

## Identificación de las áreas “hot spot” de deforestación en Venezuela

Carlos Eduardo Pacheco Angulo<sup>1,3</sup>

Danilo Mollicone<sup>2</sup>

Inmaculada Aguado Suárez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Los Andes  
Código Postal 5110 - Mérida - Venezuela  
carlosa@ula.ve

<sup>2</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación  
Código Postal 00153 – Roma - Italia  
danilo.mollicone@fao.org

<sup>3</sup> Universidad de Alcalá de Henares,  
Código Postal 28801 – Madrid - España  
inmaculada.aguado@uah.es

**Abstract.** In this study, remote sensing data and expert opinion were synthesized in order to ascertain the extent of change in Venezuelan forest cover in recent years (2005-2010) and to predict change for the next five years. Using data from the MODIS sensor, two maps were generated for areas of rapid forest cover change. One map was created using automated techniques, whilst the other was based on direct visual interpretation techniques. Both were then validated with Landsat ETM+ images before analysing them to determine the causes behind the changes. This approach enabled us to determine the pattern of deforestation in Venezuela, distributed in patches in different locations. Deforestation was primarily concentrated in the north of the Orinoco River (8.63% of forest), with mean annual rates of 0.72% and 2.95% in the two validation area, higher than the national average of -0.6% for the country as a whole. The main cause during the period studied was farming (47.85%), specifically mixed family farms and extensive livestock production, practiced in 94% of the areas identified. Similarly, the study enabled us to confirm that moderate resolution imaging is a valuable tool at national scale for countries which do not have current vegetation maps.

**Key words:** Forest cover change, change processes, MODIS, Landsat , tropical forest, Venezuela.

### 1. Introducción

La cubierta terrestre provee de servicios a los seres humanos, esta función produce en la superficie terrestre transformaciones que en ocasiones dan lugar a problemas ambientales como el cambio climático, variaciones en el ciclo de carbono, la pérdida de biodiversidad, la sostenibilidad de la agricultura o el sumidero de agua potable (Lepers *et al.*, 2005). Con el objetivo evaluar estos daños, la comunidad científica internacional, apoyada en la reciente disponibilidad de datos e información mundial, ha creado nuevos programas de investigación interdisciplinario. Estos programas se orientan, por un lado, a estudiar las causas y consecuencias de los cambios de la cubierta terrestre (Lambin *et al.*, 2003), y por otro a elaborar estimaciones de la tasa de pérdida de cobertura vegetal: mediante la recopilación de informes, estadísticas nacionales y las opiniones de expertos independientes (FAO, 2001 y 2010). Más recientemente, la disponibilidad de datos procedentes de sensores remotos, ha contribuido al estudio de las variaciones en la cubierta forestal a escala global, regional y nacional (Achar *et al.*, 2006). La estimación basada en imágenes de satélite utiliza dos posibilidades de análisis, el wall-to-wall y el muestreo (GOF-C-GOLD, 2009).

El wall-to-wall es un análisis que cubre la extensión total de la zona a evaluar. Un ejemplo, es el llevado a cabo, anualmente, por Brasil, con datos Landsat (30m), desde el año 1988 (INPE, 2005), y por la India desde 1981 hasta 1991 con imágenes Landsat (80 y 30 m) y de 1991 en adelante con imágenes IRS P6- LISS III (36,25 m y 23,5m) (FSI, 2004). También se ha aplicado este análisis en regiones tropicales, con datos de baja resolución espacial (AVHRR) (DeFries *et al.* 2002; Hansen y DeFries, 2004) o con (MODIS) (Zhan *et*

*al.* 2002; Hansen *et al.*, 2008). Por su parte, el muestreo se realiza sólo en las zonas forestales, de manera sistemática, a intervalos regulares ó de manera estratificada, concentrada en las áreas de deforestación. Utilizando este método la FAO elaboró parte de sus estadísticas de tasa de deforestación (FAO, 2001 y 2010) y el JRC determinó la tasa de deforestación de los países tropicales (Achard *et al.*, 2002), en el marco del proyecto (TREES II).

Un primer paso para estimar las tasas de pérdida de cobertura vegetal, bajo el enfoque del muestreo estratificado, es la determinación de las áreas “hot spot” de deforestación. Este concepto fue desarrollado por el JRC en el marco del proyecto TREES, donde se identificaron y describieron catorce áreas “hot spot” de deforestación alrededor del cinturón tropical (Myers, 1992). El método se basa en la utilización de datos procedentes de sensores remotos, así como la consulta a expertos y su finalidad es obtener las áreas de rápido cambio a través de cartografía e identificar las causas que impulsaron dichos cambios.

Las áreas “hot spot” de deforestación se han utilizado, a escala global, con apoyo de los productos IGBP de 1990 y en Global Land de 2000 (Lepers *et al.*, 2005), y a escala regional, en los bosques tropicales, a partir de imágenes AVHRR (Achard *et al.* 1997), y en los bosques boreales de Eurasia, utilizando imágenes Spot-4 VEGETATION, el mapa forestal de la Federación Rusa (1990) y el mapa de vegetación de Eurasia, del año 2000 (Achard *et al.* 2006). Otros estudios combinan imágenes de baja y alta resolución en tareas de delimitación de hot spot y cuantificación de las tasas de pérdida, respectivamente (Achard *et al.*, 2002; Potapov *et al.*, 2008).

En este contexto se plantea, como objetivo de este estudio, identificar las áreas “hot spot” de deforestación, áreas que representaron un rápido cambio en la cobertura del bosque en los últimos 5 años (2005-2010), debido a la expansión agrícola, la minería o el aprovechamiento forestal entre otras actividades. La identificación y descripción de estos cambios permitirá predecir a corto plazo, (< 5 años) cuáles serán las próximas áreas de deforestación (Achard *et al.* 1997), así como, establecer un sistema de seguimiento que permita evaluar la deforestación en Venezuela en los últimos años.

## 2. Metodología

**2.1. Área de estudio.** La Republica Bolivariana de Venezuela posee una superficie de 916.445 Km<sup>2</sup>, de las cuales el 50,49% son bosques (FAO, 2010). El 91,37% de estos bosques pertenecen a la Amazonía, representando el 5,6% del área total de esta región (Eva y Huber, 2005). Estos datos sitúan a Venezuela entre los diez primeros países del planeta respecto a diversidad biológica y el sexto en América (MARN, 2001). Sin embargo, según la última Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales del 2010 (FRA 2010) realizada por la FAO, la tasa deforestación en Venezuela es de -0,61%, es decir, -2.880 km<sup>2</sup>/año, lo que la sitúa en los primeros puestos de deforestación a nivel mundial.

### 2.2. Datos

**2.2.1. Imágenes MODIS.** Se utilizó el producto MODIS de reflectividad, MOD09A1. Es un compuesto de 8 Días L3 Global y de 500 m de resolución, facilitado por el (USGS) (<http://glovis.usgs.gov/>). Se han utilizado todas las bandas: azul (459-479 nm), verde (545-565 nm), rojo (620-670 nm), infrarrojo cercano (841-876 nm), e infrarrojo medio (1230-1250, 1628-1652, 2105-2155 nm). El período de estudio comprende los años 2005 y 2010. Para abarcar ambos años se utilizaron los compuestos desde el día juliano 73 del año anterior (2004 y 2009) hasta el día juliano 65 del año posterior (2005 y 2010). Las imágenes corresponden a las orbitas h10v07, h10v08, h11v07, h11v08 y h12v08, comprendiendo un total de 220 imágenes para cada año.

**2.2.2. Imágenes Landsat.** En la fase de validación se utilizaron imágenes Landsat ETM+ (30 m). Las fechas elegidas poseen uno ó dos años de antigüedad, con respecto a los años evaluados (2005-2010). Para garantizar un mayor número de imágenes desprovistas de nubes,

se seleccionaron las imágenes dentro del periodo de sequía (noviembre-abril). Las imágenes fueron obtenidas de la colección de la USGS. Para el análisis se emplearon tres bandas: verde (525-605 nm), infrarrojo cercano (775-900 nm), e infrarrojo medio (1550-1750 nm), según la propuesta de Câmara *et al.* (2006). La tabla 1 ofrece información sobre los pares de imágenes utilizadas en las 5 zonas de validación.

**Tabla 1. Datos Landsat ETM+ utilizados en la validación.**

Zonas de validación	path	row	Lat	Long	Fecha inicial	Fecha final
Cuenca alta del río Grita	007	54	8,7	-72,0	04/01/2003	23/01/2010
Reserva Forestal de Caparo	006	55	7,2	-70,8	02/01/2004	31/12/2009
Cuenca baja del Caura	002	55	7,2	-64,6	11/03/2005	30/09/2009
Yacimiento minero Las Cristalinas	233	55	7,2	-61,5	04/02/2003	05/12/2009
Asentamiento minero Icabarú	233	57	4,3	-62,1	19/01/2003	22/01/2010

**2.3. Identificación, delineación y validación de las áreas “Hot Spot”.** Se utilizaron dos vías para la identificación y delineación de las áreas “hot spot”. La primera, mediante un proceso automático con imágenes MODIS y la segunda mediante la consulta a los expertos. En esta última se describieron los procesos que condujeron y que potencialmente pueden seguir conduciendo los cambios de cobertura del bosque (Achard *et al.*, 2002; Achard *et al.* 2006). Para validar estas áreas se seleccionaron 5 zonas (Figura 3), identificadas en ambos procesos y con cambios de distinto origen, a los cuales, se les cuantifico la pérdida del bosque, a través de imágenes Landsat de 30 m.

**2.3.1. Procesado automático.** Se generaron métricas anuales mínimas de los productos MOD09A1, para el año 2005 y 2010. Estas métricas van a contener información sobre la variación fenológica, sin tener en cuenta el momento específico del año (Hansen y De Fries, 2004), reduciéndose así, el efecto atmosférico producido por nubes o sombras de nube (Hansen *et al.*, 2002). Se utilizaron 220 compuestos MOD09A1 en cada año, de ellos se obtuvieron 44 mosaicos, que se emplearon para realizar compuestos de 32 días. Siguiendo la propuesta de Hansen *et al.* (2002), se tomó en cada píxel el segundo valor más oscuro de brillantez, entre los 4 candidatos de 8 días. Este método reduce la presencia de valores extremos, asociados con nubes residuales, sombra de nubes, o de otros artefactos que pueden no ser representativos de las condiciones de la superficie (Potapov *et al.* 2008). De los 11 compuestos de 32 días en cada año, se obtuvieron las métricas anuales, multi-temporales, seleccionando el valor mínimo de reflectividad en cada píxel.

A partir de estas métricas anuales, se derivaron dos mapas de cobertura vegetal, utilizando una clasificación supervisada con el método automatizado de Máximas Probabilidades. Por no poseer cartografía de vegetación reciente en el país, las muestras de entrenamiento se, tomaron aleatoriamente del “Mapa de Vegetación Actual” de 1995, del Ministerio del Ambiente de los Recursos Naturales y Renovables, el cual fue generado en 75 cartas a escala 1:25.000, derivadas de la interpretación visual directa sobre imágenes Landsat TM (MARNR, 1995). Las categorías derivadas de este mapa fueron: Bosques, Arbustales, Sabanas, Herbazales y Cuerpos de Agua. Una vez generados los dos mapas de vegetación (2005 y 2010), se agruparon las categorías iniciales en dos clases: forestal y no forestal. Posteriormente, se aplicó una técnica detección de cambios para localizar las áreas “hot spot” de deforestación.

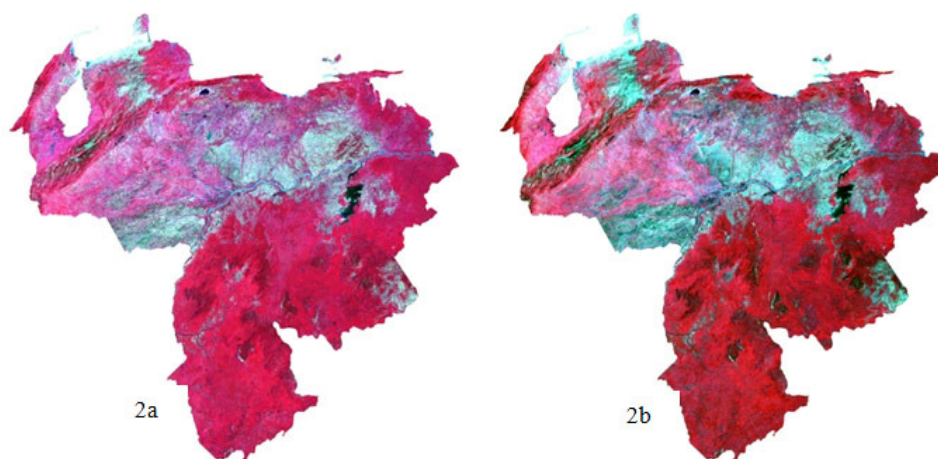
**2.3.2. Consulta a expertos.** Se recabó información de personas procedentes de diferentes instituciones del país, implicadas en la gestión forestal. Siguiendo el método propuesto por Achard *et al.* 1997, a cada uno ellos, se les solicitó, por un lado, *la identificación y delineación de las áreas “hot spot” de deforestación*, a través, de una interpretación visual

directa de las métricas anuales del 2005. Por otro lado, *la descripción de cada área identificada*, con el objetivo de caracterizar los procesos de deforestación: área de influencia, tipo de cobertura vegetal, causas, patrón, porcentaje de cambio, tiempo en que ocurrieron, impactos dejados, actores y fuerzas que conllevaron a realizarlas. Adicionalmente, para determinar cuál fue la causa más influyente en los procesos de deforestación, asignaron, a cada causa, un valor numérico que representa un peso particular, de acuerdo al grado de importancia, dentro de cada área “hot spot” delineada. Estos valores fueron ponderados por el total de las áreas identificadas.

**2.3.3. Validación.** Se ha seguido la metodología propuesta por Potapov *et al.* (2008), que combina imágenes MODIS y Landsat para estimar y validar un mapa de deforestación en zonas boreales. A cada par de imágenes utilizada en las 5 zonas de validación, se les aplicó una corrección atmosférica. Posteriormente, se empleó el Modelo Lineal de Mezclas Espectrales (MLME), para estimar la proporción de los componentes, suelo, vegetación y sombra, en cada píxel, a partir de la respuesta espectral de las bandas utilizadas (Shimabukuro y Smith, 1991). Al componente suelo, se le aplicó un mejoramiento de contraste y un proceso de segmentación, utilizando los valores de 8 y 16 para la similitud y el área mínima respectivamente, empleados por el proyecto PRODES (Cámara *et al.* 2006). Utilizando esta segmentación, la imagen de fragmento suelo y un análisis de regiones, se creó un archivo de contexto, que sirvió para seleccionar las muestras de entrenamiento de las clases bosque, matorrales, pastizales, cuerpos de agua, área urbana y sin información (nubes y sombras de nubes). Se utilizó, además como información auxiliar Google Earth y el Mapa de Vegetación Actual del MARNR (1995). Con estos parámetros se realizó la fase de clasificación supervisada, con el algoritmo de distancia de Battacharya, con un umbral de aceptación del 95%. Una vez clasificadas las imágenes las 5 clases se reagruparon en dos categorías (bosques y no bosques) y se contabilizó la superficie forestal disponible, en cada año. A partir de la diferencia entre fechas se obtuvo la pérdida de los bosques en el período 2005-10).

### 3. Resultados

A partir de las métricas anuales mínimas de MODIS para los años 2005 y 2010 se obtuvieron dos composiciones en falso color con las bandas 2, 3 y 4 y dos mapas de cobertura vegetal para esos años analizados (Figura 2). Por otro lado, en la figura 3a se observa el mapa “hot spot” obtenido de MODIS, en color verde se detalla los bosques de 2010 y en rojo la pérdida del bosque entre el 2005 y el 2010, mientras que la figura 3b se detallan los zoom de las zonas que fueron utilizadas en la validación.



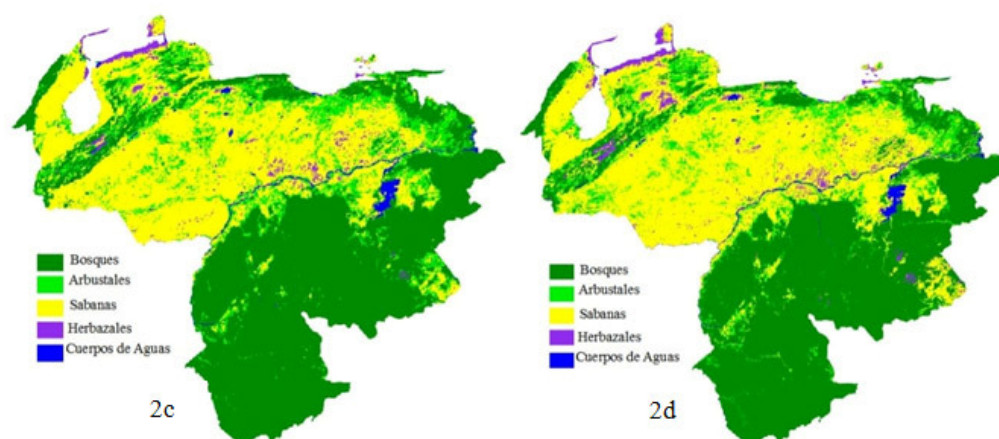


Figura 2. Composición en falso color con las métricas anuales mínimas de las bandas 2, 3 y 4 para el año 2005 (2a) y 2010 (2b); y mapa de cobertura vegetal, años 2005 (2c) y 2010 (d).

El resultado de la consulta a expertos permitió obtener un mapa de áreas “hot spot” (Figura 4). En éste se delinearón las 17 zonas de alta concentración de cambio en la cubierta del bosque, durante los últimos 5 años y previsiblemente, si continúan las tendencias, seguirán siendo áreas “hot spot” en los siguientes 5 años. La descripción de dichas áreas permitió diagnosticar los procesos de deforestación, además permitió valorar, porcentualmente, las principales causas de la deforestación en Venezuela. De este modo, se identifica la actividad agropecuaria como la primera causa de deforestación, siendo responsable del 47,85% de este proceso. A continuación, se perfila la minería como segunda causa (22,94%), el crecimiento poblacional (20,00%), el aprovechamiento forestal selectivo (4,24%), los incendios forestales (3,29%) y finalmente, la construcción de infraestructuras (1,68%).

**Tabla 2. Datos sobre deforestación obtenidos en las zonas de validación.**

Zonas	1	2	3	4	5
Localizaciones	Cuenca alta del río Grita	Reserva Forestal de Caparo	Cuenca baja del Caura	Yacimiento minero Las Cristalinas	Asentamiento minero Icabarú
Causas principales	Expansión agrícola	Aprovechamiento forestal selectivo	Agricultura familiar mixta	Exploración y explotación minera a gran escala	Minería a pequeña escala
Período evaluado	2003-2010	2004-2009	2005-2009	2003-2009	2003-2010
Tasa anual de pérdida (%)	-0,72	-2,95	-0,37	-0,31	-0,20

Las 5 zonas utilizadas para la validación (Tabla 2), muestran que las áreas 1 y 2 ubicadas al norte del río Orinoco superaron la tasa media anual del país, cifrada por la FAO en -0,61% (FAO, 2010), con -0,72% y -2,95%. Mientras, al sur del Orinoco, la tasa estuvo por debajo de la media calculada por la FAO en esa fecha (-0,37%, -0,31% y -0,20%). Sin embargo, su situación es preocupante porque en esta región se localizan los bosques amazónicos del país.

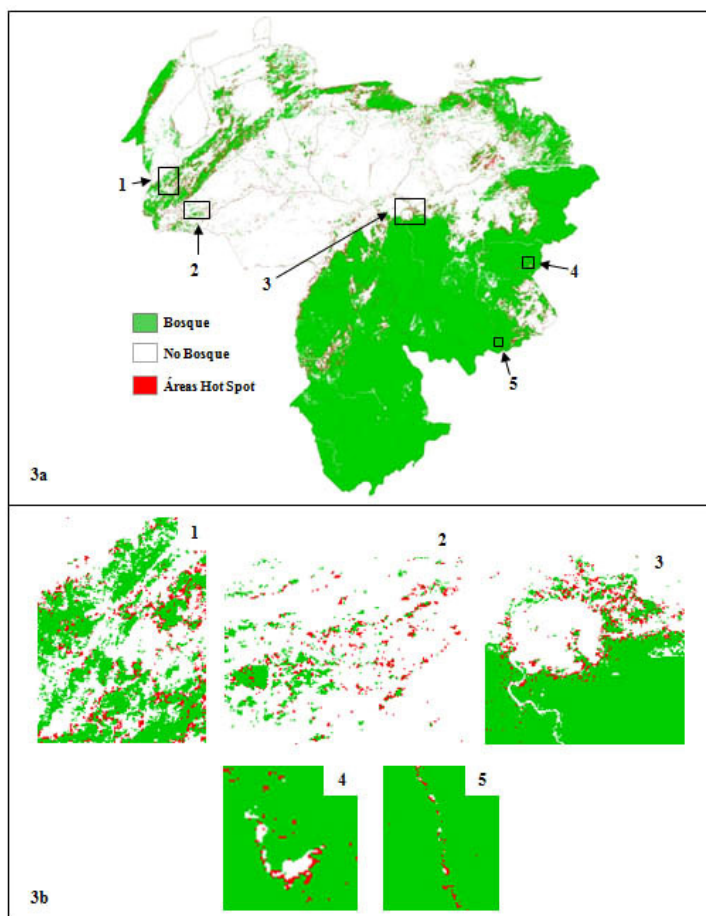


Figura 3. a) Mapa de áreas “hot spot” obtenido con datos MODIS (2005-2010); b) Zonas de validación: 1. Cuenca alta del río Grita; 2. Reserva Forestal de Caparo; 3. Cuenca alta del Caura; 4. Yacimiento minero, Las Cristalinas; 5. Asentamiento minero, Icabarú.

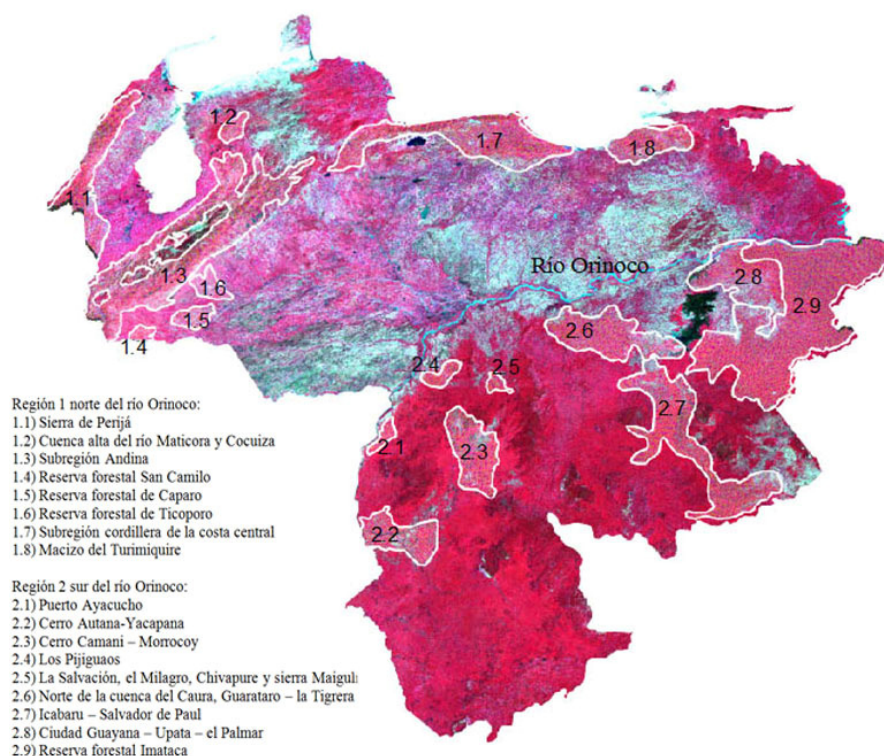


Figura 4. Localización de las áreas “hot spot” obtenidas mediante la consulta a expertos.

#### 4. Discusión

La principal causa de deforestación en Venezuela ha sido la actividad agropecuaria, específicamente la agricultura familiar mixta y la ganadería extensiva que se practican en un 94% de las áreas “hot spot” de todo el país. La misma está acompañada de las invasiones, la mala aplicación de las leyes agrarias, la construcción de infraestructuras viales y la utilización de incendios forestales de manera intencionada para ampliar la frontera agrícola. Otra causa principal es la actividad minera, tanto metálica como la no metálica; la primera se desarrolla en la mayoría de las áreas “hot spot” de la región sur del Orinoco, y la segunda en la región norte del Orinoco, en la Sierra de Perijá y la Región Andina. De igual manera, el crecimiento demográfico, es otra causa a considerar en la deforestación, ejemplos de interés son los asentamientos cerca de los poblados principales en la región sur del Orinoco, las inmigraciones interregional, nacional y extranjera en la Reserva Forestal de Imataca o la expansión urbana en áreas metropolitanas de las regiones Andinas y centro norte costera.

Potencialmente, el crecimiento demográfico determina una presión sobre los bosques en Venezuela. Un ejemplo es la pérdida de cobertura vegetal en las reservas forestales situadas al norte del río Orinoco, donde se seguirán generando, en el futuro, procesos de invasión, debido a la demanda de tierras para el establecimiento de la ganadería extensiva ó agricultura familiar mixta de pequeña producción. Este proceso lo sustenta una población de escasos recursos económicos, que son motivadas por actores políticos y hacendados de la zona. Otros espacios afectados por la deforestación se sitúan en las regiones Andina y Norte Costera, donde los bosques seguirán siendo amenazados debido a la presión de la población urbana que ha producido una expansión de las fronteras agrícolas, afectando tierras boscosas de algunas figuras jurídicas como los Parques Nacionales.

La pérdida de masas forestales en la región norte del río Orinoco, seguirá originando un proceso de inmigración masiva hacia los bosques de la región sur. Este efecto negativo se une a otras dinámicas propias de la zona sur de Orinoco, que actúan en detrimento de los bosques tropicales, entre ellas el rápido crecimiento de las áreas urbanas en la región de Guayana, la alta densidad de asentamientos rurales alrededor de los centros urbanos, el crecimiento de la población indígena, la evolución de los asentamientos permanentes de la población minera, así como las políticas gubernamentales que seguirán incrementando los servicios básicos de salud, educación, finanzas y seguridad en las poblaciones indígenas.

**5. Conclusiones.** Las áreas “hot spot” de deforestación obtenidas en los dos mapas fueron confirmadas en la validación, mediante la estimación de las tasas medias anuales de deforestación (Archard *et al.*, 2006). Los resultados permiten obtener valores representativos, que en ningún caso, pretenden ser, estadísticamente, válidos para todo el país.

De forma similar a la cuenca sur del Amazonas (Lepers *et al.* 2005) o en la parte europea de Rusia (Archard *et al.* 2006) la deforestación en Venezuela no se distribuye al azar o de manera uniforme, sino que se encuentra concentrada en algunas localidades. En este sentido, los mayores procesos de pérdida de cobertura vegetal afectan a la región norte del río Orinoco, donde según datos aportados por el informe FRA2010 (FAO, 2010) y el JRC (Eva y Huber, 2005) se localizan, actualmente, el 8,63% de los bosques del país. Las pérdidas en esta región superan el -0,61% de la tasa media de deforestación del país (FAO, 2010). La principal causa de deforestación en Venezuela para el periodo evaluado ha sido las actividades agropecuaria (47,85%), tal y como ha sido en el resto de los bosques tropicales (Geist y Lambin, 2002). En el caso de Venezuela, el incremento de la actividad agropecuaria está relacionada con los procesos políticos y las reformas agrarias del país, que han incentivado durante décadas los cambios de uso de la tierra.

El uso de imágenes de baja resolución, se revela de sumo interés, para este tipo de estudios, ya que Venezuela, al igual que la gran mayoría de los países tropicales, carece de mapas de

vegetación actualizados a escala nacional. El uso, en imágenes de baja resolución, de métodos automatizados para determinar áreas de rápido cambio en el bosque, a nivel nacional, resultó una herramienta útil. Sin embargo, es necesaria la consulta a expertos y una validación, mediante imágenes de alta resolución, para darle validez científica.

Este estudio servirá de plataforma para la evaluación de la deforestación y para establecer la investigación de los inventarios de las emisiones de los gases del efecto invernadero, que tiene que realizar Venezuela ante el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC).

**Agradecimientos.** Nos gustaría agradecer la participación de los siguientes expertos que fueron consultados: Leonardo Lugo y Américo Catalán de la Dirección General de Bosque del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente; Otto Huber de la Fundación Instituto Botánico de Venezuela; Mariela Loaiza, Omar Márquez y Lisandro Ramírez de la Coordinación Técnico Científico Ambiental del Ministerio Público; Ernesto Arends, José Lozada y Alexander Parra de la Universidad de los Andes.

## Referencias

- Achard F., Mollicone D., Stibig H., Aksenov D., Laestadius L., Li Z., Popatov P., Yaroshenko A. (2006). Areas of rapid forest-cover change in boreal Eurasia. *Forest Ecology and Management*, 237, 322–334.
- Achard, F., Eva, H., Stibig, H., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T. y Malingreau, J. (2002). Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297, 999-1002.
- Archad, F., Eva, H., Glinni, A., Mayaux, P., Richards, T., y Stibig, H-J. (1997). *Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics*. (Report to the Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellites.). Ispra Italy: Joint Research Center, EC, Ispra Italy.
- Câmara G., Valeriano D., Soares J. (2006). Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- DeFries, R., Houghton, R., Hansen, M., Field, C., Skole, D., Townshend, J. (2002). Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. *Proc. Natl Acad. Sci.*, 99(14), 256–261.
- Eva, H., Huber, O. (2005). *A proposal for defining the geographical boundaries of Amazonia* (Joint Research Center.). Italy.
- FAO. (2001). Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report. FAO forestry paper 140. Rome: Food and Agriculture Organization of the UN.
- FAO. (2010). Global Forest Resources Assessment 2010. <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>.
- FSI. (2004). State of Forest Report 2003. *Forest Survey of India (Dehra Dun)*.
- Geist, H., y Lambin, E. (2002). Proximate cause and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52, 143-150.
- GOFC-GOLD. (2009). *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests*. Alberta Canada: GOFC-GOLD Project Office, Natural Resources Canada.
- Hansen M., DeFries R., Townshend J., Sohlberg R., Dimiceli C., Carroll M. (2002). Towards an operational MODIS continuous field of percent tree cover algorithm: examples using AVHRR and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 83, 303-319.



Hansen M., DeFries R. (2004). Detecting Long-term Global Forest Change Using Continuous Fields of Tree-Cover Maps from 8-km Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Data for the Years 1982–99. *Ecosystems*, 7, 695–716.

Hansen M., Roy D., Lindquist E., Adusei B., Justice C., Altstatt A. (2008). A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo Basin. *Remote Sensing of Environment*, 112, 2495–2513.

INPE. (2005). Monitoring of the Brazilian Amazonian: Projeto PRODES. *National Space Agency of Brazil*. Recuperado a partir de <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>.

Lambin, E., Geist, H., Lepers, E., (2003). Dynamics of land use and cover change in tropical regions. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 28, 205-241.

Lepers E., Lambin E., Janetosanthony C., DeFries R., Achards F., Ramankutty N., Scholes R. (2005). A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981–2000. *BioScience*, 55(2), 115-124.

MARN. (2001). Estrategia nacional para la diversidad biológica y su plan de acción. Editores Eduardo Szeplaki et al. Caracas Venezuela.

MARNR. (1995). Mapa de vegetación de Venezuela. *Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables*. Caracas Venezuela.

Myers, N., (1992). *Future operational monitoring of tropical forests: an alert strategy*. (Report to JRC). Ispra Italy: Join Research Center.

Potapov P., Hansen M., Stehman S., Loveland T., Pittman K. (2008). Combining MODIS and Landsat imagery to estimate and map boreal forest cover loss. *Remote Sensing of Environment*, 112, 3708–3719.

Shimabukuro, Y. E., & Smith, J. A. (s.d.). The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 19, 16-20.

Zhan X., Sohlberg R.A., Townshend J.R.G., DiMiceli C., Carroll M.L., Eastman J.C., Hansen M.C., DeFries R.S. (2002). Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. *Remote Sensing of Environment*, 83, 336–350.