

Dinámica de los cambios en la cobertura forestal en 27 municipios de los Llanos Occidentales de Venezuela (1990-2010)

Carlos Eduardo Pacheco Angulo
Emilio Javier Vilanova Torre

Universidad de Los Andes
Código Postal 5101 - Mérida - Venezuela
carlosa@ula.ve, vilanova@ula.ve

Abstract: in this work we assessed forest cover changes between 1990 and 2010 for 27 municipalities in the Western Plains of Venezuela which comprises close to 5.56% of country land-area and it is probably the region with the greatest dynamics in terms of forest cover change. Using information from the TM and ETM Landsat sensors two maps of forest cover were generated utilizing the software Spring for data analysis. Using the approach of the Lineal Model of Spectral Mixtures, all important components were obtained including vegetation, shadows and soils. By means of segmentation and unsupervised classification techniques, forests were defined and delimited. Both cartographical products were later validated to apply a change detection analysis to study forest cover changes. Results ratify that Western Plains remains as the most dynamic region in the country with deforestation processes dominating the dynamics with an estimated annual loss of 25,753.46 ha year⁻¹ and approximately 1.96% annual rate, considerably higher than the 0.61% reported at national scale. Two municipalities in Barinas state (Antonio José de Sucre and Andrés Eloy Blanco) and one in Apure state (Páez) accounts for the greatest losses, while at the same time three cases in Barinas state (Arismendi, Sosa, Pedraza), one in Apure (Páez) and one in Portuguesa state (Guanarito municipality) represents the areas with the highest gains in forest cover. Land use change driven by occupation and ulterior abandonment of agricultural lands were the main drivers of both forest loss and gain processes in the region.

Key words: Forest cover changes, deforestation, Landsat, Spring, Venezuela.

1. Introducción

La dinámica de los cambios forestales está definida por la reducción y el aumento del área de bosque; la reducción se genera mediante el proceso de deforestación que involucra la tala del bosque por la acción humana o mediante la ocurrencia de perturbaciones naturales como huracanes, crecidas torrenciales, fuegos o erupciones volcánicas, entre otros fenómenos. Por otro lado, el aumento se genera por el proceso de forestación que involucra la plantación o siembra de árboles en tierras que antes no tenían cubierta forestal o por el proceso de expansión natural del bosque que puede ocurrir en terrenos agrícolas abandonados (FAO, 2010). En el informe principal de la Evaluación de los Recursos Forestales (FRA) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se reveló que en la última década la deforestación ha disminuido, pero sigue siendo alarmante. Asimismo, el aumento de los bosques en algunos países y regiones ha contribuido a reducir la pérdida neta del área de bosque de manera significativa a nivel mundial (FAO, 2010).

En Venezuela, por diferentes razones, tanto los reportes de deforestación como los de forestación o ganancia, poseen una gran incertidumbre, ya que según la FAO en la última década en el país se deforestó -288.000 ha/año (FAO, 2010), mientras que otros estudios señalan -115.000 ha/año (Harris *et al.* 2012), -128.000 ha/año (RNV, 2013) y -107.000 ha/año (Hansen *et al.* 2013). De igual manera, la ganancia fue reportada para el mismo periodo, con cifras de 82.979 ha/año (Pacheco *et al.* 2011), 53.000 ha/año (Aide *et al.* 2012) y 15.917 ha/año (Hansen *et al.*, 2013). La variabilidad de estos reportes, se evidencia también cuando se compara a nivel mundial la dinámica del bosque. Por ejemplo, para el caso de la deforestación, Venezuela es considerada en el puesto 10 entre los países con mayor deforestación según los reportes de la FAO (2010) y en el puesto 25 según Hansen *et al.* (2013). Una razón de fondo para explicar la incertidumbre en relación a los cambios de la dinámica de los cambios forestales en Venezuela es la ausencia de un programa nacional de

monitoreo forestal (e.g Romijn *et al.*, 2012), tal como lo posee, por ejemplo Brasil desde el año 1988 (INPE, 2014) y la India desde el año 1987 (FSI, 2009).

Sin embargo, a pesar de no contar con un programa nacional de monitoreo forestal, en el país existen investigaciones que han diagnosticado esta problemática. Algunas de éstas han reportado históricamente que, en Venezuela, entre 1920 y 2008 se perdió el 26,43% de los bosques con una tasa media anual de 0,30% (Pacheco *et al.*, 2011a) y que desde la época precolombina hasta nuestros días la causa principal y subyacente con mayor influencia en la pérdida de la cobertura boscosa ha sido la expansión agrícola y el crecimiento demográfico, respectivamente, ambas con el 41,8% de participación (Pacheco *et al.*, 2011b). Asimismo, se reportaron 17 áreas “hot spot” de deforestación en todo el país, las cuales representaron un rápido cambio en la cobertura del bosque entre 2005 y 2010 (Pacheco *et al.*, 2014).

De igual manera, estas investigaciones coinciden en que la región de los Llanos Occidentales ha sido y es actualmente la de mayor dinámica en cuanto a cambios en la cobertura forestal en el país (Guevara *et al.*, 2011; Pacheco *et al.* 2011ab). En esta zona se han registrado una serie de actividades que parten desde la época precolombina cuando se emplearon técnicas agrarias como la roza y la quema para expandir la frontera agrícola (Zucchi y Denevan, 1979; Sanoja y Vargas, 2007), intensificándose en la época colonial en 1498 (Abarca, 2006). Luego, para el periodo de la independencia, la región fue el escenario de una alta proporción de las guerras y, una vez culminadas éstas, se registró el abandono de amplias extensiones agrícolas y pecuarias a partir de 1811 (Veillón, 1977).

Posteriormente, desde 1820 se originó el desarrollo extensivo de los sistemas agrícolas, a través de los latifundios ganaderos y los conucos de subsistencias (Rojas, 2008), así como el inicio de las actividades forestales a principio de siglo XX en los estados Portuguesa y Cojedes (Torres, 2008). En 1920, con el boom petrolero volvió originarse un abandono de la agricultura debido al éxodo hacia las grandes ciudades e industrias, sin embargo, la construcción de embalses, vías de comunicación y viviendas, así como el aprovechamiento forestal selectivo bajo la figura de permisos anuales (Torres, 2008), mantuvo la presión sobre los bosques de los estados Portuguesa y Cojedes y en menor grado en el estado Barinas. A partir de 1950, se originó un proceso acelerado y agresivo de deforestación en los Llanos Occidentales (Veillón, 1977), motivado fundamentalmente al establecimiento de la nueva política agraria que estimuló las migraciones y a la construcción de vías que permitieron el acceso a los bosques primarios (Álvarez, 2004). En consecuencia, se tiene que en los actuales momentos se ha estimado la desaparición absoluta de los bosques de los estados Portuguesa y Cojedes, así como la mayoría de los bosques de los estados Barinas y Apure (Guevara *et al.*, 2011). Algunas cifras que sustentan esta afirmación indican que para los periodos de 1950-1975 (Veillón, 1977) y de 1975-1988 (Catalán, 1992) se reportó una deforestación de 50.000 ha/año y 128.725 ha/año, con una tasa media anual de 1,30% y 3,29% respectivamente.

No obstante, después de estos reportes no se han realizado más investigaciones al respecto. Consecuentemente, la importancia de esta investigación radica en que existe una necesidad urgente de evaluar, para las dos últimas décadas la dinámica de los cambios forestales en esta región. En tal sentido, se plantea una evaluación a nivel de municipios para conocer la dinámica de los cambios forestales entre 1990 y 2010. Se espera que esta información contribuya al establecimiento, a nivel municipal, de estrategias que permitan la reducción de las pérdidas y la conservación de los pequeños espacios boscosos fragmentados de carácter relictual, que representan un alto valor para la conservación de la biodiversidad.

2. Metodología

2.1. Área de estudio. La región denominada como “Llanos Occidentales” se ubica en la parte Noroccidental de Venezuela, con una superficie de 50,931 km² ocupando el 5,56% del territorio nacional. Se enmarca dentro de los 6,9° y 9,9° de latitud Norte y los 67,5° y 72,0° Longitud Oeste. Para efectos de este estudio se tomo como referencia la troncal número 005

que comunica los estados Táchira y Barinas para delinear los límites del noroeste, mientras que para el noreste los límites tomados fueron los políticos administrativos de los estados Portuguesa con Cojedes y Barinas con Guárico, y para el sur los límites de los estados Barinas y Apure, que corresponden al río Apure, hasta la confluencia del río Uribante, de allí en línea recta hasta los límites internacionales del estado Apure y Colombia. Los municipios que están enmarcados dentro de esta área son: Páez del estado Apure; Alberto Arvelo Torrealba, Andrés Bello, Antonio José de Sucre, Arismendi, Barinas, Cruz Paredes, Ezequiel Zamora, Obispos, Pedraza, Rojas y Sosa del estado Barinas; Simón Planas del estado Lara; Agua Blanca, Araure, Esteller, Guanare, Guanarito, Ospino, Páez, Papelón, San Genaro de Boconoito, San Rafael de Onoto, Santa Rosalía, y Turen del estado Portuguesa; y Córdoba, Fernández Feo y Libertador del estado Táchira (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

2.2. Datos. Se utilizaron imágenes del satélite Landsat que fueron adquiridas dentro del período de sequía (noviembre-abril), con más o menos 2 años de diferencia a 1990 y 2010, establecidos como referencia (Tabla 1). Las mismas proceden de la colección del USGS (U.S. Geological Survey) (<http://glovis.usgs.gov/>) de distribución libre y poseen un nivel de corrección radiométrico y geométrico L1T, suficiente para este estudio.

Tabla 1. Datos Landsat TM y ETM+ utilizados en el estudio.

path	row	Lat	Long	Sensor	Año de referencia	Fecha de adquisición
4	54	8,7	-67,4	TM	1990	09/04/1990
				ETM+	2010	21/01/2011
5	53	10,1	-68,6	TM	1990	07/09/1990
				ETM+	2010	07/02/2009
5	54	8,7	-68,9	TM	1990	27/02/1990
				ETM+	2010	07/02/2009
6	54	8,7	-70,5	TM	1990	20/01/1988
				TM	2010	11/06/2008
6	55	7,2	-70,8	TM	1990	20/01/1988
				ETM+	2010	31/12/2009
7	55	7,2	-72,3	TM	1990	26/12/1987
				ETM+	2010	02/01/2008

2.3. Metodología

2.3.1. Cartografía de cobertura forestal. Se utilizó el programa de dominio público SPRING del Instituto Nacional de Investigación Espacial (INPE) de Brasil (<http://www.inpe.br/>). Se empleó la técnica del Modelo Lineal de Mezclas Espectrales (MLME) planteada por Shimabukuro y Smith (1991), la cual estima la proporción de los

componentes suelo, vegetación y sombra para cada píxel, a partir de la respuesta espectral de las bandas de Landsat, dando como resultado imágenes del fragmento suelo, vegetación y sombra, a través de la siguiente ecuación:

$$r_i = a * vege_i + b * suelo_i + c * sombra_i + e_i \quad (1)$$

Donde r_i es la respuesta del píxel en la banda i ; a , b , y c son las proporciones de vegetación, suelo y sombra (o agua), respectivamente; $vege_i$, $suelo_i$ y $sombra_i$, son las respuestas espectrales de los componentes de vegetación, suelo y sombra (o agua); e_i es el error en la banda i , indicando i la banda. En el proceso se utilizan las bandas 3, 4 y 5 formando un sistema de ecuaciones lineales que pueden resolverse usando el método de mínimos cuadrados (Shimabukuro y Smith, 1991). De las tres bandas generadas, la que proporciona mayor contraste entre el suelo desnudo y el bosque es la banda del componente suelo. Por tanto, fue utilizada para delinear los bosques mediante un proceso de segmentación que emplea los valores del proyecto PRODES (Câmara et al., 2006): un valor de 8, como criterio mínimo de similitud, bajo el cual dos áreas son consideradas similares y agrupadas en una única región; un valor igual a 16, como valor de área mínima, bajo el cual dos áreas son consideradas similares y agrupadas en una única región (Bins et al., 1993).

Posteriormente, se generó un archivo de contexto con la imagen segmentada, la fracción suelo y el clasificador de regiones (INPE-DPI, 1999). Con este archivo y el algoritmo de clasificación no supervisado (Isoseg), empleando un umbral del 95%, se clasificó la imagen. Las clases de las imágenes resultantes fueron reagrupadas en bosque y no bosque. La categoría bosque, para efectos de este trabajo correspondió a todas aquellas formaciones vegetales que se encuentran por encima de los 5 m de altura, ocupan una superficie superior a 1 ha y poseen un porcentaje de cobertura mayor al 30% (UNFCCC, 2001). En este sentido, se incluyeron los fragmentos existentes de bosques primarios, bosques de galería, formaciones especiales como casidales y palmares y las pequeñas plantaciones forestales. De esta manera, se obtuvo la cartografía de cobertura boscosa para 1990 y 2010 la cual fue sometida a un proceso de edición riguroso para aumentar su precisión.

2.3.2. Validación de la cartografía de cobertura forestal. Para la cuantificación de la exactitud de las cartografías generadas, se seleccionaron aleatoriamente 200 puntos de verdad-terreno en cada categoría (Congalton, 1998). Éstos fueron obtenidos por expertos externos que utilizaron las mismas imágenes empleadas para la construcción de las cartografías (Congalton y Green, 2009). Con estas muestras se realizó el cálculo de la matriz de confusión a partir de la cual se obtuvieron los errores de omisión y comisión, así como la precisión global (Chuvieco, 2008; Congalton and Green, 2009). De igual manera, se obtuvo el estadístico K (Cohen, 1960) para medir la precisión o acuerdo basado en la diferencia entre el error de la matriz y acuerdo en los cambios (Rosenfield and Fitzpatrick-Lins, 1986).

2.3.3. Determinación de la cobertura forestal de los municipios. Una vez generada y validada la cartografía de cobertura boscosa para los años de estudio, se procedió a interceptarla con la capa de los límites municipales y con esta se obtuvo la superficie ocupada por bosques y sus respectivos porcentajes (Olaya, 2011).

2.3.4. Dinámica de los cambios forestales. Mediante el análisis de cobertura wall-to-wall (FSI, 2009; INPE, 2010; Hansen *et al.* 2013), se determinó la disminución y el aumento del bosque. Para ello, a la cartografía de la cobertura forestal de 1990 y 2010 se les aplicó una técnica de detección de cambios a través de la diferencia de mapas (Chuvieco, 2008; Mather y Koch, 2011), lo que permitió obtener una nueva cartografía con las categorías bosque, no bosque, deforestación y aumento o ganancia.

2.3.5. Tasa media anual de deforestación. De igual manera, se determinó la tasa media anual de deforestación, mediante la ecuación (2) planteada por Sader y Armond (1988):

$$\text{Porcentaje por año} = (((B1-B2)*100)/(B1*N)) \quad (2)$$

Donde, B1 es el área de bosque en la fecha inicial, B2 es el área de bosque en la fecha final y N el número de años del período.

3. Resultados y discusión

3.1. Validación. De los resultados de las matrices de confusión se puede interpretar que la clase bosque tuvo un acorde de 91,50% y 94,00%, confundándose con la clase no bosque en un 8,50% y 6,00% para la cartografía forestal de 1990 y 2010 respectivamente. Por su parte, el acorde de la clase no bosque para las mismas cartografías fue de 99,00% y 98,00% y la confusión de 1,00% y 2,00% con la clase bosque (Tabla 2).

Tabla 2. Matrices de confusión de los mapas de cobertura boscosa de 1990 y 2010.

Clases	Verdad Terreno (%)					
	1990			2010		
	Bosque	No Bosque	Total	Bosque	No Bosque	Total
Bosque	91,50	1,00	46,25	94,00	2,00	48,00
No Bosque	8,50	99,00	53,75	6,00	98,00	52,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Por otro lado, de los resultados de los errores de omisión y comisión se pueden interpretar que la clase no bosque fue la que obtuvo el mayor error del usuario (comisión) con 7,91% y 6,57%, mientras que los errores del productor (omisión) se presentaron con mayor valor en la clase bosque con 8,50% y 7,0%, para los mapas de 1990 y 2010 respectivamente. Por su parte, la precisión global de los mapas de cobertura forestal de 1990 y 2010, fue de 95,25% y 96,25% correspondientemente, valores estos ubicado dentro de los límites establecidos (80 a 100%) por los científicos para diferenciar estas clases y posteriormente evaluar sus cambios (GOFC-GOLD, 2013). Mientras que los resultados de los índices kappa fueron de 0,91 y 0,93, resultados con un grado de acuerdo casi perfecto, ya que sus valores se encuentran dentro del rango de 0,81 – 1 (Landis y Koch, 1977) (Tabla 3).

Tabla 3. Errores de comisión y omisión, precisión global e índice kappa.

	1990		2010	
	Bosque	No Bosque	Bosque	No Bosque
Comisión	1,08	7,91	0,53	6,57
Omisión	8,50	1,00	7,00	0,50
Precisión Global	95,25		96,25	
Índice Kappa	0,91		0,93	

3.2. Cobertura forestal de los Llanos Occidentales y sus municipios para 1990 y 2010. La cobertura forestal en los Llanos Occidentales ha tenido una dinámica muy alta. Así lo demostraron Veillón (1977) y Catalán (1992) en sus investigaciones donde indicaron que para 1825 la cubierta forestal fue de 21% de toda la región. Posteriormente ésta aumentó en 1950 a 45% y en 1975 disminuyó a 30%. En esta investigación, se estimó que la cobertura forestal siguió disminuyendo, ya que en 1990 paso a 25,44% (1.314.727 ha). La mayor parte de la cobertura se localizó casi exclusivamente en cuatro figuras jurídicas que corresponden al parque nacional El Tama y las reservas forestales de San Camilo, Caparo y Ticoporo, las cuales van desde el extremo izquierdo hacia parte central del área de estudio (Figura 2a). En el 2010, la cobertura se redujo a 15,47% (799.658 ha), concentrándose en el parque nacional El Tama y en las reservas forestales de San Camilo y Caparo (Figura 2c).

A nivel municipal se puede comentar que para 1990, los municipios con cubiertas forestales superiores al 50% fueron: Simón Planas (71,82%) del estado Lara, y Antonio José de Sucre (57,76%) y Andrés Eloy Blanco (53,73%) del estado Barinas; por otro lado, se tienen que los municipios con cubiertas forestales inferiores al 10% fueron: Santa Rosalia (7,84%), Turen (7,61%) y Araure (5,02%) del estado Portuguesa (Figura 2b). Con respecto al 2010, los municipios con cubiertas forestales superiores al 22% fueron: Simón Planas

(65,41%) del estado Lara, Córdoba (47,06%) y Fernando Feo (38,25%) del estado Táchira, Páez (31,09%) del estado Apure y Andrés Eloy Blanco (25,96%) del estado Barinas; por su lado, los municipios con cubiertas forestales inferiores al 10% fueron: Antonio José de Sucre (9,08%) del estado Barinas, Santa Rosalia (8,57%) del estado Portuguesa, Alberto Arvelo Torrealba (7,64%) del estado Barinas, San Rafael de Onoto (6,45%) y Páez (6,38%) del estado Portuguesa, Rojas (6,14%) del estado Barinas y Esteller (5,66%), Agua Blanca (4,66%), Turen (3,61%) y Araure (2,61%) del estado Portuguesa (Figura 2d).

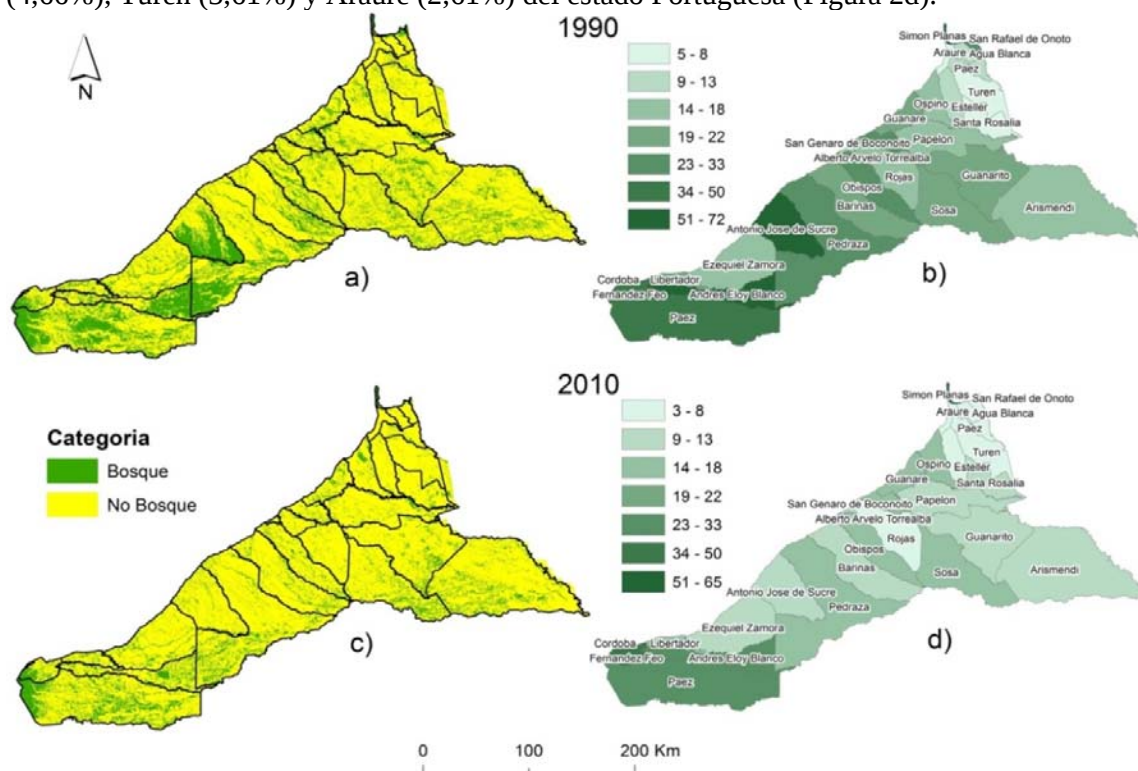


Figura 2. Cobertura forestal y su distribución porcentual en los municipios de los Llanos Occidentales para 1990 (a,c) y 2010 (b,d).

3.2. Dinámica de los cambios forestales para el periodo 1990-2010. Los resultados revelaron que entre 1990 y 2010 en los Llanos Occidentales hubo una disminución de la cobertura forestal de 789.574,22 ha. La misma se originó por los procesos de deforestación que se evidenciaron con mayor fuerza en las reservas forestales Ticoporo, Caparo y San Camilo (Pacheco *et al.* 2012). Por su parte, la ganancia fue de 274.505,22 ha, casi el 300% menor a la disminución y ésta se originó principalmente por el proceso de expansión natural del bosque que se presentó en gran parte de los Llanos Occidentales e incipiente por el establecimiento de plantaciones forestales que se registraron de manera puntual en el municipio Ospino y la reserva forestal de Caparo (Figura 3a).

Con respecto a los municipios, los que arrojaron cantidades superiores a 60.000 ha de disminución fueron por el estado Barinas, Antonio José de Sucre con 119.994,68 ha, Pedraza con 118.712,33 ha y Arismendi con 65.495,05 ha, y por el estado Apure, Páez con 118.801,48 ha. Por otro lado, los municipios que presentaron aumentos superiores a 20.000 ha fueron, por el estado Apure, Páez con 52.552,99 ha, por el estado Barinas, Arismendi con 37.240,24 ha, Sosa con 25.859,30 ha y Pedraza con 24.593,96 ha y por el estado Portuguesa, Guanarito con 21.742,75 ha (Figura 3b).

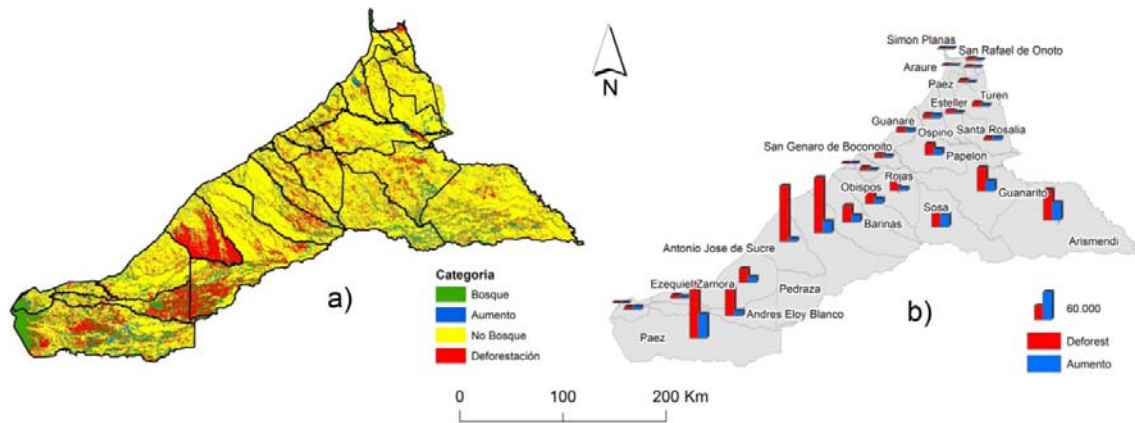


Figura 3. Dinamica de los cambios forestales (a) y sus proporciones para 1990 y 2010 (b).

3.2. Tasa media anual de Deforestación 1990 y 2010. En los Llanos Occidentales, para el periodo 1990-2010, la deforestación media anual fue de 25.753,46 ha año⁻¹ con una tasa media de 1,96%. Si se compara este último resultado con el reportado para la década del dos mil en la región amazónica (Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro) y para todo el país, se tienen que estos estuvieron por debajo, ya que las tasas fueron de 0,14% (RAISG, 2012) y de 0,61% (FAO, 2011) respectivamente. De igual manera, si se compara con los resultados generados en los estudios de Veillón (1977) y Catalán (1992), se detecta que el periodo con mayor tasa de deforestación en los Llanos Occidentales fue el 1975-1988 con 3,29%, seguido del periodo evaluado en este estudio 1990-2010 con 1,96% y el periodo 1950-1975 con 1,3%, mientras que el periodo 1825-1950 con -0,93% fue el que presentó ganancia del bosque.

Con respecto a las tasas medias anuales de deforestación de los 27 municipios evaluados, usando el esquema propuesto en Hernández y Pozzobon (2002) para clasificar la deforestación, podemos reportar que, para el período evaluado aquí, existen cuatro (4) municipios con una tasa anual de deforestación Muy Alta (> 3,0%). Éstos corresponden a los casos de Antonio José de Sucre (4,2%) y Rojas (3,3%) del estado Barinas; Santa Rosalia (3,8%) y Araure (3,0%) del estado Portuguesa. Se estimó en ocho (8) los municipios con una tasa anual de deforestación Alta (2,0% y 3,0%), dentro de los que se destacan: Alberto Arvelo Torrealba y Andrés Eloy Blanco del estado Barinas, ambos con una tasa de 2,6%. Diez (10) municipios con una tasa anual de deforestación Media (0,5% y 2,0%) dentro de los que se destacan: San Rafael de Onoto y Ospino con 1,9%, ambos del estado Portuguesa. Finalmente, un municipio (1) con una tasa anual de deforestación Baja (0% y 0,5%) fue Agua Blanca con 0,4% del estado Portuguesa (Figura 4).

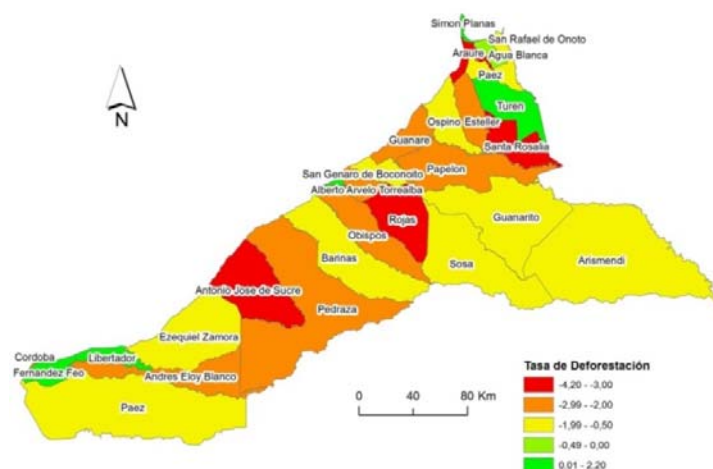


Figura 4. Tasa media anual de deforestación en los 27 municipios, periodo 1990-2010.

4. Conclusiones

Con la evaluación realizada, queda comprobado que la región de los Llanos Occidentales sigue siendo la de mayor dinámica de cambios de cobertura forestal en el país, predominada principalmente por los procesos de deforestación que han provocado una disminución de alrededor de 30% de la cobertura forestal en los últimos 60 años.

En 1990, los municipios Antonio José de Sucre y Andrés Bello del estado Barinas, así como el municipio Páez del estado Apure, son los que presentaron mayores porcentajes de cobertura forestal. Lógicamente, la existencia de áreas como las reservas forestales representa gran parte de esta cobertura. Sin embargo, para el 2010 esta situación cambió drásticamente ya que en estos municipios, se registraron los menores porcentajes de cobertura forestal, debido a los procesos de colonización agrícola generados frecuentemente después del aprovechamiento forestal selectivo, un proceso ampliamente documentado en la región.

Con respecto a la ganancia de la cobertura forestal, los municipios que presentan los mayores porcentajes son: Páez del estado Apure, Arismendi, Sosa y Pedraza del estado Barinas y Guanarito del estado Portuguesa, estos resultados obedecen principalmente al proceso de expansión natural del bosque que se generó por el abandono de los terrenos agrícolas y pecuario.

Finalmente, los resultados obtenidos en este trabajo constituyen insumos que pueden ser usados en distintos escenarios de planificación y manejo de los recursos naturales. Éstos pueden ir desde la protección de los bosques remanentes como ecosistemas claves para muchas especies de flora y fauna en condiciones de amenaza, hasta conocer el impacto de estos cambios en procesos como el ciclo del carbono que finalmente ayuden a consolidar reportes nacionales de emisiones.

Agradecimientos. Los autores quieren agradecer el aporte económico dado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes Mérida – Venezuela, a través del Proyecto FO-711-12-01-B.

Referencias bibliográficas

- Abarca, K. Economía agraria en América Latina: Del ecologismo prehispánico a la modernidad globalizadora **Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura** v.12 n. 1, p. 195-206, 2006.
- Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López-Carr, D., Levy, M.A., Redo, D., Bonilla-Moheno, M., Riner, G., Andrade-Núñez, M.J., Muñoz, M. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). **Biotropica**, v.45, n. 2, p. 262-271, 2013.
- Álvarez, R. La dinámica migratoria Colombo-Venezolana: evolución y perspectiva actual. **Geoenseñanza**, v.9, n. 2, p. 191-202, 2004.
- Bins, S.A., Fonseca, L.M.G., Erthal, G.J., Li, M. **Satellite imagery segmentation: a region growing approach**. 1993. p. INPE, Salvador, Brazil. 1993.
- Câmara, G., Valeriano, D., Soares, J. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 13 p.
- Catalán, A. **El proceso de deforestación en Venezuela entre 1975-1988**. 1992. p. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas, Venezuela. 1992.
- Cohen, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v.20, n. p. 37-46, 1960.
- Congalton, R. comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.54, n. 3, p. 593-600, 1988.
- Congalton, R., Green, K. **Assesing the accuracy of remotely sensed data: Principles and Practices**. London, New York, CRC Press, : Taylor and Francis Group, 2009. p.
- Chuvieco, E. **Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio**. España: Editorial Ariel, S. A., 2008. 430 p.
- Fao. **Global Forest Resources Assessment 2010. Main Report**. 2010. 378 p. Food and Agriculture Organization of the UN, Rome, Italy. 2010.
- Fao. **Situación de los Bosques del Mundo 2011**. 2011. 143 p. Roma, Italia. 2011.
- Fsi. **State of Forest Report 2011**, Ministry of Environment and Forests, Government of India, 2013. Dehradun, India. Disponible en: www.fsi.com. Acceso en: 07 oct. 2014

- Gofc-Gold. **A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation. GOFC-GOLD Report version COP19-1.** (GOFC-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen University, The Netherlands). : 2013. p.
- Guevara, J., Carrero, O., Costa, M., Magallanes, A. Las selvas Alisias: hipótesis fitogeográfica para el área transicional del piedemonte andino y los altos llanos occidentales de Venezuela. **Biollania**, v.10, n. Edición Especial, p. 178-188, 2011.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R.G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v.342, n. 6160, p. 850-853, 2013.
- Harris, N.L., Brown, S., Hagen, S.C., Saatchi, S.S., Petrova, S., Salas, W., Hansen, M.C., Potapov, P.V., Lotsch, A. Baseline Map of Carbon Emissions from Deforestation in Tropical Regions. **Science**, v.336, n. 6088, p. 1573-1576, 2012.
- Hernández, E., Pozzobon, E. Tasas de deforestación en cuatro cuencas montañosas del occidente de Venezuela. **Revista Forestal Venezolana**, v.46, n. p. 35-42, 2002.
- Inpe-Dpi. **Manual do usuário do SPRING: verso 3.4.** . Brazil: 1999. 35 p.
- Inpe. **Monitoring of the Brazilian Amazonian: Projeto PRODES** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. National Space Agency of Brazil. Disponible en: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Acceso en: 07 oct. 2014
- Landis, J.R., Koch, G.G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v.33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- Mather, P., Koch, M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images.** West Sussex, PO19 8SQ, UK: Wiley-Blackwell is, 2011. 434 p.
- Olaya, V. **Sistemas de Información Geográfica.** España: <http://www.sextantegis.com>, 2011. 883 p.
- Pacheco, C., Aguado, I., Mollicone, D. Dinámica de la deforestación en Venezuela: análisis de los cambios a partir de mapas históricos. **Interciencia**, v.36, n. 8, p. 578-586, 2011a.
- Pacheco, C., Aguado, I., Mollicone, D. Las causas de la deforestación en Venezuela: un estudio retrospectivo. **Biollania**, v.10, n. Edición Especial, p. 281-292, 2011b.
- Pacheco, C., Aguado, I., Mollicone, D. Identification and characterization of deforestation hot spots in Venezuela using MODIS satellite images. **Acta Amazonica**, v.44, n. p. 185-196, 2014.
- Pacheco, C., Aguado, I., Vilanova, E., Martínez, S. Utilización de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en el desarrollo de un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de emisiones de CO2 en tres áreas "hot spot" de deforestación en Venezuela. In: XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. 2012. Madrid, AGE-CSIC, 19-21 de Septiembre de 2012 Artículo, p. 151-161. CD-ROM, On-Line. ISBN 978-84-695-4759-5. Disponible en: http://age-tig.es/2012_Madrid/ponencia1/Pacheco_final_imp.pdf
- Raisg. **Amazonía bajo presión.** 2012. 68 p. Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, Belém, Brazil. 2012.
- Rnv. **Tasa de deforestación se redujo en un 47 por ciento gracias a Misión Árbol**, Ministro del Poder Popular para el Ambiente, 2013. Disponible en: <http://www.rnv.gob.ve/index.php/tasa-de-deforestacion-se-redujo-en-un-47-por-ciento-gracias-a-mision-arbol>. Acceso en: 07 oct. 2014
- Rojas, J. Venezuela. Cambios y desafíos territoriales desde la geodiversidad de la agricultura. Medio humano, establecimientos y actividades., In: F. Polar. **Geo Venezuela**. Caracas, Venezuela. Tomo 3. 2008. cap p. 302-381.
- Romijn, E., Herold, M., Kooistra, L., Murdiyarso, D., Verchot, L. Assessing capacities of non-Annex I countries for national forest monitoring in the context of REDD+. **Environmental Science & Policy**, v.19-20, n. 0, p. 33-48, 2012.
- Rosenfield, G.H., Fitzpatrick-Lins, A. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.52, n. p. 223-227, 1986.
- Sader, A. Deforestation rates and trends in Costa Rica, 1940 to 1983. **Biotropica**, v.20, n. p. 11-19, 1988.
- Sanoja, M., Vargas, I. El legado territorial y ambiental prehistórico e histórico, In: F. Polar. **Geo Venezuela**. Caracas, Venezuela. Tomo 1. 2007. cap p. 73-129.
- Shimabukuro, Y.E., Smith, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.29, n. 1, p. 16-20, 1991.
- Torres, A. La cuidada movilización de los recursos forestales. La industria forestal. Medio humano, establecimientos y actividades, In: F. Polar. **Geo Venezuela**. Caracas, Venezuela. Tomo 3. 2008. cap p. 382-438.
- Unfccc. **COP-7: The Marrakech accords.** 2001. 245 p. Bonn, Germany. 2001.
- Veillon, J. **Las deforestaciones en los Llanos Occidentales de Venezuela desde 1950 a 1975.** 1977. 97-110 p. Caracas, Venezuela. 1977.
- Zucchi, A., Denevan, W.M. **Campos elevados e historia cultural prehispánica de los llanos Occidentales de Venezuela** Caracas: Ediciones de la Universidad Católica Andrés Bello 1979. 230 p.