escalante	5.368,91	2.599,02	208,21	181,59	4,38	3,78	2.554,30	2.584,52
Masparro	4.865,79	1.220,77	1.193,46	520,93	438,48	515,27	2.013,08	2.568,74
Motatán	4.202,00	383,75	1.366,44	392,31	445,75	955,01	2.006,07	2.464,76
Portuguesa	8.485,35	1.915,80	3.170,63	1.167,52	167,77	228,28	3.190,88	5.074,84
Tocuyo	4.188,90	470,21	621,24	226,59	1.050,96	1.561,40	2.033,69	1.919,98
Tucaní	3.819,36	1.308,02	1.087,52	448,20	321,58	398,67	1.100,84	1.663,95
Uribante	6.443,41	1.203,69	2.909,58	1.758,86	123,93	54,49	2.156,94	3.401,92

Fuente: Elaboración propia

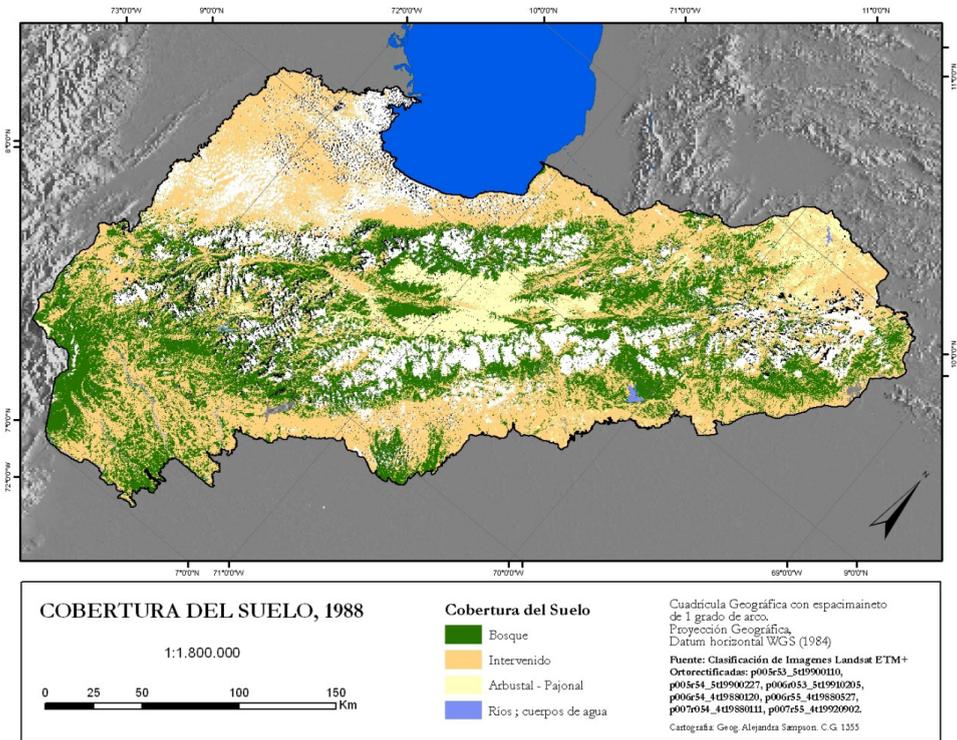


Figura 3. Cobertura del suelo, 1988

transformación de las fincas cafetaleras en fincas ganaderas, a consecuencia de los bajos precios del café y las plagas y enfermedades que afectan el cultivo.

La disminución del bosque, no sólo es sensiblemente más notoria, sino que también se ha fragmentado significativamente. Esa pérdida ha sido mayor por debajo de los 1.600 msnm, quedando los parches sin continuidad. Hoy en día, las áreas boscosas mejor conservadas se encuentran en las cotas más altas y de mayores pendientes de la cordillera, principalmente en los parques nacionales (Figura 4).

Los índices de cambio de la cobertura boscosa evidencian que las cuencas con los valores más altos son, en orden de importancia: Arauca, Portuguesa, Motatán y Caparo. Todas con la particularidad de haber perdido más del 50% del bosque en un área mayor al 70% del AEA (Cuadro 5), por lo que las estimaciones lucen confiables. En cambio, en términos absolutos las cuencas con la menor pérdida de bosque son: Caparo (2.259,24 km<sup>2</sup>), Portuguesa (2.003, 11 km<sup>2</sup>), Motatán (974,13 km<sup>2</sup>) y Masparro (672,53 km<sup>2</sup>).

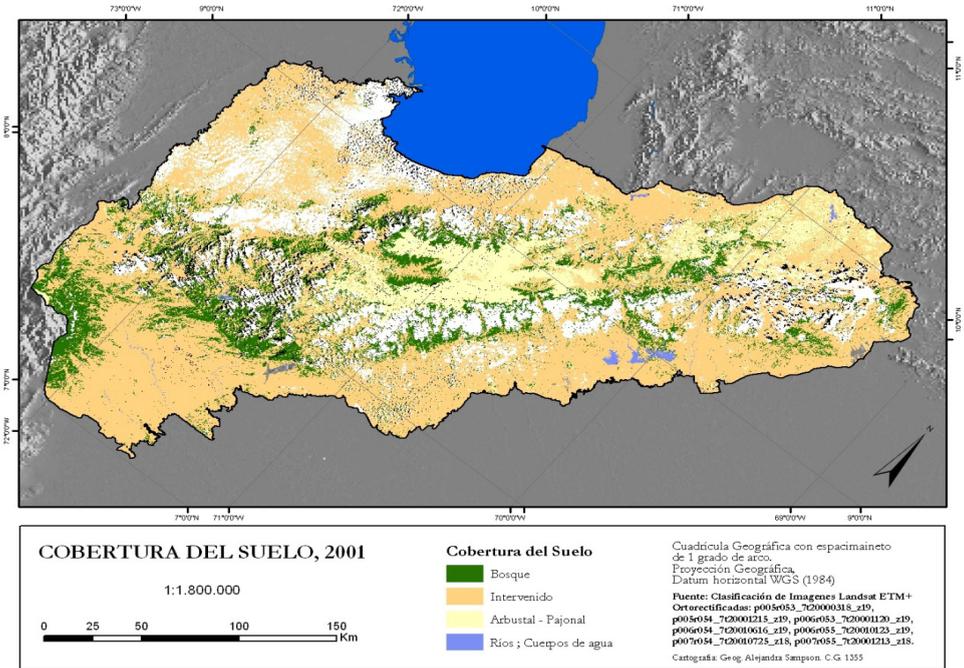


Figura 4. Cobertura del suelo, 2001

**Cuadro 5. Índice de cambio de la cobertura boscosa. 1988-2001**

Cuencas	Área	Bosque 2001	Bosque 1988	Icc
Arauca	1.028,69	170,75	553,37	2,33
Caparo	10.732,57	1.556,94	3.816,18	1,32
Catatumbo	3.905,58	504,31	721,57	0,35
Chama	5.757,83	905,01	1.571,45	0,72
Escalante	5.368,91	181,59	208,21	0,03
Masparro	4.865,79	520,93	1.193,46	0,87
Motatán	4.202,00	392,31	1.366,44	1,45
Portuguesa	8.485,35	1.167,52	3.170,63	1,48
Tocuyo	4.188,90	226,59	621,24	0,59
Tucaní	3.819,36	448,20	1.087,52	1,05
Uribante	6.443,41	1.758,86	2.909,98	1,12

Fuente: Elaboración propia

Las cuencas con menor reducción de bosques son las de los ríos Escalante (26,62 km<sup>2</sup>) y Catatumbo (217,26 km<sup>2</sup>). La cuenca del Escalante presentó la menor área efectiva de análisis (52,6%), lo que podría estar incidiendo en la evaluación de la cobertura durante el período. Adicionalmente, es necesario aclarar que gran parte de ambas cuencas fue deforestada casi en su totalidad en su sección baja, durante los años cincuenta y sesenta del pasado siglo, debido al avance de la frontera agrícola, razón por la cual los bajos valores del ICC están influidos por una intervención temprana, anterior al período de análisis del estudio.

A diferencia de la cobertura boscosa que mostró una reducción importante, la clase definida como arbustal-pajonal evidenció distintas tendencias. En las cuencas de los ríos Arauca y Escalante su disminución fue muy pequeña, mientras que en la del Uribante disminuyó en 69,44 km<sup>2</sup>, una reducción importante del 56,03%. Por el contrario, en las demás cuencas el arbustal-pajonal aumentó, en especial en las de Motatán (114,25%), Caparo (92,37%), El Tocuyo (48,57%) y Chama (41,11%). Estos incrementos pueden estar asociados a la dificultad encontrada para diferenciar el bosque intervenido del arbustal-pajonal o por tratarse de bosques intervenidos y actualmente en proceso de recuperación.

El análisis también revela que al final del período, en buena medida la cobertura boscosa se encuentra repartida de manera más o menos homogénea y proporcional al tamaño de las cuencas; sólo las cuencas de los ríos Motatán y El

Tocuyo presentan una proporción de cobertura menor a la esperada, en razón de que poseen extensas áreas semiáridas, en las cuales los bosques secos podrían confundirse con el pajonal arbustal del norte de la región.

### **6.3 Cambios en el poblamiento urbano**

Las cuencas que muestran los mayores cambios en el poblamiento urbano son las del Masparro, Uribante, Chama y Motatán (Cuadro 6). Las secciones bajas de las cuencas del Masparro y Uribante se encuentran en el eje del piedemonte andino llanero, donde se emplazan las principales áreas urbanas, lideradas por las ciudades de Acarigua, Barinas y Socopó. Estas ciudades han experimentado un crecimiento significativo con el desarrollo agrícola de los llanos altos occidentales. Por otro lado, en las secciones medias de las cuencas de los ríos Chama y Motatán se localizan las aglomeraciones urbanas de Mérida-Ejido y Valera-Trujillo, respectivamente, de reciente dinamismo demográfico en la región (Pulido, 2008). En el resto de las cuencas se observan índices iguales o menores a 1,0.

### **6.4 Las cuencas emergentes**

De acuerdo a los resultados del ICC, las cuencas más dinámicas en el período estudiado, es decir, las que presentan un valor superior a 1,00 son las del Arauca, Portuguesa, Motatán, Caparo, Uribante y Tucaní. Por otra parte, el análisis del CPU indica que los índices > 1,00 se en-

**Cuadro 6. Índice de cambio del poblamiento urbano. 1990-2001**

<b>Cuencas</b>	<b>Habitantes, 1990</b>	<b>Habitantes, 2001</b>	<b>Cpu</b>
Arauca	-----	-----	
Caparo	41.442,00	63.535,00	0,18
Catatumbo	144.516,00	192.918,00	1,09
Chama	372.557,00	478.790,00	1,62
Escalante	68.689,00	95.571,00	0,44
Masparro	208.580,00	320.027,00	2,02
Motatan	260.086,00	331.758,00	1,50
Portuguesa	173.455,00	252.695,00	0,82
Tocuyo	84.233,00	118.953,00	0,73
Tucaní	48.780,00	75.929,00	0,63
Uribante	380.815,00	521.064,00	1,92

Fuente: Elaboración propia

cuentran en las cuencas del Masparro, Uribante, Chama, Motatán y Catatumbo. Comparando ambos resultados, los mayores índices ocurren simultáneamente en las cuencas del Motatán y Uribante, por lo que se consideran las cuencas emergentes de la región (Cuadro 7). Aunque la cuenca del Arauca presenta el

mayor ICC, carece de población urbana y es un área eminentemente agropecuaria, sometida a un viejo y continuo proceso de deforestación en la frontera colombo-venezolana.

En las cuencas emergentes, Motatán y Uribante, se detectaron los cambios simultáneos más altos en cuanto a cobertu-

**Cuadro 7. Cuencas emergentes**

<b>Cuencas</b>	<b>Icc</b>	<b>Cpu</b>
Arauca	2,33	-
Caparo	1,32	0,18
Catatumbo	0,35	1,09
Chama	0,72	1,62
Escalante	0,03	0,44
Masparro	0,87	2,02
Motatan	1,45	1,50
Portuguesa	1,48	0,82
Tocuyo	0,59	0,73
Tucaní	1,05	0,63
Uribante	1,12	1,92

Fuente: Elaboración propia

ra boscosa y crecimiento urbano. Siendo el concepto de emergencia una condición que resulta de la comparación entre índices de cambio en las cuencas de la región, resulta pertinente preguntar si es posible establecer una relación entre emergencia (dinámica de cambios territoriales) y urgencia (requerimiento inmediato de ordenación y manejo). En otras palabras, ¿en qué medida la emergencia implica urgencia? La reducción de los bosques y el cambio de usos de la tierra podrían estar afectando la cantidad y la calidad del agua y a medida que se eleve la cota altitudinal para la captación del recurso, mayor será el área afectada aguas abajo y mayores los cambios en cantidad y calidad de agua disponible. Luego, ¿cuál es el límite de cambio en cuanto a daños irreversibles para que se declare la urgencia?; es decir, ¿cuál es el umbral en el que la oferta no pueda cubrir la demanda o donde no sea posible detener el deterioro ambiental? Las respuestas a estas interrogantes posiblemente serán abordadas por un posterior análisis de los SIPAER.

Aunque no existe un límite o umbral de deterioro previamente establecido, pues todo depende de la resiliencia del sistema y del contexto ecológico y social y sus tendencias, no es menos cierto que cuanto más se eleven los índices de cambio, sin marcos regulatorios efectivos, mucho mayores serán los costos en recuperación de las cuencas y la provisión del servicio de agua. En este trabajo, por tanto, no se puede precisar la urgencia con respecto al agua como servicio ambiental, sólo se pueden identificar las cuencas que presentan en la actualidad los proce-

sos más dinámicos que pudieran llevar más rápidamente a situaciones de urgencia. Eso no descarta que la urgencia ya esté presente en algunas SIPAER, tanto de las cuencas que resultaron emergentes en este trabajo, como en otras cuencas de la región.

## 7. Bondades y limitaciones de la aplicación metodológica

Una preocupación constante durante la realización del trabajo fue la efectividad de la metodología utilizada, pues de ello dependía la correcta identificación de las cuencas emergentes (sobresalientes) como áreas con necesidades urgentes en términos de la ordenación, conservación y manejo del recurso agua. Por ello, la discusión de los resultados incluye las posibles bondades y limitaciones del proceso metodológico.

Al respecto, las diferentes clases de cobertura usadas en el análisis son de muy fácil identificación dadas las diferencias en reflectancia (Aldana y Bosque, 2008). Las clases bosque y arbustal-pajonal determinan básicamente tipos de usos silvestres, aunque pueden presentar cierto grado de intervención antrópica, como en los casos de las plantaciones de café bajo sombra y las áreas intervenidas en proceso de recuperación (rastros).

Considerando la dinámica del uso de la tierra durante el período (sustitución del café de sombra, ampliación de las áreas de pastos, desarrollo hortícola y papero, apertura de caminos carreteros rurales), se esperaría un aumento de la

cobertura intervenida y, por tanto, una reducción de las coberturas silvestres. Esta apreciación coincide con los resultados encontrados, esto es, una disminución de 9.386,63 km<sup>2</sup> equivalente al 54% de la cobertura boscosa en el AEA, lo que significa una pérdida de gran magnitud en un período de 13 años (la superficie del estado Mérida ocupa aproximadamente 11.300 km<sup>2</sup>)

Si se sabe que la nubosidad se acumula por lo general por encima de los 1.500 msnm en áreas de montaña con influencia de barlovento, justamente las áreas donde se observan los mayores remanentes boscosos del área de estudio, la probabilidad de que el área cubierta por nubes coincida con áreas de bosque, es muy elevada. Si se asume que el área cubierta por nubes sea probablemente área boscosa y se incluye en el área identificada como bosque, se tiene una lectura distinta, esta vez con una pérdida de 25,13% de la cobertura boscosa, un valor que sigue siendo importante dado el corto período de tiempo analizado. De hecho, la tasa de deforestación anual calculada para el AEA fue de 4,19%, equiparable a las tasas reportadas para localidades con procesos de deforestación importantes (Achar *et al.* 2000; Armentaras *et al.* 2006).

Por otro lado, el arbustal-pajonal (páramo, arbustal seco y sabanas no arboladas) tuvo un incremento importante de 1.751,74 km<sup>2</sup> (45,97%). Si bien este tipo de cobertura se pudo haber recuperado en sitios muy específicos, los chequeos de campo y las tendencias en el uso de la tierra indican un cambio poco probable de tales proporciones. Lo que pudo haber

ocurrido es que se confundiera el arbustal-pajonal con bosques en recuperación o áreas de barbecho. En todo caso, este tipo de cobertura no puede haberse extendido en la magnitud señalada; seguramente forma parte del error de lectura de las imágenes. Sin embargo, los cambios en la cobertura de bosque no se ven afectados por este tipo de error.

Tomando una cifra conservadora de sólo 25,13 % de reducción de la cobertura boscosa en la región durante el período considerado, ello significa que en apenas trece años se ha perdido una cantidad importante de bosque en una región paradójicamente caracterizada por una gran extensión de áreas protegidas, particularmente parques nacionales. Una vez más, siendo optimistas y suponiendo que los parques nacionales no sigan siendo intervenidos, se considera que se convertirían en casi las únicas áreas donde persistiría la cobertura silvestre (Aldana, 2008). Se constata entonces, que la región está conformándose progresivamente en un mega-paisaje muy fragmentado que, desde el punto de vista de los procesos ecológicos, podría presentar problemas para asegurar la sostenibilidad de la biodiversidad y la cantidad y calidad del recurso agua a largo plazo.

## 8. Discusión acerca de la reducción y fragmentación de los bosques

Si bien la escala de trabajo impide el análisis detallado de la fragmentación de las distintas clases de cobertura, un análisis visual del estado del proceso de fragmen-

tación permite señalar una importante tendencia a la reducción del tamaño y el aumento de la cantidad de parches de áreas silvestres.

Analizando el estado de la cobertura boscosa del año 1988, se pueden dividir claramente los Andes de Mérida en dos grandes paisajes. En primer lugar, los piedemontes y llanuras aluviales, con muy poca o nada extensión boscosa, a excepción de los parches correspondientes a las reservas forestales de Caparo, Ticoporo y San Camilo. En segundo lugar, el bloque montañoso, donde se observan grandes parches de bosque sin intervención, y otras áreas, que desde el punto de vista de la fragmentación (Kattan y Murcia, 2003), presentan un arreglo de remanentes, que Feinsinger (1994) denomina paisaje 'rasgado', es decir, donde los bosques adoptan una gran cantidad de formas geométricas que se conectan entre sí generando patrones complejos. En el año 2001, el progreso de la fragmentación había avanzado sustantivamente, pues se aprecia mediante análisis visual, que las manchas identificadas en la zona montañosa en las imágenes de 1988, ya se encuentran separadas por amplias áreas intervenidas. Esto se nota claramente en el macizo de Tamá, sierra de Trujillo y sierra de Portuguesa. Lamentablemente, la cobertura de nubes en el área de la Sierra Nevada-Sierra de La Culata impide un análisis de la evolución de su estado de fragmentación.

Un análisis detallado de la reducción y fragmentación de las áreas boscosas está siendo realizado, en el marco de este mismo proyecto, para el Parque Nacional

Juan Pablo Peñaloza, naciente de los ríos Uribante y Mocoties, cuyos resultados a ser próximamente publicados, señalan un fuerte proceso de fragmentación y disminución de las coberturas silvestres, debido esencialmente a la expansión de la frontera agropecuaria en el alto-andino.

En la región andina, las áreas protegidas (ABRAE) abarcan 4 millones de hectáreas aproximadamente, un poco más del 65% de toda la región, si no existiera solapamiento entre ellas (Cuadro 1). Por otro lado, las ABRAE especialmente orientadas a la conservación de los recursos hídricos, particularmente parques nacionales, zonas protectoras y reservas nacionales hidráulicas, abarcan alrededor de 3,4 millones de hectáreas, esto es 58% del área de estudio, lo que revela la importancia que se le otorga en la normativa a la conservación del recurso agua. Si se sobreponen estas últimas ABRAE a la cobertura del suelo en el año 2001, muchos de los remanentes de bosque se solapan con los parques nacionales y los monumentos naturales con pocas excepciones (Figura 5).

El análisis del cambio de estructura de un paisaje boscoso 'rasgado' a uno fragmentado, se hace pertinente en particular en aquellas áreas bajo régimen de administración especial que tienen como objetivo la protección de los bosques. Comenzando este análisis por los parques nacionales se tiene que en el extremo occidental del área de estudio se localiza el Parque Nacional Tamá, en el cual el remanente de bosque coincide casi de manera completa con los límites del parque. Hacia el oriente se ubican los parques

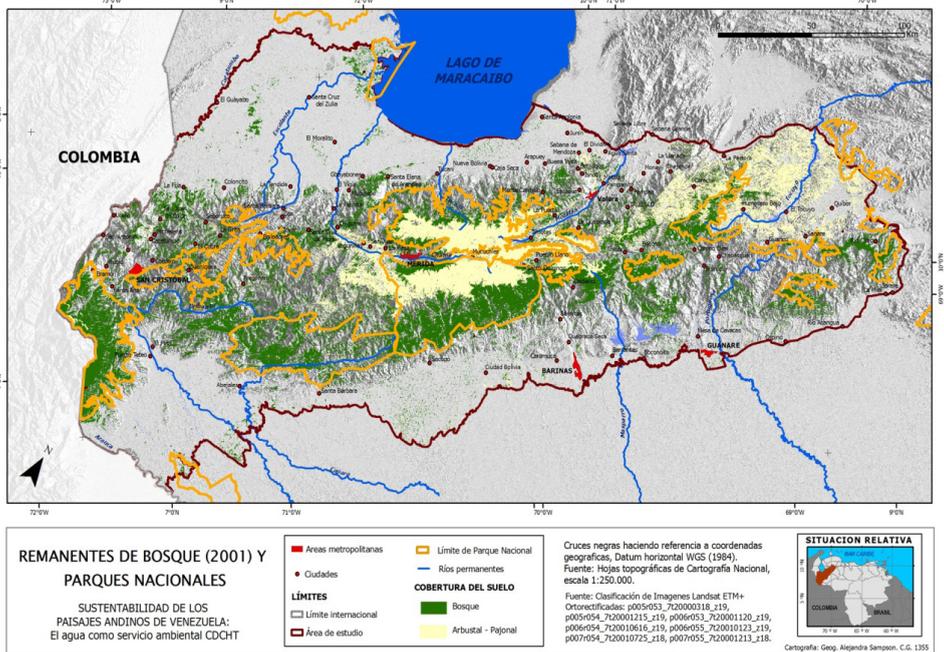


Figura 5. Cobertura del suelo y parques nacionales, 2001

nacionales Chorro del Indio y Juan Pablo Peñaloza, que tienen un alto porcentaje de páramo y restos de bosque, sin embargo se nota cierta pérdida de cobertura boscosa durante el período estudiado. Al Sureste de estos dos parques se encuentra el Parque Nacional Tapo Caparo, cuyo principal objetivo es la conservación de las cuencas del sistema hidroeléctrico Uribante-Caparo; sin embargo, presenta una pérdida importante de su cobertura de bosque. Siguiendo hacia el Noreste se ubican los parques Sierra Nevada y Sierra de la Culata; en el primero ocurrió una importante pérdida de cobertura boscosa durante el período de estudio, el área silvestre remanente coincide casi en su totalidad con los límites del parque,

mientras que en el segundo se observa por igual una pérdida importante de la cobertura de bosque, pero lo que resta no coincide con los límites del parque, pues la deforestación alcanza cotas más bajas, debido al cultivo de café y la ganadería de altura. Al Noreste se localizan los parques Guaramacal y Dinira, cuya cobertura boscosa coincide con los remanentes de bosque en el año 2001. Finalmente, se observa una fuerte reducción de cobertura en los parques nacionales Terepaima, Yacambú y Guache, al Noreste de la región. En el Parque Nacional Yacambú, Molina y Albarrán (2010) señalan que se está produciendo una importante presión sobre las coberturas silvestres a lo largo de las vías de acceso, derivada de

la expansión de la frontera agropecuaria proveniente principalmente de los alrededores de Sanare y del impacto causado por la construcción del Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor.

En relación con las reservas forestales, la situación es dramática, puesto que la cobertura del año 1988 prácticamente ha desaparecido. Por su lado, las zonas protectoras pueden ser divididas en tres tipos de acuerdo a su tamaño, a saber: grandes, como las cuencas Guanare-Portuguesa-Masparro-Tucupido-La Yuca y la cuenca del Sureste del lago de Maracaibo-Santo Domingo-Motatán, cada una con más de 400.000 ha; zonas protectoras medianas, entre 500.000 y 100.000 ha, donde se ubican las cuencas de los ríos Tocuyo-sector Curarigua y sector Dos Cerritos, Mucujepe, Escalante y Orope; y, por último, las zonas protectoras pequeñas, menores a 50.000 ha, categoría que comprende todas las demás.

La cobertura boscosa en las dos zonas protectoras de mayor tamaño experimentó una reducción y fragmentación importante. Gran parte de la zona protectora del Sureste del lago de Maracaibo-Santo Domingo-Motatán, prácticamente desapareció entre los años 1988 y 2001. Por otro lado, la zona protectora de los ríos Guanare-Portuguesa-Masparro-Tucupido-La Yuca, aportantes a los embalses de Masparro, Boconó y Tucupido, presentaba una significativa cobertura boscosa en 1988, situación que cambió radicalmente en 2001, cuando sólo quedaban algunos parches fragmentados al norte del embalse de Tucupido y un gran parche correspondiente al ramal de Calderas.

La zona protectora de los ríos Escalante y Onia, mostraba muy poca cobertura boscosa en 1988, por lo que los cambios fueron poco significativos. Las dos zonas protectoras del río Tocuyo, por el contrario, sí acusan un cambio considerable en su cobertura silvestre, la cual se había reducido significativamente para el final del período, mientras que la zona protectora del Mucujepe mantuvo casi en su totalidad la cobertura de bosque. Con respecto a las reservas nacionales hidráulicas, la única de tamaño considerable en el área de estudio es la Reserva Nacional Hidráulica de la Zona Sur del Lago de Maracaibo, con 618.000 ha, que ya para el año 1988, carecía casi en su totalidad de cobertura de bosque, en razón de lo cual no se observaron cambios considerables durante el período.

## 9. Conclusiones

Las históricas transformaciones territoriales de las cuencas hidrográficas de la región andina venezolana, se acentuaron fundamentalmente a partir del gasto público en infraestructura, proveniente de la renta petrolera. En particular, la construcción de los ejes viales troncales a lo largo de los piedemontes, desataron intensos procesos de colonización agraria en las franjas andino-llanera y andino-lacustre, durante los años cincuenta y sesenta. Con posterioridad, desde los años setenta, la rehabilitación de la tradicional y estancada economía cafetalera, la implantación de los sistemas de horticultura comercial y ganadería semi-intensiva

de leche, propiciaron cambios sustantivos en la cobertura boscosa de los pisos medios y altos de la región. Al mismo tiempo ocurrían los procesos de crecimiento y concentración de la población, particularmente en las zonas metropolitanas del macizo montañoso y las áreas urbanas de los piedemontes. Durante el período de estudio de este trabajo (1988-2001), se mantienen estas tendencias, asociadas a una significativa disminución de la cobertura boscosa y una demanda creciente del recurso agua, en especial en las zonas metropolitanas y las áreas de agricultura hortícola.

La reducción y fragmentación del bosque tiene una repercusión directa en la estructura de los paisajes y su función como sistemas receptores y reguladores del recurso agua, mientras que el incremento de la población urbana, genera una creciente demanda de recursos hídricos y un incremento de aguas residuales. La combinación de ambos procesos, ecológicos y urbanos, está operando hoy con mayor dinamismo en las secciones medias de las cuencas de los ríos Motatán y Uribante, lo que las define como las áreas emergentes de la región, es decir, donde el recurso agua se haya más comprometido social y ecológicamente. Se requieren análisis más detallados de la reducción, fragmentación y conectividad de los parches de áreas silvestres para evaluar el grado de vulnerabilidad de los sistemas de paisajes.

La construcción del concepto de cuencas emergentes y su operacionalización, mediante los procedimientos meto-

dológicos utilizados, se revelaron útiles para detectar las cuencas que requieren una atención de planificación ambiental prioritaria en la región andina, en virtud de la mayor intensidad de sus cambios en cobertura boscosa y crecimiento urbano. El análisis evidencia que las cuencas de los ríos Motatán y Uribante, solicitan la urgente formulación de planes de ordenación territorial y ambiental, con el propósito de asegurar la conservación de los recursos hídricos de la región en el mediano y largo plazo. Tales planes deben atender de forma prioritaria, la regulación y control de los dos procesos más sentidos en estas cuencas, los referidos al crecimiento y expansión urbana y al desarrollo de las actividades agrícolas y sus consecuentes efectos sobre bosques y páramos, principales fuentes productoras de agua de la región.

## 10. Nota

Esta contribución forma parte del proyecto de investigación 'Sostenibilidad de los paisajes andinos de Venezuela: el agua como servicio ambiental', financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes, de la Universidad de Los Andes, bajo el código FO-560-04-01-AA. El propósito del proyecto es entender y explicar cómo los cambios en los usos de la tierra y la dinámica urbana, podrían poner en riesgo el funcionamiento de los paisajes andinos, particularmente en cuanto a la disponibilidad y calidad del recurso agua.

## 11. Referencias citadas

- ACHARD, F.; HUGH, D. F.; STIBING, H. J.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T. & J. P. MALINGREAU. 2000. *Determination of deforestation rates of the worlds humid tropical forests*. **Science**, 297: 999-1002.
- ALDANA, A. T. y J. BOSQUE. 2008. *Cartografía de la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata, estado Mérida-Venezuela*. **Revista Geográfica Venezolana**. 49(2):173-200.
- ARMENTARIS, D.; RUDAS, G.; RODRIGUEZ, N.; SUA, S. & M. ROMERO. 2006. *Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon*. **Ecological Indicators**, 6, 353-368.
- BERTRAND, G. 1968. *Paysage et géographie physique globales: esquisse méthodologique*. **Révue de Géographie des Pyrénées et Sud-Ouest**. 39: 249-72.
- BEVILACQUA, M.; CÁRDENAS, L. y D. A. MEDINA. 2006. *Las Áreas Protegidas en Venezuela: Diagnóstico de su condición 1993/2004*. ACOANA, IUCN. Fundación Empresas Polar. Caracas-Venezuela.
- CHAVES, L. F. 1974. **Proceso y patrón espacial de la urbanización en Venezuela durante el periodo 1961-1971**. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales (IGCRN), Universidad de los Andes (ULA). Mérida-Venezuela.
- DIAMOND, D.; TRUE, D.; GORDON, T.; SOWA, S.; FOSTER, W. & B. JONES. 2005. *Influence of targets and assessment region size on perceived conservation priorities*. **Environmental Management**, 35:130-137.
- FEINSINGER, P. 1994. Habitat 'shredding'. En: Meffe, G.K. y C.R. Carroll (Eds). **Principles of Conservation Biology**. Sinauer Associates, Sunderland.
- FROLOVA M., 2005. *Desde el concepto de paisaje a la teoría de geosistema en la geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?* **Ería**, 2005.
- HOLLING, C. S. 1996. *Surprise for science, resilience for ecosystems, and incentives for people*. **Ecological Applications**, 6:733-735.
- HUBER, O. & C. ALARCON. 1988. **Mapa de la vegetación de Venezuela. 1:2.000.000**. MARNR-BIOMA-Nature Conservancy. Todtmann. Caracas-Venezuela.
- HUBER, O. 1986. **La selva nublada de Rancho Grande, Parque Nacional Henry Pittier**. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. Caracas-Venezuela.
- KATTAN, G.H. & C. MURCIA. 2003. A review and synthesis of conceptual frameworks for the study of forest fragmentation. En: Bradshaw, G.A, and P.A. Marquet (Eds.). **How Landscapes Change. Ecological Studies**, Vol. 162. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- MOLINA, G y A. ALBARRÁN. 2010. *Análisis ecológico del Parque Nacional Yacambú*. Escuela de Geografía-Fundación Instituto de Ingeniería (sin editar).
- MONASTERIO, M. 1980. Las formaciones vegetales de los páramos de Venezuela. En: M. Monasterios (ed.) **Estudios ecológicos de los páramos andinos**. Ediciones Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- MORGAN, W. b & R. J. C. MUNTUN. 1971. **Agricultural geography**. Methuen. London-Great Britain.

- PULIDO, N. y L. MÁRQUEZ. 2008. *Dinámica de crecimiento urbano de la región Andes de Mérida y su vinculación con el agua: Una aproximación metodológica para su evaluación comparativa*. **Revista Geográfica Venezolana**, 49(2):321-335.
- REPÚBLICA DE VENEZUELA. 2001. *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística. Caracas-Venezuela.
- ROJAS LÓPEZ, J. 1981-82. *Organización espacial de la economía cafetalera andina: la red de Trujillo*. **Revista Geográfica Venezolana**, 22-23:109-130.
- ROJAS LÓPEZ, J. 1987. *Diferenciación socio-productiva e impactos agroecológicos en los Andes venezolanos*. **Revista Geográfica Venezolana**, 28: 5-91.
- ROJAS LÓPEZ, J. 1993. La colonización agraria de las reservas forestales: ¿un proceso sin solución? **Cuadernos Geográficos** No. 10. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela.
- ROJAS LÓPEZ, J. 2005. *Los desafíos del estudio de la geodiversidad*. **Revista Geográfica Venezolana**, 46(1): 143-152.
- ROJAS LÓPEZ, J. 2008. Venezuela. Cambios productivos y desafíos territoriales desde la geodiversidad de la agricultura. En: Pedro Cunill Grau (coord.), **GeoVenezuela**, vol. 3: 302-381. Fundación Empresas Polar. Caracas-Venezuela.
- VENTURINI, O. 1983. **Geografía de la región de Los Andes venezolanos**. Editorial Seix-Barral Venezolana. Caracas-Venezuela.
- VIVAS, L. 1992. **Los Andes Venezolanos**. Academia Nacional de la Historia. Caracas-Venezuela.
- WALKER, B.; GUNDERSON, L.; KINZIG, A.; FOLKE, C.; CARPENTER, S. & L. SCHULTZ. 2006. *A handful of heuristic and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems*. *Ecology and Society* 11:13. (On line). Disponible en: [<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13>].
- ZINCK, A. 1986. Características y fragilidad de los suelos en ambiente de selva nublada: el ejemplo de Rancho Grande. En: Huber, O. (ed.) **La Selva Nublada de Rancho Grande Parque Nacional Henry Pittier. El ambiente físico, ecología vegetal y anatomía vegetal**. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana. Caracas-Venezuela.