



Reducción de bosques caso: margen derecha de la cuenca del río Torbes, edo. Táchira. Venezuela

Reduction of forests case: the right margin of Torbes river basin. State of Táchira. Venezuela

Zahylis Zambrano¹, Julio González²,
Fernando Guerra³ y Heriberto Gómez⁴

Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. Departamento de Ciencias Sociales Universidad de los Andes- Táchira Venezuela.

Recibido: febrero 2010 / Aceptado: junio 2010

Resumen

En Venezuela, la fragmentación de bosques ha ido aumentando progresivamente, lo que ha conllevado a un deterioro ambiental importante. El presente trabajo tiene como finalidad analizar esta problemática en los bosques remanentes en la margen derecha del río Torbes estado Táchira, para generar una propuesta de conservación mediante la implementación de los parámetros promulgados por el desarrollo sustentable. Se empleó la imagen satelital LANDSAT 7 2003 llevando de colores reales a falso color y una posterior clasificación no supervisada en ISODATA (8-8). Se utilizó herramientas como ENVI 4.3, ARC VIEW 3.2 y MAP INFO7.0 para generar el mapa de vegetación característico de ese año y se realizó un análisis minucioso del número de fragmentos, área, perímetro, distancia entre parches. La parte alta y baja de la cuenca, muestra un deterioro de los bosques primarios, sustituidos principalmente por bosque secundario, pastizales y cultivos. Del análisis se desprende que la metodología empleada ofrece resultados aceptables en el análisis de fragmentación de bosques.

Palabras Claves: Teledetección, SIG, Imagen Satelital, Deforestación, Venezuela, Fragmentación de Bosques.

1. Bióloga, Profesora de Ambiente adscrita al Dpto. de Ciencias Sociales, ULA, Táchira. Investigadora adscrita al LABSIG. Email: zahylzam@ula.ve
2. Ing. Forestal. Magister en suelos. Profesor adscrito al Dpto. de Ciencias Sociales, ULA-TÁCHIRA. Investigador adscrito al LABSIG Email: jtovar@ula.ve
3. Geógrafo. Profesor de Climatología adscrito al Dpto. de Ciencias Sociales, ULA-TÁCHIRA. Investigador adscrito al LABSIG. Email: fguerro@ula.ve
4. Geógrafo. PhD. en Geografía Coordinador del Laboratorio SIG adscrito al Dpto. de Ciencias Sociales, ULA- TÁCHIRA. Email: hgomez@ula.ve

Abstract

In Venezuela, the fragmentation of forests has increased steadily, which has led to significant environmental damage. This paper aims to analyze this issue in the remaining forests on the right bank of the river Torbes, in the state of Tachira, to generate a conservation proposal by implementing promulgated parameters for sustainable development. We used Landsat satellite image July 2003 using true colour and false colour back in ISO-DATA unsupervised classification (8-8). We used tools such as ENVI 4.3, 3.2 and ARC VIEW MAP INFO7.0 to generate the characteristic vegetation map of that year and performed a detailed analysis of the number of fragments, area, perimeter, and distance between patches. The upper and lower basin shows a deterioration of primary forest, secondary forest mainly substituted, pastures and crops. The analysis shows that the methodology provides acceptable results in the analysis of forest fragmentation.

Keywords: Remote Sensing, GIS, satellite image, deforestation, Venezuela, forest fragmentation.

1. Introducción

Venezuela, ubicada en la zona tropical al norte del Ecuador, presenta una enorme variabilidad de ambientes, determinada principalmente por factores edáficos y climáticos. Así, el país posee una cobertura boscosa rica y variada que abarca más de la mitad del territorio nacional (Plonczak, 1998). En un estudio realizado por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR, 1982), la vegetación arbórea constituida por bosques, bosques de galería y manglares, ocupaba una superficie de 568.000Km² (63% del territorio nacional). Este tipo de cubierta vegetal juega un papel muy importante en el estado armónico de los ecosistemas, pues forma el nicho ecológico que sostiene otras formas de vida, además de brindar servicios ambientales como la limpieza de la atmósfera, el suministro y regulación del ciclo del agua y la conservación del suelo (Carabias y Arizpe, 1993; Sánchez y Rebollar, 1999).

Sin embargo, factores como el crecimiento demográfico, la pobreza estructural, la debilidad de sectores alternativos a la agricultura, la alta concentración de la propiedad de la tierra y la inexistencia de vigilancia y

control en áreas naturales, son algunas de las diversas causas que propician el deterioro ambiental y los altos índices de deforestación en países en vías de desarrollo. En el caso concreto de Venezuela, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 1993) asegura que entre 1981 y 1990 la deforestación anual promedio en el territorio venezolano aumentó a más del doble de la que se registraba en la década de los 70, alcanzándose un promedio de 600.000 hectáreas por año, una cifra equivalente a más de 1.600 hectáreas por día durante toda la década. Por otro lado, más del 90 % de la población venezolana se localiza al norte del río Orinoco y es precisamente en esa parte del país donde se han registrado pérdidas cercanas al 60 % de los bosques originales (Centeno, 1989; Chuvieco *et. al* 2002)

La pérdida de esta cobertura vegetal se entiende como deforestación, que es definida por la FAO (1993) como aquel cambio en el uso de la tierra que implica disminuir la cubierta de copa de los árboles a menos de un 10%, esto indica que la deforestación es la casi total desaparición del bosque y la utilización de esas tierras en otra actividad diferente; esto como respuesta a políticas fiscales, de desarrollo y presiones del mercado. Una vez que se produce, comienza a impactar el factor poblacional debido a que las altas tasas de crecimiento demográfico conducen a la búsqueda de nuevas tierras, lo que conlleva a la pérdida de la cobertura forestal para dar paso a otros usos, tales como uso del suelo para agricultura, ganadería, asentamientos humanos, construcción y funcionamiento de vías de comunicación y transporte; construcción de represas, explotación del subsuelo y por otros factores como fenómenos meteorológicos, principalmente huracanes, ciclones e incendios (Toledo, 1992; Schmink, 1995; Santos, 1997; Sánchez & Rebollar 1999; Amissah & Miller 2002; Davidson *et al.* 2003; Cayuela *et al.*, 2006; Pinto-Ledezma 2006; Kamusoko & Aniya 2007). En consecuencia la deforestación viene hacer el producto de la interacción de numerosas fuerzas ecológicas, sociales, económicas, culturales y políticas que afectan directamente la integridad de estas formaciones vegetales, generando cambios en la estructura y función de los mismos (Saunders *et al.*, 1991; Debinski & Holt, 2000).

Asimismo es importante resaltar que el proceso de deforestación puede dejar tras si un mosaico de fragmentos de hábitat separados por una matriz del paisaje altamente modificado o degradado (Forman y Godron 1986; Saunders *et al.*, 1991; Mcgarigal y Marks 1994; Riitters *et al.*, 2000). Esta situación puede describirse mediante el modelo de biogeografía insular: los fragmentos funcionan como islas de hábitat en un mar de inhóspito paisaje antropogénico. Casi todas las reducciones de la superficie de un hábitat van acompañadas de fragmentación, pero un hábitat puede

fragmentarse sin que haya una reducción significativa de su área (Forman y Godron, 1986; García *et. al* 2010)

La transformación del paisaje y los cambios en las coberturas vegetales en el tiempo cobran gran importancia pues, en poco más de una década, la fragmentación (el rompimiento de amplias extensiones de hábitat o áreas de tierra en pequeñas parcelas), se ha convertido en un problema ambiental de proporciones mundiales (Forman 1995), ya que se traducen en efectos sobre las condiciones microclimáticas de los fragmentos, efectos sobre la abundancia de algunas especies y efectos sobre las interacciones biológicas, los que afectarán en última instancia la biodiversidad existente en los bosques (Bustamante & Grez, 1995; Cantín *et al.*, 2000; Guerrero 2009), sin dejar a un lado los fenómenos de erosión del suelo, desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez favorece las inundaciones y sequías, contribuye al desequilibrio climático tanto regional como globalmente ya que los bosques desempeñan un papel clave en el almacenamiento del carbono.

En el caso particular de la cuenca del río Torbes, en cuyo territorio se encuentra asentada alrededor del 60% de la población del Edo. Táchira, se observa una acelerada e incontrolada deforestación, debido a la presión urbana y el uso de las tierras para cultivos dada la demanda de productos agrícolas, vías de comunicación, construcción de conjuntos residenciales, entre otros; trayendo como consecuencia que esta cuenca presente una susceptibilidad del terreno debido a la deforestación. Según Martínez (2000) en su investigación realizada en la parte alta de la cuenca del río Torbes, expresa que dicha área de estudio presenta una fragilidad del medio natural, siendo las actividades agrícolas las primeras que participan en el problema, aunado a los desequilibrios socioeconómicos que ocasionan o amplifican el deterioro aparentemente del ambiente. Para ello se hizo uso de la teledetección debido a que esta herramienta de análisis espacial permite estudiar procesos dinámicos continuos, como la deforestación, ya que las imágenes se captan por un sensor que observa la Tierra desde una órbita estable y repetitiva (Chuvieco 1998). Con esta investigación es posible demostrar como ha avanzado dicha fragilidad en la cuenca para que los entes públicos y gubernamentales gestionen políticas de sustentabilidad en la zona. Por tal motivo, en la presente investigación se planteó el uso de la información satelital como herramienta para evaluar la cobertura vegetal del margen derecho de la cuenca del río Torbes en el año 2003, a partir de una imagen satelital *Landsat ETM+*. Igualmente en este trabajo, se empleó métricas del paisaje para el estudio de la fragmentación.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de Estudio

La cuenca del Torbes se localiza astronómicamente entre las coordenadas $07^{\circ} 41' 51''$ a $75^{\circ} 59' 38''$ de Latitud norte y $72^{\circ} 04' 32''$ a $72^{\circ} 15' 28''$ de Longitud oeste (Figura 1). Con respecto a la ubicación Político Territorial y Extensión se tiene que la cuenca del río Torbes se ubica en la parte central del Estado Táchira, encallada en los Andes venezolanos al occidente del país, forma parte de los Municipios: San Cristóbal, Jáuregui, Cárdenas, Córdoba y parte del Torbes.

Limita geográficamente al norte con el páramo El Zumbador; al sur con la confluencia de los ríos Torbes-Quinimarí, en el sitio denominado Santa Teresa; al este con los municipios Sucre y Cárdenas y al oeste con los municipios Independencia y Lobatera del Estado Táchira. El área abarca una superficie de 30.650 Ha.

La cuenca del Torbes presenta una forma alargada, siguiendo el curso del río principal, posee una orientación NE-SW; hasta la altura de Táriba y de ahí hasta la confluencia con el río Quinimarí, su orientación es N-S (Torres, 1983).

En la cuenca se distingue dos (2) tipos de relieve las montañas y los valles. Las montañas ocupan más del 65% del área total, presentando pendientes superiores al 30%. Los valles presentan valores de pendientes que oscilan entre 5% al 15%. Se localizan en la sección media de la cuenca y están formados esencialmente por acumulaciones de sedimentos recientes.

La actividad de deposición dominante en la cuenca está vinculada a los conos de deyección, los cuales se han configurado por controles de orden litológico y geomorfológico. Los extensos conos de deyección del área se

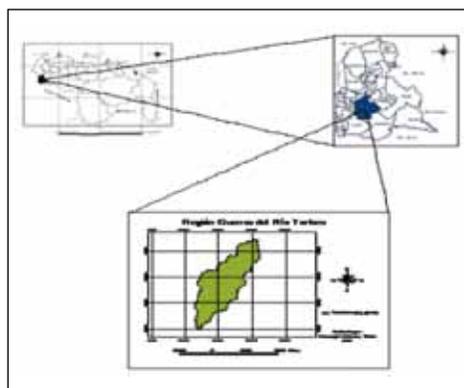


Fig. 1. Mapa de ubicación relativa la cuenca del Río Torbes, Edo. Táchira.

ubicar a ambos lados de la quebrada la Machirí, la cual se localiza al norte de San Cristóbal.

En la zona semiplano se observa un ensanchamiento del valle del Torbes donde se localizan los Municipios Cordero y San Cristóbal; la existencia de ésta zona semi plana esta vinculada posiblemente a la resistencia diferencial de las rocas que forman el substrato, el cual ha sido aprovechado para el desarrollo de dichos centros poblados. (Figura 2)

La cuenca del río Torbes tiene su origen en la epirogenésis del Terciario Superior, específicamente en el Eoceno Superior. Según Ferrer y Cabello (1981-82) puede ser considerada como una zona de transición entre los Andes venezolanos y la cordillera oriental de Colombia.

En el área de estudio, la precipitación y la temperatura disminuye con la altura a consecuencia de la dirección de los vientos, el cual se encuentra controlado por la orientación de la cuenca. Los vientos alisios del sur-este que vienen de los llanos occidentales (Barinas-Apure) entran por la parte sur de la cuenca, en el sector denominado Santa Teresa, dichos vientos al ascender, por el mismo efecto orográfico y por convección producen

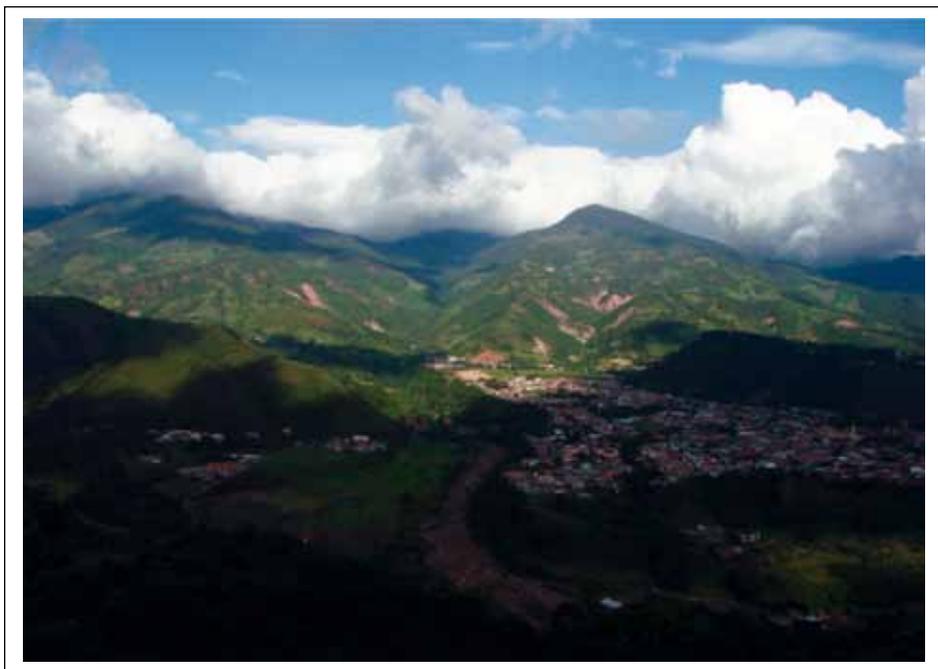


Fig. 2. Parte media de la cuenca del río Torbes, donde se evidencia el relieve predominante en la cuenca y su transformación debido a actividades antrópicas.

Fuente: Zambrano 2009.

abundantes precipitaciones pues vienen cargados de humedad desde el sur, una vez precipitados continúan su circulación generalmente en sentido SW-NE (Torres, 1983).

En la parte norte de la cuenca específicamente en el sitio denominado páramo Zumbador, penetran los vientos alisios del sur este que provienen de la cuenca del Lago de Maracaibo, trayendo como consecuencia una notable diferencia entre las dos vertientes de la cuenca: siendo la vertiente derecha el eje de solana con pendientes más suaves, la cual esta influenciada por los vientos lacustre, actuando como efecto secante en esta vertiente característico de ello es la vegetación que se desarrolla en esta parte del área de estudio. Mientras que en la vertiente izquierda las condiciones son diferentes, existe una mayor humedad y por ende una vegetación más frondosa, siendo esta vertiente el eje de umbría con las mayores pendientes. Por encontrarse el área en una región montañosa, los vientos locales se encuentran dominados por el tipo de relieve existente (valles y vertientes), lo cual originan precipitaciones orográficas convectivas.

Por otra parte, la variabilidad de las precipitaciones y de las temperaturas dan como resultado seis diferentes zonas de vida: "Bosque Nublado (BN), ubicado al noreste y el norte de Palmira, el Bosque Seco Premontano (BSP), característico en los alrededores de Palmira y Táriba, el Bosque Seco muy Húmedo Montano (BmhM), ocupa la divisoria entre el río Torbes y la cuenca del Pereño; Bosque Húmedo Montano Bajo (BhMb), se ubica entre los 1400 y 2400 m.s.n.m., el Bosque Húmedo Premontano (BhP), que se localiza a alturas inferiores a los 1400 m.s.n.m." (EWEL y MADRÍZ, 1976).

Para el desarrollo de este estudio se trabajó con una imagen *Landsat ETM+* del año 2003 (*Path 7, Row 55*). Estas imágenes fueron obtenidas de la página <http://glovis.usgs.gov/>. Se usaron las bandas 1, 2, 3, 4 por considerarse las más adecuadas para el estudio, debido que expresan mejor las características intrínsecas de la cobertura vegetal, que por las condiciones de la masa fotosintéticamente activa, de la densidad foliar, del contenido hídrico en la masa foliar y de la mayor o menor presencia del suelo, influyen y son determinantes en la respuesta de los sensores en estas bandas espectrales (NOVO, 1992).

El tratamiento de la imagen satelital se realizó con el Software Envi 4.3, el cual permite manipular imágenes satelitales y clasificarlas según la exigencia del investigador. Una vez obtenida la imagen en colores real (bandas 3, 2,1) (Figura 3) se procedió a fusionarla con la banda 8 (pancromática) y así aumentar la resolución de 30 metros a 15 metros respectivamente (Figura 4). Luego, ésta imagen fusionada fue reclasificarlas en falso color bajo las capas 4-3-2; por medio de ésta se pudo observar con una calidad optima la imagen y así visualizar mejor la cobertura vegetal presente en

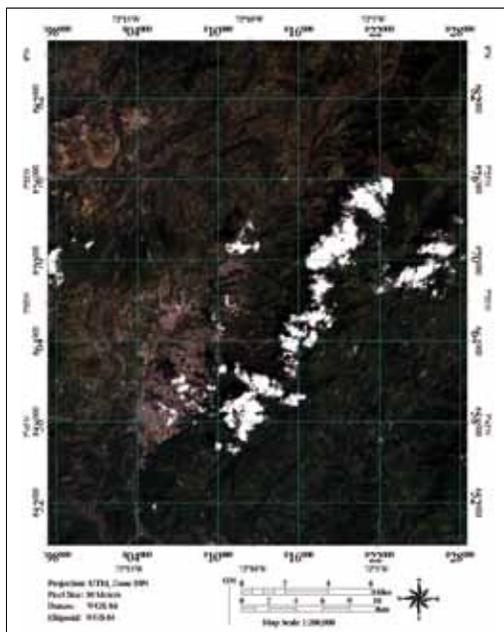


Fig. 3. Imagen satelital Landsat 7 año 2003 de la cuenca del río Torbes en color real con 30 metros de resolución

la imagen y diferenciarla de las áreas urbanas, apreciando la imagen en colores rojizos y verdes, diferenciándose de la presencia de nubes en color blanco y la sombra de las mismas en color negro (Figura 4).

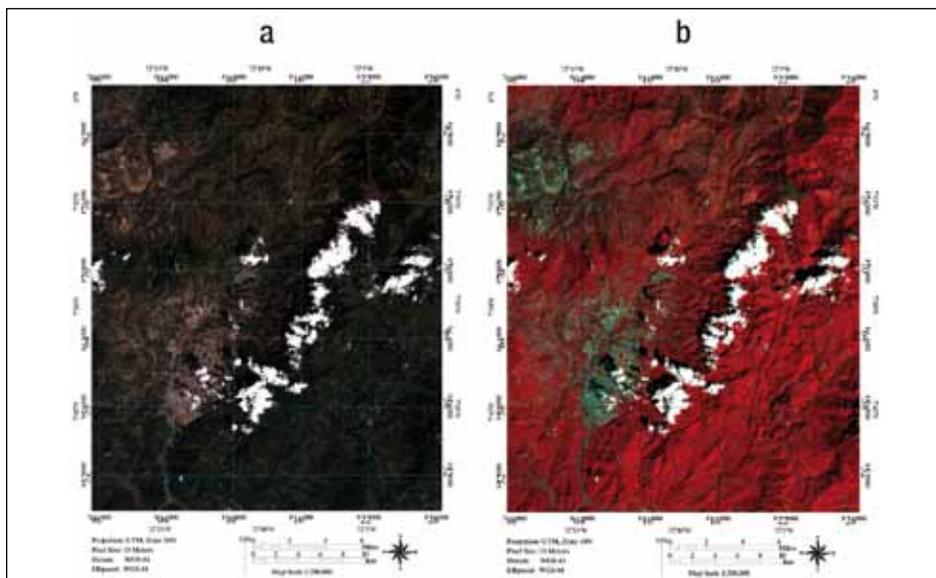


Fig. 4. Imagen satelital Landsat 7 año 2003 de la cuenca del río Torbes en color real (a) y falso color (b) con 15 metros de resolución

Para determinar el tipo de vegetación y el uso de la tierra se hizo primero una clasificación NO SUPERVISADA en donde se utilizó el tipo ISO-DATA, introduciendo un número determinado de clases e interacciones, hasta lograr la imagen deseada, con la finalidad de comparar cada píxel y agrupar todos los que fuesen semejantes. En la presente investigación se utilizaron 8 clases y 8 interacciones (Figura 5). Se escogió esta clasificación por ser la más conveniente para representar la cobertura vegetal; generando clasificación para los siguientes ítems: bosque primario, bosque secundario o matorral, cultivos, pastizal, áreas urbanas, suelo desnudo, áreas cubiertas por nubes y sus respectivas sombras.

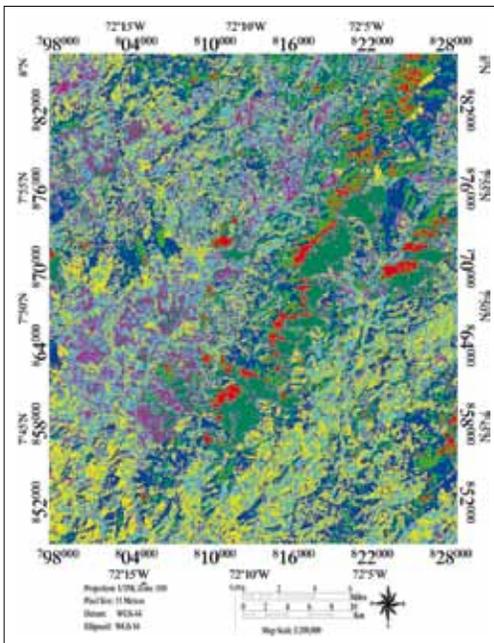


Fig. 5. Resultado de la clasificación No supervisada, por el método ISODATA del Landsat 7 año 2003 de la cuenca del río Torbes en falso color con 15 metros de resolución

A continuación, se cotejó la información obtenida por este método mediante visitas al campo (Figura 6), para obtener la posición geográfica de 44 áreas representativas las cuales se utilizaron para levantar una base de datos que generó los SITIOS DE INTERES (ROIs) que ayudó a elaborar el mapa de clasificación Supervisada mediante el método de distancias mínimas, obteniéndose un clasificación más real de la cobertura vegetal presente en la cuenca (Figura 7).

Finalmente la imagen utilizada se post clasificó en tipo suavizada para identificar píxel en negro que se generaron, posterior a ello se post clasificó de tipo agrupada (clump class), para eliminar dichos píxeles y obtener la imagen a utilizar.

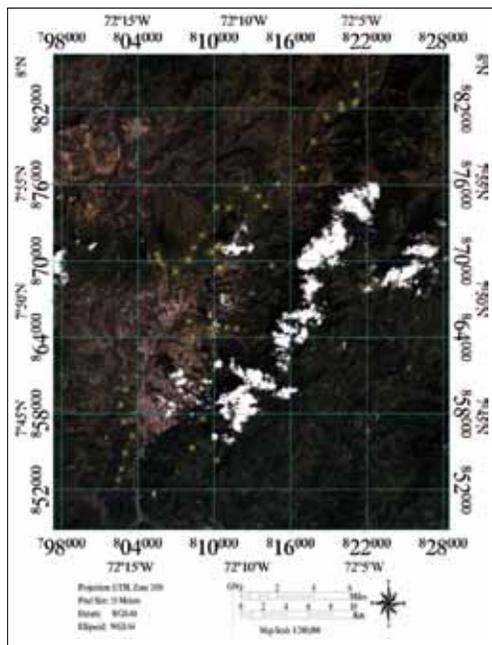
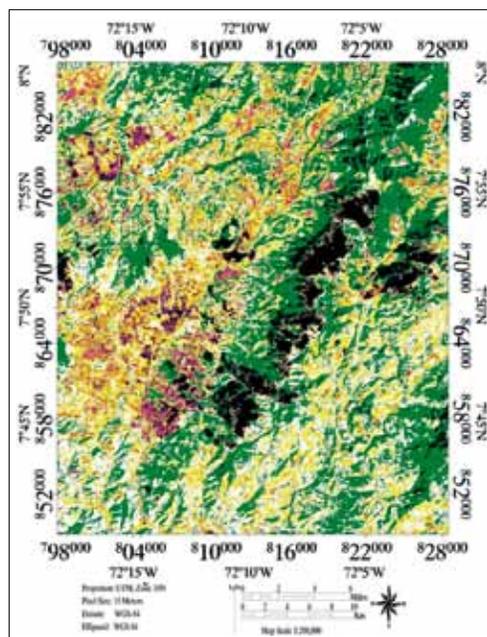


Fig. 6. Ubicación de los puntos de interés (ROIs) en la cuenca del río Torbes en falso color

Fig. 7. Resultado de la clasificación Supervisada, por el método de MINIMAS DISTANCIA del Landsat 7 año 2003 de la cuenca del río Torbes en falso color con 15 metros de resolución



Las imágenes fueron exportadas a Arc View en formato TIFF/ GEO TIFF, para elaborar los mapas de cobertura vegetal; convirtiendo en Gridd las

imágenes y la delimitación de la cuenca, procediendo a utilizar el calculador de mapas donde se resto cada imagen a la delimitación (Figura 8).

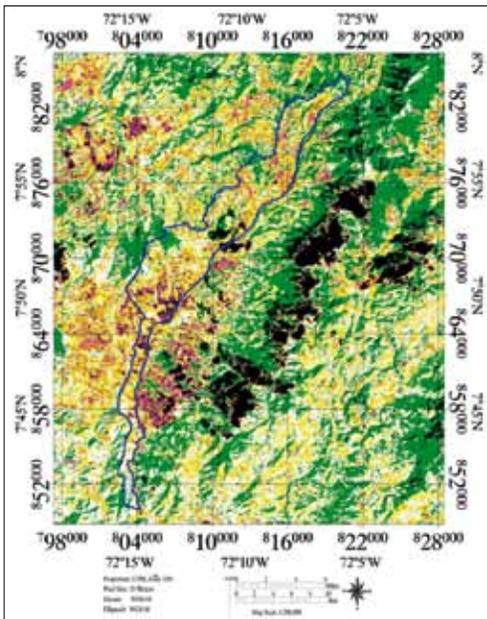


Fig. 8. Área de la vertiente derecha de la cuenca del río Torbes utilizada para delimitar la región de estudio.

3. Resultados

A partir de 1980 comienza a conceptualizarse la ecología de paisajes, como una fusión entre la ecología de ecosistemas con la geografía humana, que busca la planificación del uso de las tierras, ya que parte de la premisa es que una región está conformado por un mosaico de parches, como se ha mencionado anteriormente la supervivencia de los mismos depende del grado de aislamiento, tamaño, forma, así como de su matriz circundante, como plantea Guariguata y Kattan (2002) el progreso de la ecología de paisajes se ha visto beneficiado gracias al uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica, herramientas las cuales han permitido el desarrollo de la presente investigación.

La vertiente derecha de la cuenca del río Torbes tiene un estimado de 92,3 Km² del total de 300 Km² que tiene la cuenca. Se escogió esta parte de la cuenca por dos razones primordiales: 1.- Es la vertiente que se encuentra más impactada por la actividad antrópica. 2.- Es la región que tiene menor bloqueo por causa del efecto radiante de las nubes y la sombra que esta produce, por consiguiente los resultados obtenidos se apegan a las condiciones imperantes en esa parte del estado tachirenses.

Al realizar los procedimientos descritos anteriormente, se logró obtener la información sobre la cobertura vegetal asociada a la parte derecha de la cuenca (Figura 9), Lo primero que se destaca es la presencia de pequeños relictos de vegetación primaria, ya que la gran parte de la vertiente ha sido alterada lo que ha traído como consecuencia que entre los límites de las áreas urbanas y rurales se altere significativamente la vegetación natural, dando paso a la proliferación de vegetación secundaria o matorrales, mientras que buena parte del resto de la superficie es utilizada para el cultivo o la siembra de pasto para ganado (Figura 10).

Los píxeles procesados en la margen derecha del río Torbes (Tabla 1) permiten deducir que el 59,08% de la superficie está cubierto por bosque secundario, los pastizales y los cultivos, sobre todo la parte alta y baja de la cuenca, donde se ubican los municipios comunidades con una gran tradición agrícola en el cultivo de especies estacionales y permanentes; así como también pastizales para el uso de ganado bovino. Uno de los factores que beneficia el desarrollo de las actividades agropecuarias es al hecho de que esta vertiente se encuentra en la región de Solana, por consiguiente recibe mayor radiación solar al día, lo que contribuye de manera

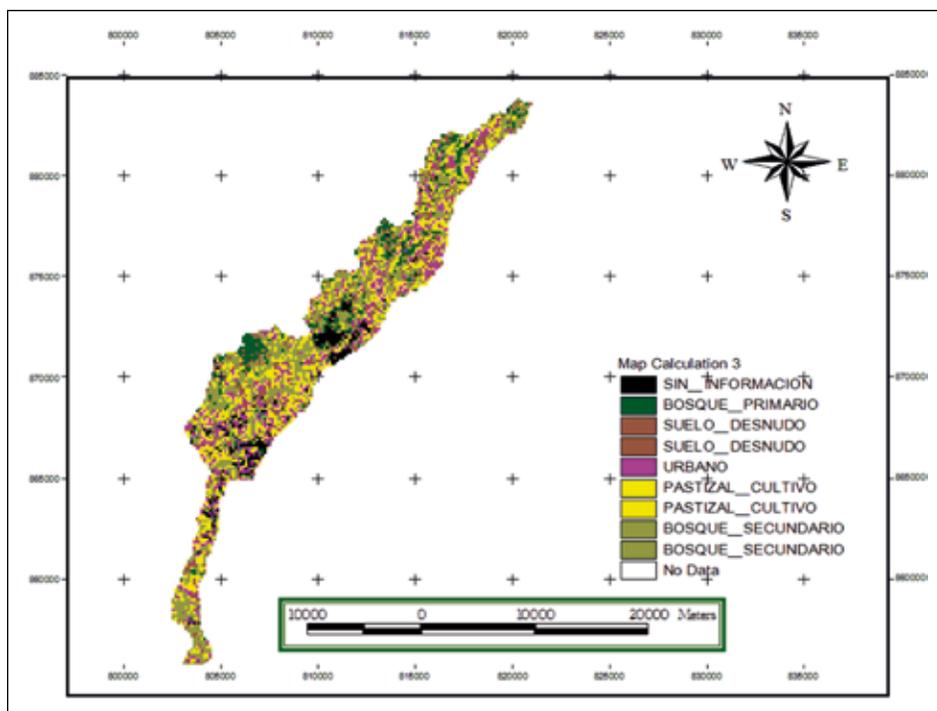


Fig. 9. Cobertura vegetal de la vertiente derecha de la cuenca del río Torbes, Edo. Táchira, para el año 2003.

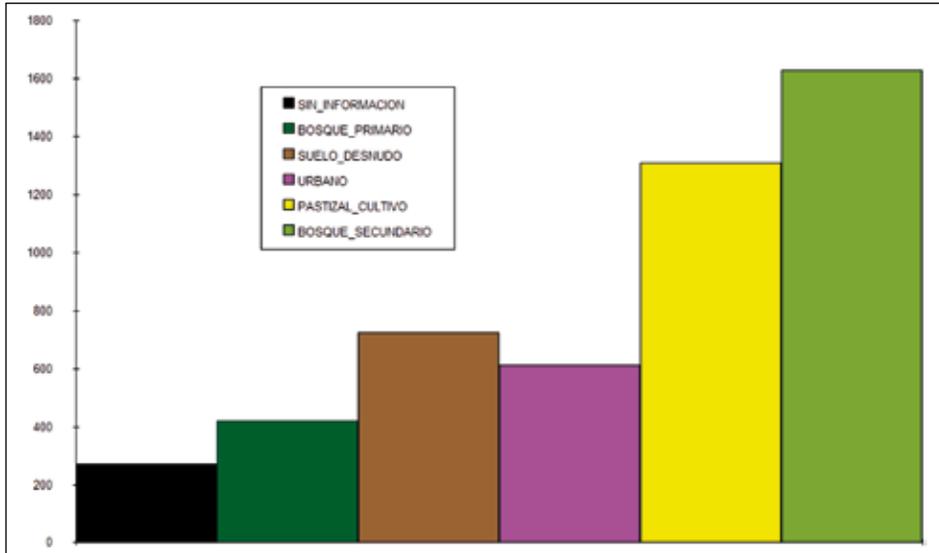


Fig. 10. Histograma de frecuencia de pixel en cada una de las coberturas vegetales presentes en la vertiente derecha de la cuenca del río Torbes, Edo. Táchira, para el año 2003

directa al buen desarrollo de las plantas, si se tiene un buen suministro del recurso de agua para las actividades de riego. Por otro lado, al estar esta vertiente expuesta a mayor insolación, los procesos de evapotranspiración se aceleran, lo que perjudica enormemente las áreas que fueron perturbadas en épocas anteriores y a la vegetación le cuesta volver a sus condiciones naturales, por ello se consigue una gran proporción de bosques secundarios.

Asimismo es importante destacar que la vegetación primaria sólo ocupa el 8,49% y que buena parte de este porcentaje sólo está representada por un parche en la parte media de la cuenca. Este fragmento se ha conservado pues representa, en algunos casos, el reservorio de agua para algunas poblaciones del municipio Guásimos, Cárdenas y sectores aledaños. A diferencia de la parte alta y baja de la vertiente donde el bosque se encuentra bastante deteriorado y fragmentado lo que va en total detrimento del suministro eficiente de los servicios ambientales indispensables para la vida en estas partes de la cuenca.

A tales efectos, se creó un mapa de vegetación primaria de la margen derecha con el fin de generar el análisis respectivo del proceso de fragmentación del área objeto de estudio (Figura 11)

Tabla 1. Porcentaje de la superficie ocupada por cada tipo de cobertura vegetal en la vertiente derecha de la cuenca del río Torbes. Edo. Táchira año 2003

Leyenda	Píxel	Porcentaje (%)
Bosque primario	422	8,493
Bosque Secundario y matorral	1627	32,743
Cultivo y Pastizal	1309	26,343
Urbana	613	12,336
Suelo desnudo	726	14,611
Sin Información	272	5,474

Para un mejor procesamiento de la información se dividió la cuenca en tres zonas de estudio: Cuenca alta, Cuenca media y Cuenca baja (ver imagen 4), posteriormente se realizó un conteo de cada uno de los fragmentos presentes en la margen derecha, donde se midió las áreas de cada fragmento, su perímetro, y de esta manera inferir su forma (ver tabla 3), para establecer la situación en el año 2003 de la vegetación primaria objeto de estudio.

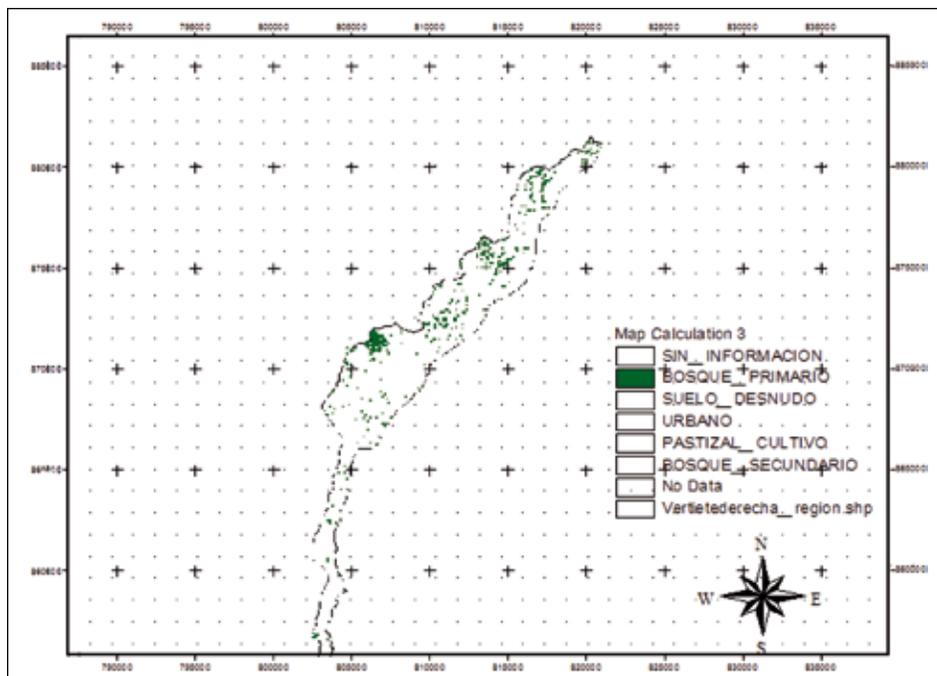


Fig. 11. Ubicación de los fragmentos de bosque natural en la vertiente derecha de la cuenca del río Torbes, Edo. Táchira, para el año 2003.

En la cuenca alta se pudo cuantificar entre cien a ciento veinte parches, la mayoría con formas irregulares; pero con áreas representativas entre los 100.000 m² a 50.000 m², (media 32.073,64 mts²) bosques primarios que pueden preservarse, ya que como lo plantea la teoría biogeográfica, a mayor tamaño menor probabilidad de extinguirse, la distancia entre dichos fragmentos se encuentra en una media de 319 mts de aislamiento, que no afecta con intensidad la estabilidad de los parches. Asimismo se puede inferir que estos fragmentos podrían estar desapareciendo ya que estamos analizando una imagen del 2003, debido a que actualmente el proceso de deforestación ha aumentado en gran amplitud en los bosques primarios.

A medida que se va descendiendo en la cuenca, esta situación de fragmentación, va aumentando debido a una reducción en el área y el perímetro de los parches, que van desde 30.000 m² a 10.000 m² aumentando su aislamiento, contexto que amplía las posibilidades de extinción de estos relictos de bosque, precisamente por el aislamiento, estas áreas tiende a ser más pequeñas, ya sea por factores demográficos (bajo número de especies), la vulnerabilidad que adquieren a intervenciones humanas y la baja tasa de recolonización de especies.

En la parte media de la cuenca, una porción de su superficie está ocupada por nubes y sombras, generando alteraciones para el análisis, ya que todo lo que se encuentra por debajo de ésta cobertura queda anulado para adquirir información. Pese a ello, se pudieron deducir entre unos cincuenta parches de vegetación primaria, con áreas relativamente inferiores a las de la zona más alta (ver tabla 6), muy pocos con áreas representativas que no ascienden a los 20.000 m², la media 23.381 m² La gran mayoría de los fragmentos oscilan entre los 10.000 y 5000 m² sus formas son bastante irregulares, mayormente alargadas, los cuales tienden a desaparecer con mayor facilidad, por razones que se denomina efecto borde, donde la flora y la fauna se ven afectados por los cambios del clima local, la disponibilidad de alimento y refugio, trayendo como consecuencia la extinción de estas pequeñas poblaciones, lo que afecta la reproducción y supervivencia de las especies.

Además de la forma y el tamaño, se hace necesario estudiar el efecto borde, que se da en esta zona, se pueden agrupar en tres clases como: los cambios en las condiciones abióticas, producto de la incidencia de la matriz circundante, los parches de esta parte de la cuenca en su mayoría se encuentran rodeados de pastizales y cultivos, los cuales modifican el clima local, ya que en este tipo de cobertura vegetal la incidencia de radiación solar en los suelos durante el día y un enfriamiento más rápido durante la noche, por lo tanto las variaciones de temperatura en el bosque son más amplias, así como los efectos biológicos directos por el cambio de las condiciones ambientales en el borde y los indirectos como las interac-

ciones entre especies como la llegada de depredadores, mayor competencia, entre otras. Guariguata y Kattan (2002)

Ahora bien, se observa un deterioro de la vertiente derecha aguas abajo, aunado a vegetación rala, suelo desnudo y centros poblados, pero de mayor importancia el asentamiento de áreas urbanísticas importantes como es la ciudad de Táriba y parte de San Cristóbal. A lo largo del cauce del río Torbes se localizan suelos desnudos, donde los pocos parches de vegetación primaria que se perciben no son superiores a los treinta fragmentos, los mismo se encuentran en su totalidad con áreas no mayores a los 2.000 m², tendiendo una media de 5.720 m² y con grandes distancias en proporción a su tamaño, media 571 m.

En este caso el aislamiento no sólo se ve afectado por la misma distancia, sino también por la matriz que lo rodea; que en su mayoría son asentamientos urbanos, debido a que hacia esta zona de la cuenca encontramos un gran desarrollo urbanístico, por ser los sectores más poblados de la Ciudad de San Cristóbal, ya que en este lado de la vertiente encontramos municipios dormitorio como el municipio Cárdenas y Guásimos; también se consiguen grandes extensiones de terreno con cultivos y pastizales que aumentan las posibilidades de extinción.

En la parte más baja de la cuenca, específicamente en el municipio Torbes, se pueden observar parches de tamaños más grandes con áreas entre los 10.000 y 30.000 mts² siendo menos susceptibles a lo que es el efecto área y borde. En esta zona de la cuenca, la problemática es el tipo de matriz circundante, dado que los fragmentos se encuentran rodeados de cultivos y pastizal, lo cuales afectan relaciones interespecíficas entre las especies.

La fragmentación de bosque, es una problemática palpable, del grado de desconocimiento de la población de la importancia vital de los bosques para los servicios ambientales indispensables para el desarrollo de los seres vivos y preservación de la biodiversidad, por tales razones es necesaria la implementación del desarrollo sustentable u sostenible de los bosques primarios. Luego del análisis de la fragmentación en la margen derecha del río Torbes se dedujo que las partes más alteradas y con parches más inestables es la zona baja de la cuenca media y la zona más alta de la cuenca baja, debido a los asentamientos poblacionales y la intervención masiva del ser humano en el uso del suelo para cultivos y pastizales.

Este deterioro ambiental no es solamente un elemento más de la realidad tachirenses, se tiene el caso en que el uso de prácticas agrícolas y pecuarias tales como: el sobre pastoreo de ganado, los incendios como técnica para el mejoramiento de pastos, la pérdida de los bosques (deforestación) y la degradación del suelo, han provocado la afectación del régimen hidrológico de las cuenca y por ende la vertiginosa disminución del caudal del

río en el periodo seco. La situación en la cuenca río Zulia, afluente del río Santa Bárbara, resulta preocupante y delicada; allí se encuentran ubicadas las tomas de agua y diques que abastecen al acueducto de Santa Bárbara. Su ocupación y deforestación representa un problema que día tras día se va incrementando, afectando el suministro de agua en la comunidad de Santa Bárbara, retrogradando el nivel de desarrollo de esta población y causando el riesgo de graves problemas ambientales, principalmente en los ecosistemas que se encuentran ubicados en la parte alta de la cuenca (Peñaloza *et. al.* 2008)

Actualmente, la ecología de paisajes incorpora la utilización de la técnica de agrotecnología, la cual tiene como finalidad lograr la obtención eficiente de las unidades de producción agropecuaria a través, de la optimización del territorio por la explotación diversificada en la que las especies forestales cumplen un rol fundamental Guariguata y Kattan (2002). Dicha técnica permitirá la preservación de los parches de vegetación primaria, que permita contrarrestar los efectos de la fragmentación, evitan la extinción masiva de las áreas boscosas, promoviendo la implementación de cultivos mixtos, con plantaciones de árboles autóctonos y cultivos.

En síntesis la cuenca del río Torbes, alberga en sus valles a casi el 65 % de la población tachirense, aspecto de gran importancia en la alteración del bosque natural de la misma y en el comportamiento de la cobertura vegetal, aumentando la vegetación secundaria cultivos, pastizales y vegetación rala; por lo tanto la acción antrópica es la que ha influido en dicho comportamiento ya que la misma ha aumentado la frontera agrícola, creado infraestructuras, vías de comunicación; sin tomar en cuenta proyectos sustentables y/o sostenibles del recurso forestal o de los bosques que son la fuente principal para conservar el recurso hídrico.

4. Consideraciones Finales

El importante crecimiento demográfico, la pobreza estructural, la debilidad de sectores alternativos a la agricultura, la alta concentración de la propiedad de la tierra y la inexistencia de vigilancia y control en áreas naturales, son algunas de las diversas causas que propician el deterioro ambiental y los altos índices de deforestación en países en vías de desarrollo (Chuvieco *et. al.* 2002). Con el crecimiento de la población aunado a los avances científicos y tecnológicos, y a las necesidades de la población se observa como a lo largo y ancho de algunos sectores de la cuenca del río Torbes están siendo ocupados por sociedades que se instalan allí sin ningún control o ordenamiento territorial. Este éxito espectacular de nuestra especie ha provocado un cambio extremo en toda la cuenca, trayendo consigo consecuencias desastrosas en el funcionamiento natural de la misma. Sin embargo, el dominio de la especie humana asociada a

las modernas tecnologías agrícolas e industriales, amenazan en la actualidad a nuestro planeta de diversas maneras: como la destrucción de los ecosistemas naturales, de los bosques, la pérdida de los suelos agrícolas productivos, la erosión y la desertificación.

El crecimiento de la población es el factor más importante en el aumento de la demanda de productos agrícolas, ejerciendo a la vez presión sobre la expansión de las tierras de cultivo y el aprovechamiento de la madera como combustible, contribuyendo así a incrementar y acelerar la deforestación. Las presiones demográficas, aunque no son la causa principal del uso ineficiente de los recursos naturales y la degradación del ambiente, contribuyen a agravar la magnitud de los daños ecológicos por otras causas. Los sistemas deficientes de tenencia de la tierra, la falta de créditos, inadecuados precios de los productos agrícolas, políticas agropecuarias adversas, servicios deficientes de extensión agrícola y forestal, controles ineficientes e inestabilidad en el campo y la gestión inadecuada de los recursos contribuyen a potenciar los efectos negativos en el bosque natural en la cuenca del río Torbes. Por lo tanto es necesario implementar medidas de conservación y preservación, cuyo fin sea el de mitigar y reducir las futuras consecuencias en cuanto a la degradación del suelo del área estudiada, a la deforestación y a la reestructuración y ordenación de la urbe. Es por ello que a continuación se recomienda una serie de pasos u orientaciones para hacer un uso del suelo de la cuenca de forma racional y/o sustentable:

- Es necesario desarrollar medidas, estrategias y opciones tecnológicas para la utilización agrícola del suelo y criterios validos de sostenibilidad es decir, garantizando la viabilidad económica, social y ambiental. Por lo cual es imprescindible que en la cuenca, se desarrolle la práctica de los cultivos con sistemas de agricultura sostenible, que a la vez de ser productivos conserven para las generaciones venideras la fertilidad del suelo, salvaguarden el ambiente, garanticen el bienestar de quien trabaje la tierra y que permita al agricultor ganarse la vida, tener una aceptabilidad social, equidad y mejora, así como una adecuación ecológica (minimización de impactos, protección y mejoramiento del ambiente), una durabilidad del sistema a largo plazo así como otro elemento de satisfacción de metas espirituales y materiales y un equilibrio entre el desarrollo de la sociedad y el ambiente.
- Es preciso que el manejo sostenible de los suelos controle la erosión en sus distintas formas y manifestaciones, y sea un aspecto particular de un conjunto de muchas actividades y prácticas agrícolas que se diseñen, ejecuten con la finalidad de recuperar, mantener o mejorar las funciones del suelo, reducir los impactos sobre la calidad del cultivo a su vez del recurso.

- La agroforestería es un elemento clave en la gestión del bosque, tanto natural como plantado; el cultivo de árboles es esencial para la preservación de las cuencas, ya que los bosques están cargados de biodiversidad (fauna silvestre y microorganismos), sus suelos son ricos en materia orgánica. El espacio que se deja entre los árboles depende el uso futuro de la especie y si se van a llevar a cabo otras actividades como el pastoreo y los cultivos.
- Restauración de tierras degradadas como consecuencia de la deforestación; deben hacerse todos los esfuerzos posibles de recuperación para un uso más productivo de todos aquellos suelos o terrenos que hoy están abandonados o subutilizados. Deben plantarse árboles autóctonos que protejan a la cuenca de incendios forestales, el pastoreo y cultivos extensivos; esta medida regulará en la cuenca las aguas del subsuelo reducen la erosión o a su vez produciendo cultivos comerciales útiles; en una palabra son beneficios económicos, sociales y ambientales.
- En cuanto a la explotación se debe tomar medidas en función de un plan de manejo que refleje las normas nacionales forestales, restringiendo la tala en los bosques, mejorando la construcción y el mantenimiento de caminos de accesos y arrastre, preservando la zona a lo largo de los cursos de agua para garantizar la adecuada regeneración de la masa forestal.
- A todos aquellos agricultores del área en estudio se les recomienda cultivar en contra de la pendiente, a través de camellones o zanjas, también en curvas de nivel para evitar el escurrimiento de las aguas superficiales. Seleccionar el riego más adecuado para cada uno de los cultivos y controlar el riego en el periodo de lluvia.
- Evitar la construcción de viviendas en las márgenes del río, para prevenir futuros desastres o eventos naturales que pongan en riesgo vidas humanas.
- Los organismos competentes deben adquirir un compromiso de protección de la cuenca y del suelo a través de charlas educativas dirigidas hacia el público en general sobre el manejo, cuidado y uso de la cuenca del río Torbes, el aprovechamiento del recurso suelo así como la influencia del recurso agua sobre este, en definitiva promover la participación de toda la sociedad, para que se evalúe constantemente el área objeto de estudio.
- El incumplimiento de parámetros técnicos en la realización de planes de manejo de cuenca es la principal causa de los efectos negativos ocasionados por el aprovechamiento del bosque producto de la intervención antrópica. Por lo tanto el gobierno debe prestar la colaboración posible para que se realicen obras de ingeniería para la conservación

de los suelos, restablecer la regulación de las corrientes de agua y disminuir en lo posible el arrastre de sedimentos en la cuenca: Obras urgentes y simples de ingeniería en surcos y pequeñas cárcavas, construyendo diques de contención (rastras) con material de la zona, en forma escalonada, desde la parte superior a las partes media y baja.

- Establecer parcelas de observación ecológica en diferentes áreas de la cuenca y con diferentes tipos de vegetación dentro de esas áreas, para estudiar el restablecimiento de la vegetación original y determinar la velocidad y comportamiento en el proceso de consolidación de los suelos. Lógicamente, esas parcelas deben estar protegidas de todo tipo de pastoreo.

Referencias Bibliográficas

- CARABIAS, J. & L. ARIZPE. (1993). El deterioro ambiental: cambios nacionales, cambios globales. *In: Desarrollo Sustentable. Hacia Una Política Ambiental*. UNAM. México. p. 43- 59.
- CAYUELA, L, REY BENAYAS, J.M. & ECHEVERRÍA, C. (2006). Clearance and fragmentation of tropical montane forests in the highlands of Chiapas, Mexico (1975-2000). *Forest ecology and Management*, under review.
- CENTENO, J.C. (1989). *Gritos en el Bosque*. Instituto Forestal Latinoamericano. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables y Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- CHUVIECO E. (1998). El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*. 10(1-9)
- CHUVIECO, E. (2002). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 3a edición. Madrid: Rialp, 586 p.
- CHUVIECO E.; SALAS J. Y E. MEZA (2002) Empleo de la teledetección en el análisis de la deforestación tropical: El caso de la reserva forestal de Ticoporo (VENEZUELA). *Serie Geográfica*: 10(55-76)
- DAVIDSON, O., K. HALSNAES, S. HUQ, M. KOK, B. METZ, Y. SOKONA & J. VERHAGEN. (2003). The development and climate nexus: The case of sub-Saharan Africa. *Climate Policy* 351: S97-S113.
- DEBINSKI, D.M. & HOLT, R.D. (2000). A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14(2):342-355
- EWEL J. y MADRIZ A. (1976). *Zonas de vida de Venezuela Caracas – 1968* segunda edición. 125-178p.

- F.A.O. (1993). *Resumen del Informe Final de la Evaluación de los Recursos Forestales 1990. Para las Regiones Tropicales*. Roma. Italia.
- FERRER OROPEZA, C. Y CABELLO LARA, O. (1981-1982). Una Caracterización Geomorfológica de la Cuenca del Río Torbes, Estado Táchira - Venezuela, *Revista Geográfica Venezolana*, XXII-XXIII: 43-87.
- FORMAN, R.T.T.; GODRON, M., (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York, 619 pp.
- FORMAN, RTT. (1995). *Land mosaics- The ecology of landscapes and regions*. Cambridge, Great Britain, Cambridge University Press. 632 p.
- GARCIA, C. E.; SANTOS JR; PARDI LACRUZ, MARÍA SILVIA.(2010) ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN Y FRAGMENTACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSEA EN LA CUENCA DEL RÍO GARRAPATAS ANDES COLOMBIANOS... In: IX Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal., 2010, Curitiba. IX Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal.
- GUERRERO G. (2009) "Análisis multitemporal de deforestación y fragmentación del Parque Nacional Podocarpus y su zona de amortiguamiento y las implicaciones para la conservación" Tesis de Grado. Universidad Católica de Loja.52 pp
- KAMUSOKO, C. & M. ANIYA. (2007). Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura district, Zimbabwe. *Land Degradation and Development* 18: 221-233.
- MARTINEZ, L. (2000) Una evaluación de tierras y un enfoque prospectivo en los Andes venezolanos Táchira – Venezuela *Enregistrement Scientifique* Nro. 968. *Symposium* Nro. 35. <http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp35/968-t.pdf>
- MARNR (1982) *Sistemas Ambientales Venezolanos*. Proyecto VEN/79/06. Caracas
- MCGARIGAL, K.; MARKS B.J. (1994) FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA for Serv. Gen. Tech. Rep. PNW- 351. 67pp.
- NOVO, E. M. L. M.(1992). *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 308p
- PEÑALOZA R; GONZALEZ J.; GUERRA FERNANDO. Y H. GOMÉZ. (2008). La deforestación en la cuenca del río Zulia, Barinas, Venezuela. *Análisis preliminar utilizando SIG*. *Geoenseñanza* 13(1): 71-82

- PINTO-LEDEZMA, J. N. (2006). Ecología del paisaje en el municipio de San Julián. Tesis de licenciatura en biología, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz. 98 p.
- PLONCZAK M. (1998) Tipos de Bosque y su presión de uso en Venezuela. *Quebracho* 6:69-74
- RIITTERS, K.; WICKHAM, J.; O'NEILL, R.; JONES, B; SMITH, E.(2000) Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology*, v. 4, n. 2, p. 3.
- SÁNCHEZ R & REBOLLAR S. (1999). Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar. *Madera y Bosques* 5(2), 1999:3-17
- SANTOS, V. (1997). La organización campesina y su importancia en la autogestión y manejo de los recursos forestales: una experiencia en la Organización de Ejidos Productores d la Zona Maya de Quintana Roo. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 170 p.
- SAUNDERS, D.A; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, v. 5, p. 18-32.
- SCHMINK, M. (1995). La matriz socioeconómica de la deforestación. *In: De bosques y gente: Aspectos sociales de la deforestación en América Latina*. CRIM/UNAM., Cuernavaca, Mor., México. p. 17-51.
- TOLEDO, V.M. (1992). Cambio climático y deforestación en los trópicos. *Ciencia* 43 (Número especial): 129-234.
- TORRES, L. (1983) Análisis Regional de Intensidad Duración Frecuencia en la Cuenca del Río Torbes. Trabajo especial de grado Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Mérida – Venezuela. 92p.