

# **Cambios en la cobertura del paisaje y fuerzas conductoras en los Llanos Orientales Colombianos (Puerto López, Meta), 1988-2007.**

Juan Guillermo Abadía

## **Resumen**

Actualmente, la pérdida de ecosistemas naturales como consecuencia de las actividades humanas es la principal causa de calentamiento global, pérdida de biodiversidad, deforestación, etc. Este trabajo proporciona una visión general de los principales cambios en la cobertura del paisaje en el municipio de Puerto López, desde 1988 hasta 2007, haciendo énfasis en las fuerzas conductoras que han impulsado estos cambios. Los ecosistemas de sabana en el municipio, disminuyeron del 55.7% al 43.9% del territorio. Aproximadamente 735,3 Km<sup>2</sup> de sabanas han sido convertidas a cultivos y pastos mejorados. Las principales fuerzas conductoras de la transformación del paisaje en el área están relacionadas a la extensión de la infraestructura, expansión de la frontera agrícola y políticas nacionales que tienen como objetivo generar un mayor desarrollo agrícola en la región de los Llanos Orientales.

*Palabras claves:* Uso del paisaje, Transformación del paisaje, Fuerzas conductoras, Ecosistemas de sabana, Llanos Orientales

## **Abstract**

Currently, the loss of natural ecosystems as a result of human activities is the main cause of global warming, biodiversity loss, deforestation, etc. This paper provided an overview of the mayor land-use changes in Puerto López, from 1988 to 2007, with a focus on the forces driving theses changes. Natural savanna ecosystem in Puerto López declined from 55.7% to 43.9% over the analysed period. Nearly 735,3 Km<sup>2</sup> of savanna were transformed into crops and introduced pastures. The most important driving forces of land conversion were associated with infrastructure extensión, agricultural expansion and national policies which aim to generate greater agricultural development in the region.

*Keywords* Land cover, Land change, Driving forces, Savanna ecosystem, Llanos Orientales

## **1. Introducción**

La humanidad; parte integral del planeta Tierra, depende enteramente de los bienes y servicios, también llamados servicios ecosistémicos proporcionados por la biosfera y cada uno de los ecosistemas que la integran. Estos pueden ser de: aprovisionamiento, regulación, apoyo, servicios culturales y recreacionales. Incluyen productos tales como alimento, recursos energéticos; agua, aire, regulación del clima, control de enfermedades, biodiversidad, entre otros. La alteración de estos servicios afecta el bienestar humano en varios aspectos (Millennium Ecosystem Assessment 2003, Gitay et al, 2001).

Según el Millennium Ecosystem Assessment (2003), la demanda por bienes y servicios es tan grande que el conflicto entre servicios se ha convertido en una regla. Es posible que un país incremente la oferta de alimentos al transformar bosques y/o sabanas en cultivos. Sin embargo, al hacer esto se disminuye la oferta de otros servicios que pueden llegar a ser de igual o mayor importancia.

Existen varios indicadores que aseguran que la demanda de bienes y servicios será aun mas grande es las próximas décadas. La rápida expansión demográfica a nivel global, su correlación a una mayor demanda de bienes y servicios, y la globalización ha incrementado la presión ejercida a los sistemas ecológicos (Etter et al, 2005b; Bilsborrow y Ogendo, 1992). Cambios en la cobertura del paisaje y uso del suelo modifica los servicios ecosistémicos y afecta la capacidad del planeta para cubrir las necesidades humanas (Etter et al, 2005b Lambin et al, 2001). Según la (FAO, 2008), el fuerte crecimiento económico y demográfico de algunos países, entre ellos India y China aumentan la presión sobre los ecosistemas al aumentar la demanda alimenticia y energética.

Actualmente, los diversos sistemas productivos, sistemas extractivos y sistemas de asentamiento practicados por el hombre, son la principal consecuencia de la transformación de la cobertura vegetal (Etter y Villa, 2001). Además, son considerados factores importantes que afectan la dinámica ecosistémica y están directamente relacionados al cambio global (Etter et al, 2005a; Foley et al, 2005; Turner et al, 1993). Estos factores transforman los ecosistemas naturales de la tierra cambiando su composición, estructura y función. Estudios recientes han demostrado que los cambios en la cobertura del paisaje están relacionados al calentamiento global, cambios en los ciclos biogeoquímicos, pérdida de biodiversidad, degradación de los suelos, deforestación, pérdida de ecosistemas naturales, etc (Houghton, 1994; Goldewijk 2004; Lambin et al, 2001).

Aproximadamente la mitad de la pérdida de ecosistemas naturales que se produjo durante los últimos tres siglos tuvo lugar en ecosistemas de sabana, los cuales se cree están siendo transformados a una tasa de mas del 1% anual (Goldewijk, 2001, Grace et al, 2006). Según estudios recientes (Grace et al, 2006, Ayarza et al, 2007), las sabanas de Sur America cubren cerca de 269 millones de ha, entre un 8% y 10% del total de sabanas a nivel mundial. Actualmente, están siendo fuertemente modificadas como consecuencia de actividades antrópicas, esto por ser consideradas de gran importancia para suplir la demanda alimenticia local, regional y global.

En Colombia, la región de los Llanos orientales cubre aproximadamente 17 millones de ha, cerca de un 75% del área estuvo originalmente cubierta por ecosistemas de sabana (Etter et al, in press). En el año 2000, cerca de 11 millones de ha 65% del área total de la región correspondió a ecosistemas de sabana, el área restante fue transformada a cultivos y pastos (Romero et al, 2009). Asner et al. (2004) encontraron que en la región de los Llanos orientales Colombianos ha existido un incremento en la expansión de la frontera agrícola durante los últimos 30 años. Los procesos de transformación en ecosistemas de sabana generalmente inician con el desarrollo de agricultura de subsistencia, seguido por la introducción de pastos y finalmente remplazados por agricultura intensiva y mecanizada de cultivos perennes (Etter et al, 2005a).

Lambin et al, (2001) afirma que entender las dinámicas del cambio en el uso de la tierra y transformación del paisaje ha sido reconocido como una herramienta importante en el desarrollo de investigaciones relacionadas al cambio global; estas dinámicas pueden mostrar patrones y tasas de cambio. Además, pueden explicar cuales fuerzas intervienen global, regionalmente o localmente, lo cual contribuiría al conocimiento del estado actual de los grandes ecosistemas, entre ellos las sabanas naturales. Identificar los factores que causan los procesos de transformación del paisaje requiere un entendimiento de cómo las personas toman decisiones con respecto al uso de la tierra y como diversos factores biofísicos y socioeconómicos interactúan de manera (local, regional o global), para así influenciar la toma de decisiones con respecto al uso de la tierra (Geist y lambin, 2006).

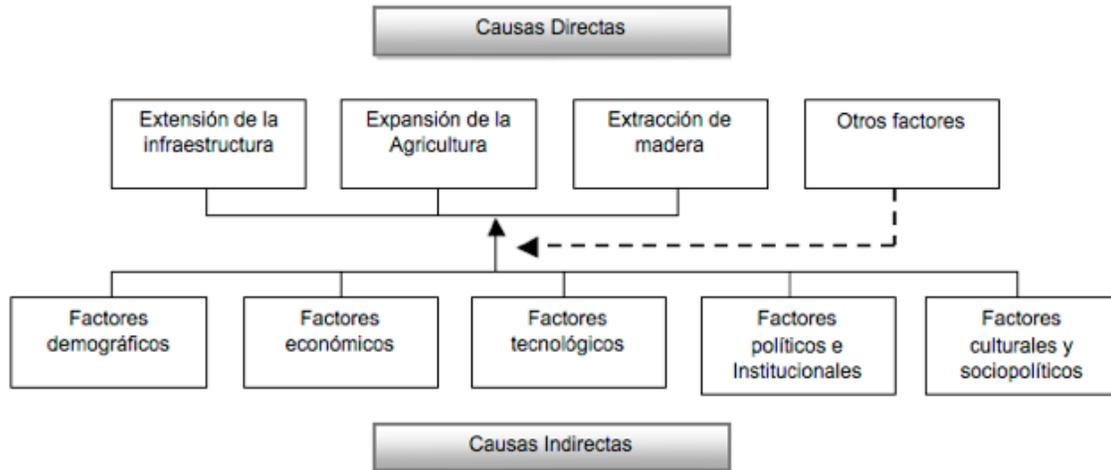


Fig. 1. Causas directas e indirectas que direccionan los procesos de transformación del paisaje (Geist & Lambin, 2002).

Es necesario identificar tanto las causas directas como las causas indirectas que intervienen en el cambio en el uso de la tierra (Fig. 1), para poder desarrollar estrategias que permitan minimizar los impactos generados por la transformación del paisaje y conduzcan a un desarrollo territorial sostenible (Geist y Lambin, 2002, Millennium Ecosystem Assessment, 2003). Las causas directas son aquellas actividades humanas que se originan por la manipulación física de la cobertura de la tierra, e implican actividades como la agricultura, extracción forestal y la construcción de infraestructura. Estas causas generalmente operan a nivel local. Por otro lado, las causas indirectas están conformadas por un grupo de variables sociales, políticas, económicas, demográficas, tecnológicas, culturales y biofísicas que pueden llegar a operar a nivel global, regional o local. Cambios en alguna de las variables indirectas generalmente conlleva a cambios en los factores directos, lo cual genera cambios en el uso de la tierra. Así mismo, existen otros factores que pueden llegar a conducir a procesos de transformación y están relacionados principalmente a factores biofísicos. Variables como el clima, la fertilidad de los suelos, topografía, relieve, entre otros, tienen gran relevancia en la transformación del paisaje (Geist y Lambin, 2006, Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

El objetivo principal de este estudio es determinar como ha sido el proceso de transformación del paisaje entre 1988 y 2007 en el municipio de Puerto López. Para lo cual se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Establecer las coberturas para los periodos 1988 y 2007.
- Determinar la dinámica de transformación en las coberturas entre los diferentes años, áreas y tasa de cambio.
- Identificar las principales fuerzas conductoras que intervienen en el proceso de transformación del área de estudio.

El desarrollo de esta investigación permitirá tener un mayor conocimiento respecto al estado actual de las sabanas naturales. Punto inicial para la toma de medidas con respecto al manejo de este tipo de ecosistemas, lo cual puede incluir desde proyectos de conservación enfocados a la protección de las sabanas, hasta la modificación de los planes de ordenamiento territorial. Lo anterior con el fin de asegurar la conservación de la biodiversidad de la región.

## 2. Área de estudio

Los Llanos Orientales Colombianos cubren cerca de 170,000 km<sup>2</sup> y están compuestos principalmente por dos unidades fisiográficas: el piedemonte andino y las sabanas del altiplano. El piedemonte andino incluye vastas áreas inundables divididas en sabanas de terraza y sabanas aluviales de desborde. Por otro lado, las sabanas de altillanura incluyen las sabanas planas de altillanura, sabanas onduladas de altillanura y las sabanas quebradas de altillanura (Etter et al, in press).

Desde aun antes de la época de la Colonia, la ganadería ha sido la principal actividad económica de la región. Hasta el año 1950, la agricultura muestra un bajo nivel de desarrollo. Sin embargo, a mediados del siglo XX, el arroz se constituye como el principal cultivo comercial de los Llanos Orientales, se comienza a usar maquinaria pesada con el objetivo de intensificar el cultivo (Rausch, 1994, Bustamante, 2003).

Más adelante como consecuencia del desarrollo tecnológico se comenzó a cultivar en la región cultivos como soya, frutales, maíz, palma africana, entre otros. No obstante, la economía de la región se incrementó notablemente como consecuencia de la explotación petrolera de la década de los 80 y el desarrollo de infraestructura relacionado a este; lo cual aumentó la posibilidad de una agricultura más productiva y lucrativa generando grandes cambios en el paisaje (Etter et al, in press).

El Municipio de Puerto López está localizado a los 4° 05' de latitud norte y 72° 58' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, en el centro – norte del departamento del Meta. Su ubicación es bastante estratégica debido a su cercanía a Bogotá y Villavicencio, 206 y 80 km respectivamente. La extensión del área de estudio es de 6.226 km<sup>2</sup> (Fig. 2). La temperatura media anual del municipio varía entre 27 y 28°C en los meses secos y entre 26 y 26.5°C en la temporada de lluvia. La precipitación media anual varía entre 2000 y 2700mm, siendo Junio y Julio los meses más lluviosos del año y Enero y Febrero los más secos.

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Puerto López, la principal actividad productiva en la región es la ganadería extensiva. El uso de la tierra en actividades agrícolas se ubica generalmente en las terrazas de las llanuras aluviales y valles menores, especialmente del río Meta y sus afluentes, como el río Metica. La ganadería está en primer lugar, seguida por la agricultura y la pesca, la cual es principalmente de carácter artesanal y se realiza en la subcuenca del río Meta y sus afluentes como el río Metica, Guayubira, etc. Los principales cultivos en la región en orden de importancia son: arroz, frutales, plátano, palma africana, algodón, maíz, yuca, entre otros. Actualmente, se encuentra en la región una agroindustria incipiente, con productos como caña de azúcar, palma africana y caucho.

Existen algunos estudios a nivel nacional, en la región de los Llanos Orientales cuyo objetivo ha sido la identificación de cambios en el uso de la tierra y transformación del paisaje y posibles fuerzas conductoras que intervienen en el proceso de cambio. De igual forma, análisis de sensores remotos han sido empleados para entender cambios en el uso de la tierra y emisiones de CO<sub>2</sub> en la región (Etter et al, in press). Sin embargo, aún hacen falta estudios a escala local, que permitan identificar tanto los cambios en las coberturas del paisaje, como las tasas de pérdida de cobertura y posibles fuerzas conductoras.

## 3. Metodología

Los objetivos propuestos en el estudio se lograron mediante la comparación de dos imágenes satelitales de los años 1988 y 2007, ambas de la región de Puerto López, Meta; municipio ubicado en los llanos Orientales de Colombia. Estudios en el área llevados a cabo por medio de fotointerpretación de imágenes satelitales e identificación de fuerzas conductoras es algo nuevo y de gran importancia. Este estudio, provee información que permite tener un mejor conocimiento

de los procesos de cambio de la cobertura y transformación del paisaje en ecosistemas de sabana. De igual forma, el estudio provee información que puede ser utilizada para la generación de planes de conservación e implicaciones en cuanto a políticas de uso de la tierra.

### *3.1 Fotointerpretación y elaboración de mapas multitemporales de cobertura*

Para el desarrollo de este estudio a nivel regional fueron seleccionadas y descargadas dos imágenes satelitales Landsat (TM y ETM+) desde Global Land Cover Facility un centro especializado en investigaciones relacionadas a la cobertura del paisaje por medio de la implementación de sensores remotos, perteneciente a la Universidad de Maryland, USA. Las imágenes pertenecen al Path 07 y Row 57 y cubren parte de los Llanos Orientales. Sin embargo, el área de estudio es el municipio de Puerto López, Meta.

Los distintos patrones de cobertura del paisaje fueron proyectados en un mapa mediante la implementación de las imágenes satelitales descargadas (Landsat-TM de 1988 y ETM+ de 2007), ambas imágenes fueron producidas por el departamento geológico de Estados Unidos.

La clasificación de coberturas se realizó en base a CORINE Land Cover (CEC, 1994). Se establecieron cinco clases que fueron aplicadas para ambas imágenes: (tejido urbano, bosques de galería, cultivos y pastos, sabanas y cuerpos de agua). Cultivos y pastos fueron combinados en una sola clase teniendo en cuenta que las coberturas de agricultura son difíciles de diferenciar a las coberturas de pastos por su similitud espectral (Brannstrom et al, 2007). La clasificación de coberturas se realizó inicialmente por medio de una clasificación no supervisada. Sin embargo, dicha clasificación generó más clases de las cinco clases anteriormente seleccionadas. Debido a las múltiples clases generadas por la clasificación no supervisada, se realizó una segunda clasificación; esta vez supervisada de máxima probabilidad y posteriormente una post clasificación sieve y cluster para obtener imágenes con menor ruido. El análisis de post clasificación se realizó solo para las coberturas de pastos y sabanas, las cuales presentan características muy similares. Estas imágenes fueron transferidas de raster a vector en el programa ArcGis 9.3.

El mapa final de coberturas para los años analizados 1988 y 2007 fue realizado mediante un band math, en donde se tomaron las coberturas bosques de galería y cuerpos de agua de las imágenes a las que se les realizó una clasificación supervisada de máxima probabilidad y las coberturas de cultivos – pastos y sabanas de las imágenes a las que se les hizo un análisis de post clasificación. La cobertura de tejido urbano fue realizada manualmente mediante la creación de un polígono. Todas las imágenes fueron analizadas a escala 1:100,000.

Ambos mapas fueron reclasificados, lo cual permitió obtener una imagen de sabanas vs no sabanas. Estas imágenes fueron procesadas para generar un mapa de cambio de coberturas 1988-2007.

### *3.2 Área (km<sup>2</sup> y %) de coberturas de los años 1988 y 2007 y tasas de cambio*

Las áreas y porcentajes de cobertura de los años analizados fueron determinados tomando como referencia los mapas de los años 1988 y 2007 a los cuales se les realizó la fotointerpretación mediante el programa ARCGIS 9.3, dando como resultados dos mapas cada uno con cinco coberturas: tejido urbano, bosques de galería, cultivos y pastos, sabanas y cuerpos de agua. A cada uno de los mapas se le calculó el área de cada una de las coberturas en Km<sup>2</sup>.

La tasa anual de pérdida de sabana fue determinada usando la cobertura de sabana de cada uno de los años analizados de acuerdo a la fórmula de (Puyravaud, 2003):

$$\text{Tasa} = (1/t_2 - 1/t_1) \ln(A_{i2}/A_{i1})$$

Donde  $A_{i1}$  es la cobertura de la clase  $i$  en el tiempo inicial ( $t_1$ ) y  $A_{i2}$  es la cobertura de la clase  $i$  en el tiempo final ( $t_2$ ).

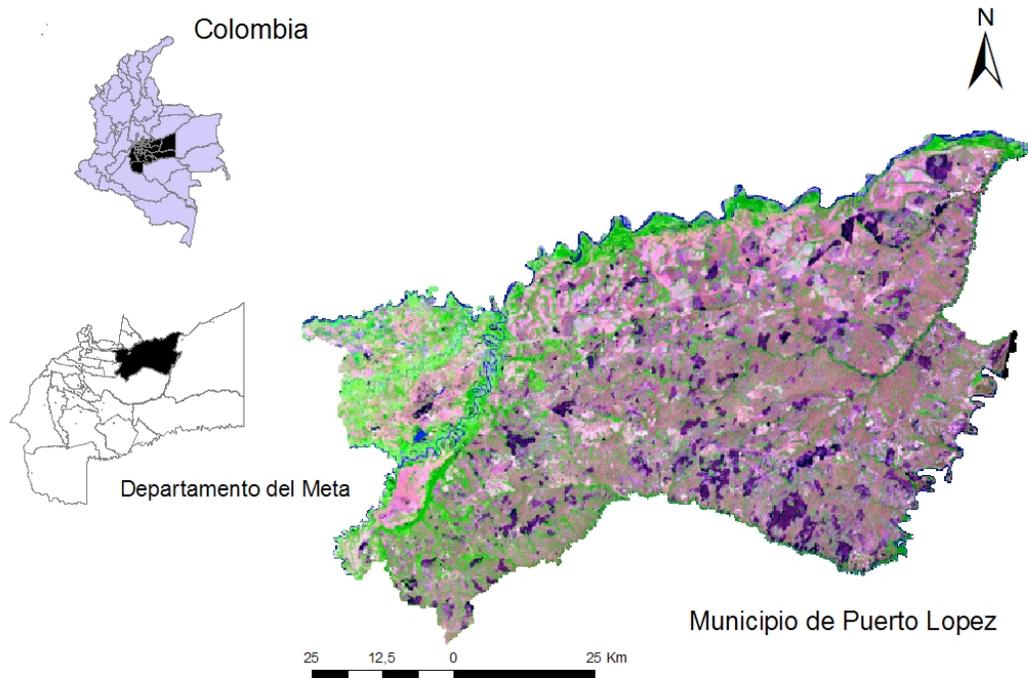


Fig. 2. Área de estudio (fuente: Imagen TM Path 07, Row 57 de 1988. ID 032-333)

### 3.3 Identificación de fuerzas conductoras

Para la identificación de las fuerzas conductoras del cambio en el uso de la tierra fueron analizadas diversas causas directas e indirectas, tal como lo sugiere el marco estructural propuesto por Geist y Lambin (2002).

Este proceso tuvo como insumo los resultados del análisis de cambio, su relación con respecto a elementos espaciales (distancia a vías y distancia a centros poblados), aspectos biofísicos como los paisajes fisiográficos y suelos de la región y finalmente información secundaria relacionada a aspectos socioeconómicos y políticos. Para plantear algunas precisiones respecto a las transformaciones y su relación con los factores socioeconómicos y políticos se hizo un análisis cualitativo de la información referente a ambos aspectos.

Se creó un mapa de matriz de cambio el cual se hizo tomando como referencia el mapa de cambio de cobertura 1988 - 2007. De igual forma, para las variables independientes se desarrolló un raster de distancias a vías y un raster de distancias a centros poblados. Luego fueron convertidos a polígonos y se les aplicó la herramienta Intersect junto a la matriz de cambio. Estos datos fueron exportados a Excel, insertados a una tabla dinámica y finalmente se hizo un análisis de regresión lineal.

## 4. Resultados

### 4.1 Cambios en la cobertura

Del análisis para las coberturas de los años 1988 y 2007 de la región de Puerto López en el departamento del Meta, se puede afirmar de manera general que durante el periodo analizado (19 años), ha habido una pérdida considerable de sabana (Fig. 5).

Sin embargo, para ambos periodos la sabana sigue siendo la cobertura dominante, con una tasa anual de pérdida durante el periodo estudiado 1988 – 2007 de 1.25%, proceso el cual esta ligado al aumento en la cobertura de pastos y cultivos.

Tabla 1

Área (km<sup>2</sup> y %) de las coberturas de los años 1988 y 2007.

Cobertura / Area	1988		2007	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Tejido Urbano	1,3	0,02	1,6	0,03
Bosques de Galería	606,5	9,74	626,2	10,06
Cultivos y Pastos	2.059,5	33,08	2.708	43,50
Sabanas	3.467,9	55,70	2.732,6	43,89
Cuerpos de Agua	90,7	1,46	157,4	2,53
<b>Total</b>	<b>6225,9</b>	<b>100</b>	<b>6225,8</b>	<b>100</b>

Tal como lo muestra la Tabla 1, la cobertura con mayor transformación fue la sabana. En el año 1988 esta cobertura cubría el 55,7% del área estudiada con una extensión de 3.467,9 km<sup>2</sup>. Durante el periodo analizado la cobertura disminuyó a 2.732,6 km<sup>2</sup> ocupando el 43,89% del área estudiada, lo que representa una pérdida de 735,3 Km<sup>2</sup> de sabana. Contrario al comportamiento de las sabanas, los cultivos y pastos pasaron de ocupar el 33,08% en el año 1988 a ocupar 43,50% en el año 2007, con valores de 2.059,5 km<sup>2</sup> y 2.708 km<sup>2</sup> respectivamente, incrementando su área 648,5 Km<sup>2</sup>, como consecuencia de la disminución de sabana.

Los bosques de galería presentaron un leve incremento al pasar de 606,5 Km<sup>2</sup> a 626,2 Km<sup>2</sup>, ocupando 9,74% y 10,06% del total del área. De igual forma, los cuerpos de agua pasaron de representar el 1,46% del área con una extensión de 90,7 Km<sup>2</sup> a 2,53% equivalente a 157,4 Km<sup>2</sup>. Sin embargo, la precisión de ambos datos esta delimitada por la calidad de ambas imágenes satelitales y fallas y/o ruido en el proceso de fotointerpretación.

Finalmente, el tejido urbano se incremento ligeramente, pasando de ocupar el 0,02% al 0,03% del total del territorio.

Durante el periodo de estudio analizado 1988–2007, hubo un importante proceso de cambio en las coberturas y transformación del paisaje en el municipio de Puerto López. Sin embargo, durante los 19 años analizados existen áreas que han permanecido estables sin ninguna transformación (Fig. 3). La mayor dinámica (Fig.4) dentro del territorio se encuentra principalmente en la zona norte del municipio, a ambos lados de la red vial principal que comunica el municipio de Puerto López con el municipio de Puerto Gaitán.

Tomando como referencia los mapas de coberturas de los años analizados (Fig. 3); y el mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo de departamento del Meta (IGAC, 2003), se puede deducir lo siguiente:

El área de estudio hace parte de la provincia fisiográfica perteneciente a la Megacuenca de sedimentación de la Orinoquia y se caracteriza por presentar suelos fuertemente ácidos con muy baja fertilidad.

El área que mayor transformación tuvo durante los años analizados hace parte del gran paisaje de Altiplanicie Estructural-Fluvio erosional y Planicie Aluvial. Se caracteriza por presentar un relieve ligeramente plano a ondulado con pendientes entre 0,7%-12%, esta conformado principalmente por herbácea densa baja (pastos mejorados) y árboles densos altos (bosques de galería) y esta dedicada principalmente a sistemas productivos y extractivos. La ganadería extensiva y semi-intensiva con producción de carne y leche es la principal actividad en el área. Además, cuenta con infraestructura para el procesamiento de productos cárnicos, frigoríficos y estanques para piscicultura, lo cual indica un nivel tecnológico de alto a medio.

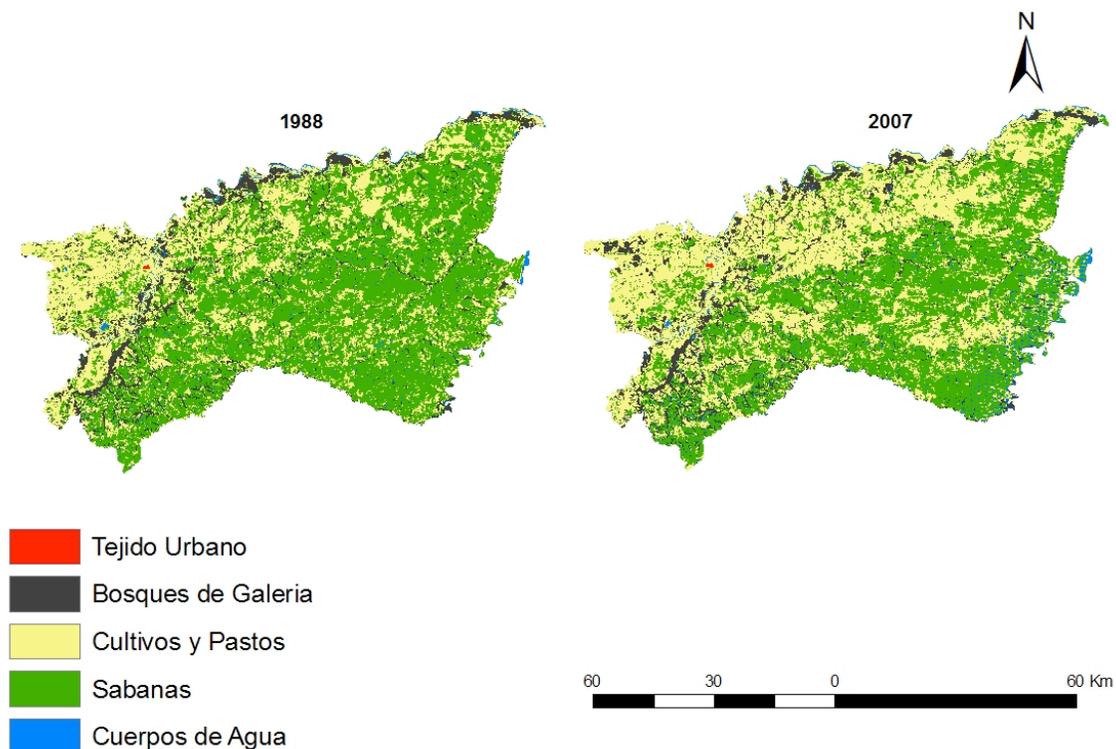


Fig. 3. Mapa de coberturas para los años analizados.

La piscicultura también hace parte de los sistemas productivos en el área, con producción de Cachama, Mojarra, Bocachico, entre otros (IGAC, 2003). Dentro del área ampliamente transformada existe un área conformada principalmente por cultivos transitorios y herbáceas densa baja (pastos mejorados) cuyo aprovechamiento es la agricultura comercial, cultivos transitorios de maíz y soya, entre otros.

Según el mapa de aptitud de suelos del departamento del Meta 2003, el área norte del municipio, donde hubo una gran transformación del paisaje es principalmente de carácter agropastoril. Los cultivos recomendados son semiperenes y perennes como yuca, maíz, caña, plátano, frutales,

cacao y ganadería semi-intensiva con pastos mejorados (IGAC, 2003). Tomando como referencia el mapa del Meta (IGAC, 2003), esta zona se clasifica como (Zona de media importancia ambiental), y se caracteriza por presentar un relieve ligeramente ondulado y plano, con alta intervención humana. Esta área presenta un alto potencial para el soporte de sistemas productivos agropecuarios.

El área sur del municipio, cuya dinámica de transformación fue menor hace parte del gran paisaje de relieve colinado-alomado estructural y fluvio-erosional, con pendientes entre 3-25% a 50%. Se caracteriza por estar conformada por especies agroforestales y pastoreo semi-intensivo. El área esta conformada por especies herbáceas densa baja, sabana herbácea y bosques de galería, el cual cumple funciones de mantenimiento y regulación de fuentes hídricas. En esta región la ganadería se caracteriza por ser de carácter extensiva y por no tener ningún tipo de infraestructura, lo cual indica un nivel tecnológico bajo. Según el mapa de aptitud de suelos de departamento del Meta 2003, esta es una área cuya aptitud es silvopastoril, siempre y cuando se tenga en cuenta la conservación de la vegetación natural y protección de cuencas.

Según el mapa de Zonas de Importancia ambiental del departamento del Meta 2004, la región sur del municipio es de alta importancia ambiental, teniendo en cuenta que presenta una basta área de sabanas naturales con relictos de bosque natural. Además, cuenta con áreas de pastos enrastrados y vegetación arbustiva, la cual esta dedicada a la extracción selectiva de productos como leña. Es un área que actualmente se encuentra medianamente intervenida.

Dentro del área de estudio se encuentran dos áreas sujetas a normatividad especial, La reserva natural del alto Menegua y El Parque Natural Municipal El Yucao, las cuales debido a su particularidad no han sido objeto de grandes transformaciones durante el periodo analizado.

La reserva Natural del Alto Menegua, se encuentra a tan solo 8 Km. de la cabecera municipal de Puerto López , abarca un área total de 137.348 Km<sup>2</sup> y es considerada de importancia ambiental por su biodiversidad y oferta hídrica (ríos Yucao y Meta), fue declarada como patrimonio ecológico, cultural y turístico por el consejo municipal según el acuerdo 047 del 22 de septiembre de 1998. Actualmente, todas las restricciones de uso y recomendaciones definidas en el acuerdo 047 de 1998 se conservan.

De igual forma, el Parque Natural Municipal El Yucao, cuenta con un área total de 695 km<sup>2</sup> y se considera de gran valor ambiental pues es una zona de conexión con la reserva Natural del Alto de Menegua, el cual permite el paso de vida silvestre. Su importancia ecológica radica en la protección de la cuenca del río Yucao y la presencia de hábitats fundamentales para el desarrollo de especies de fauna y flora de la región (IGAC, 2003).

#### *4.2 Factores conductores del cambio en la cobertura del paisaje*

A continuación son descritas las principales causas directas e indirectas del cambio en la cobertura del paisaje en el municipio de Puerto López. Se tuvo como referencia el marco estructural propuesto por Geist y Lambin (2002).

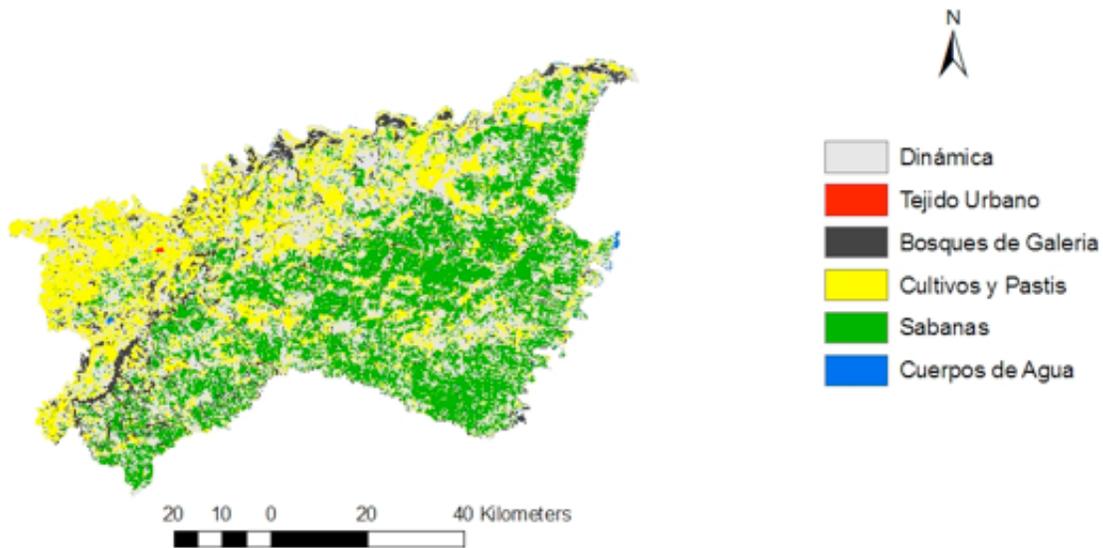


Fig. 4. Área de coberturas estables y dinámicas durante el periodo 1988-2007.

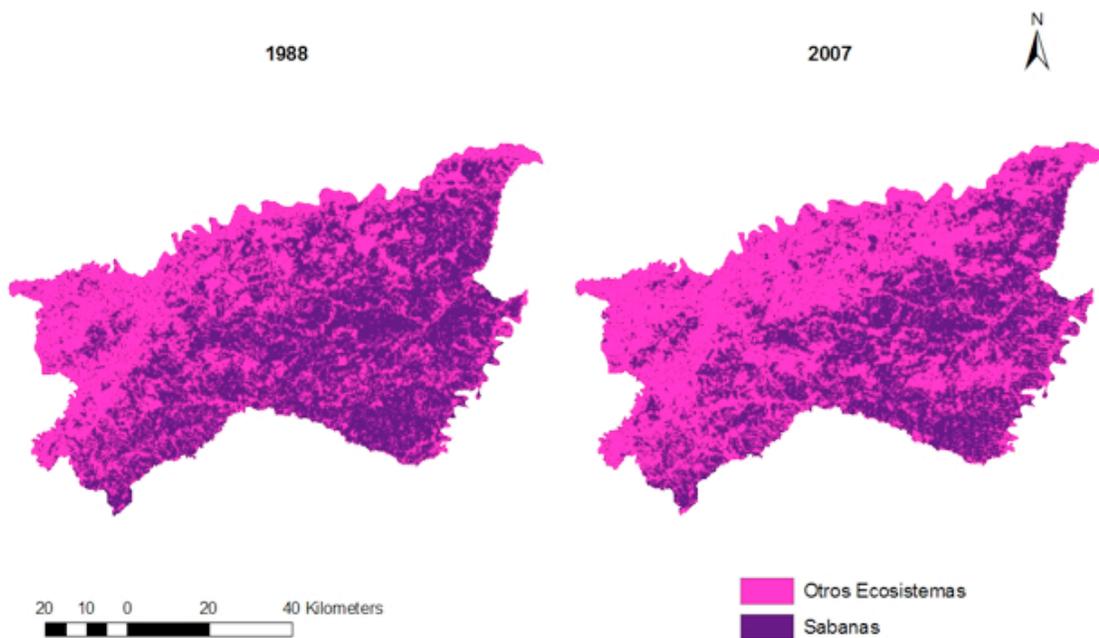


Fig. 5. Otros ecosistemas vs sabanas.

#### 4.2.1 Causas Directas

##### *Extensión de la Infraestructura*

La precariedad de las vías de comunicación se constituye, desde el periodo colonial, en factor determinante para el aislamiento regional. Las no muy exitosas iniciativas por parte del estado para ampliar la cobertura de vías de comunicación a los Llanos Orientales, se debió en cierta parte a la posibilidad de comercializar productos a través de los ríos Meta y Orinoco (Bustamante, 2003).

Sin embargo, con el crecimiento de Bogotá en las primeras décadas del siglo XX, surge la necesidad de construir una vía de comunicación que conecte las ciudades de Bogotá y Villavicencio, para así establecer un canal de abastecimiento para la capital. Cabe destacar que desde la época de la Colonia los Llanos establecía vínculos comerciales con Santa Fe, Tunja y Sogamoso; ciudades a las que proveía de ganado, cerdos, algodón y textiles. La vía fue inaugurada en el año 1936 y actualmente sigue siendo la arteria principal que comunica la región de los Llanos Orientales con el interior del país. Posteriormente se extendió hasta el municipio de Puerto López. Además, de articular la comunicación entre ambos territorios la vía tuvo una gran influencia en el desarrollo socio-económico de la región (Bustamante, 2003 ; Rausch, 1994).

En el mes de Noviembre del año 2005, se dio inicio a la pavimentación y repavimentación de los 110 Km de la vía que comunica a los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán. La pavimentación de esta vía hizo parte del Plan 2.500 que adelanto el Gobierno Nacional para mejorar el estado de las vías en el país (Plan 2500, INVIAS).

Según el análisis de regresión lineal entre las variables (área transformada) y (distancia a vías), en el municipio de Puerto López, existe una amplia relación entre ambas variables. A menor distancia a vías mayor es la posibilidad de que hayan cambios en el uso del suelo. Una mayor proximidad a la infraestructura vial permite tener un mayor acceso a la tierra y disminuye los costos de producción y comercialización.

Durante el periodo de estudio 1988-2007, la extensión de la infraestructura vial en el área de estudio fue significativa. Gran parte del desarrollo vial del departamento del Meta y mas específicamente del municipio de Puerto López se debe al actual auge petrolero que se vive en la región. Cada día, son mas los pozos petroleros que se descubren en el departamento. El municipio de Puerto López esta clasificado a nivel nacional como pequeño productor de hidrocarburos. En el año 2009, el municipio obtuvo \$2.534 millones de regalías directas por la producción de hidrocarburos, cifra menor a la de los 5 años anteriores teniendo en cuenta la baja del precio del petróleo en los mercados internacionales (CONTRALORIA, 2010).

Según la empresa ECOPETROL, tras el descubrimiento de un nuevo pozo petrolero en el mes de diciembre de 2010 en el departamento de Meta, el presidente Javier Gutiérrez anuncio: "Este nuevo hallazgo de hidrocarburos en los Llanos Orientales confirma el gran potencial de esta región, donde ya se produce cerca del 40% del petróleo del país.

##### *Expansión Agrícola*

Hasta el año 1950, la agricultura muestra un bajo nivel de desarrollo en el departamento del Meta. Sin embargo, en la primera mitad del siglo XX, el arroz se constituye como el principal cultivo comercial de los Llanos Orientales. Deja de hacer parte de una economía de autosubsistencia para la región, a ser uno de los principales productores de grano en el país.

Durante este periodo, apoyado por el Ministerio de Agricultura, se comienza a utilizar en el departamento maquinaria pesada, con el objetivo de intensificar el cultivo de arroz y mejorar las tierras para el cultivo de pastos. Factores propios de la región y del proceso de producción del grano como lo son, clima, suelos, posibilidades de mercadeo, etc. hicieron de esta región un lugar óptimo para el desarrollo del grano. (Bustamante, 2003).

Según la Tabla 1, los cultivos y pastos pasaron de representar el 33,08% del área total del municipio en el año 1988 a representar el 43,50% del área total del municipio en el año 2007. Lo anterior muestra claramente que durante el periodo analizado existió un fuerte proceso de expansión de la frontera agrícola. Lo cual represento un aumento en el área empleada para cultivos y pastos de 648,5 Km<sup>2</sup>.

Actualmente la ganadería extensiva es la principal actividad productiva en la región, si embargo existen algunos cultivos emergentes que día a día ganan importancia a nivel municipal. Tal es el caso de los biocombustibles.

A nivel nacional la expansión de cultivos relacionados a los biocombustibles ha mantenido un crecimiento sostenido. En la década de los 60's en Colombia existían cerca de 18,000 ha en producción de palma africana, actualmente existen aproximadamente 360,000 ha distribuidos en 73 municipios. El meta es el departamento con mayor área sembrada (FEDEPALMA, 2006).

Desde los años 70's la palma africana hace parte de los cultivos presentes en la región. Durante las últimas décadas el área cultivada se ha incrementado notablemente como consecuencia de políticas nacionales que promueven dicha actividad. Según el anuario estadístico 1989-1993 de FEDEPALMA, el área sembrada de palma en la zona oriente la cual comprende los departamentos de Caquetá, Casanare, Cundinamarca y Meta fue de 43,445 ha en el año 1989, de un total de 109,893 ha sembradas a nivel nacional (FEDEPALMA, 1993). Dieciocho años después, según el anuario estadístico 2005-2009, el área sembrada de palma en la misma zona fue de 106,317 ha de un total de 306,878 ha a nivel nacional. De hecho, el rápido crecimiento de Colombia a nivel suramericano como productor de palma africana y productor de biocombustibles ha generado la sustitución de áreas dedicadas al pastoreo para ser reemplazadas por cultivos relacionados a los biocombustibles. Cabe destacar que el departamento del Meta es el mayor productor de palma a nivel nacional (FEDEPALMA, 2009) .

De igual forma, cultivos de caña de azúcar se están empezando a desarrollar en el departamento, específicamente en el municipio de Puerto López, por la empresa Bioenergy S.A, participada en un 88,6% por la petrolera nacional ECOPETROL. En la actualidad se encuentran sembradas alrededor de 700 ha, sin embargo la meta para el año 2012 es llegar a las 12,540 ha, y así lograr una producción de aproximadamente 480 mil litros de etanol por día.

Otra actividad que recientemente a ganado importancia en la zona es el cultivo de plantaciones forestales, entre ellas el caucho. La empresa Mavalle S.A, en asocio con Icollantas, es un megaproyecto que intenta cubrir aproximadamente 10000 ha en plantaciones de caucho. Llegando a cubrir cerca del 30% de las necesidades internas del país, contrario a lo que sucede en la actualidad, teniendo en cuenta que el 95% de la producción es importada. La empresa inicio investigaciones en el tema en el año 1989. Durante algunos años su único objetivo fue determinar las características ecológicas óptimas para el buen desarrollo de la planta y fue así que se identificaron zonas potencialmente aptas para el desarrollo del cultivo en el país. En el año 1991, comenzó el desarrollo del cultivo en el municipio de Puerto López. Actualmente se encuentran cerca de 450 ha en producción y 2500 ha en estado inmaduro. Cabe señalar que el caucho natural es un producto que inicia producción a partir del octavo año y tiene una vida de producción de 34 años. El crecimiento del sector responde a factores tales como un crecimiento en el mercado, políticas nacionales y regionales y un mayor desarrollo tecnológico.

### *Ganadería*

Desde la época de la Colonia, la ganadería a sido la principal actividad económica en la región de los Llanos Orientales. En todo el territorio, la industria ganadera constituía la principal fuente de riqueza. Los hatos se desarrollaron gracias a las vastas llanuras cubiertas con pastos naturales que servían de alimento para el ganado. Solo hasta finales del siglo XIX, se introdujo la siembra de pastos en la región y el desarrollo de cercas cuya función era delimitar los espacios. Esto permitió un mejor manejo del ganado; mejores suplementos alimenticios y mayor cantidad de animales por unidad de área. En este mismo periodo se introdujo la raza Cebú, la cual es resistente a las condiciones ambientales de la región (Bustamante, 2003; Rausch, 1994). Actualmente, predomina la raza Cebú con cruces de ganado criollo el cual se adapta muy bien a las condiciones climáticas del municipio (POT Puerto López).

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Puerto López, gracias a la transferencia de tecnología de pastos y leguminosas por parte del ICA y el CIAT y la implementación de tecnologías de manejo, nutrición y sanidad pecuaria la capacidad de carga paso de 0.8 - 1 cabezas de ganado por ha en sabanas nativas a 1.5 - 1.7 cabezas de ganado por ha en tierras con la tecnología ICA-CIAT. El 90% del ganado es comercializado a Bogota para suplir la demanda del mercado, el 9% va a Villavicencio y tan solo el 1% es para el consumo local.

Según el Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019 FEDEGAN; la ganadería Colombiana debe trascender de ser una simple actividad tradicional a convertirse en una verdadera industria rentable, sostenible y con responsabilidad social. Tratados como: La Alianza del pacífico, Mercosur y el TLC con Estados Unidos, además de otros tratados que le abran las puertas a los productos colombianos, obliga a la industria nacional a volverse mas competitiva a nivel global. Competir con potencias ganaderas mundiales como Brasil, Argentina, Uruguay, Paraguay y Estados Unidos es el reto actual para la industria nacional.

#### *4.2.2 Causas Indirectas*

##### *Factores demográficos*

Durante los últimos 40 años, la población mundial ha doblado su numero. En tan solo 25 años aumento cerca de 2 billones llegando a aproximadamente 6 billones de personas. Para el final del siglo XXI, se cree que la población mundial llegara a 10 billones de habitantes. (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). Al aumentar la población aumenta la demanda por los bienes y servicios brindados por el ecosistema. Es indiscutible que existe una fuerte relación entre el crecimiento poblacional y el cambio en la cobertura del paisaje.

Teniendo en cuenta que el periodo de estudio de esta investigacion comprende los años 1988 – 2007, cabe señalar que Colombia en el año 1988 tenia 32,767,110 habitantes, 19 años después en el año 2007 el numero de habitantes aumento a 43,926,929 habitantes. A nivel departamental, el Meta paso de 474,046 habitantes en el año 1985 a 713,772 en el año 2005 lo cual representa un crecimiento demográfico bastante acelerado durante las ultimas décadas. Puerto López, el área de estudio paso de tener 21,786 habitantes en el año 1985 a tener 28,922 habitantes en el año 2005 (DANE, 2005).

La región de los llanos orientales presenta una baja densidad poblacional a nivel nacional (Etter et al, in press). Igual sucede con el departamento del Meta. Sin embargo, el municipio de Puerto López es el municipio con mayor numero de habitantes en el departamento. El municipio cuenta con diez centros poblados entre ellos: Altamira, Bocas de Guayuriba, Chaviva, El Melua, El Tigre, La Balsa, Pachaquiario, Puerto Guadalupe, Puerto Porfia y Remolino. Muchos de los cuales se encuentran ubicados próximos al río Meta.

En el caso de Puerto López, durante el período analizado, los procesos de transformación y cambio de cobertura están relacionados a la distancia a centros poblados. Las áreas que sufrieron mayores procesos de cambio son aquellas áreas próximas a los corregimientos del municipio. Sin embargo, existen algunas áreas con fuertes procesos de transformación que se encuentran alejadas de los centros poblados, pero próximas a corredores viales primarios y secundarios.

### *Políticas y factores Institucionales*

Durante cientos de años, desde la época de la Colonia, la región de los Llanos Orientales ha basado su economía y su riqueza en la industria ganadera (Rausch, 2010). En la actualidad, la principal actividad económica en el municipio sigue siendo la ganadería, seguida por la agricultura y la pesca. Sin embargo, desde hace algunos años se vienen desarrollando en la región proyectos agroindustriales que incluyen la producción de palma africana, caña de azúcar y caucho. Los dos primeros para la producción de biocombustibles. La agroindustria incipiente en la región se desarrolla principalmente como respuesta a las actuales tendencias del mercado que desde hace varios años atrás favorece este tipo de cultivos.

La crisis ambiental generada por el calentamiento global, ha obligado a los gobiernos, organizaciones internacionales, sociedad civil, el sector privado, la academia y demás actores a trabajar de forma conjunta para buscar soluciones al problema. El desarrollo de energías alternativas; entre ellas los biocombustibles, es considerada una actividad que puede llegar a mitigar el impacto generado por los combustibles fósiles.

Es cierto que la producción de biocombustibles Per se no es una solución inmediata al calentamiento global. Sin embargo, es una alternativa que debe tenerse en cuenta. "Su desarrollo depende de la toma de decisiones; toma de decisiones por parte de los gobiernos, consumidores e inversionistas" (Garten 2007).

Teniendo en cuenta el Marco de Políticas Nacional, se puede afirmar que el Gobierno ha venido implementando durante los últimos años una serie de políticas encaminadas a la promoción de los biocombustibles, lo cual no es en vano. Existen varios factores que explicar porque el desarrollo de energías alternativas mas que una necesidad es una obligación.

La demanda energética a nivel global cada día es mayor. El crecimiento demográfico en países como India y china, además del crecimiento en la economía de varios países del mundo, incluyendo varios estados latinoamericanos genera una gran demanda energética para suplir las necesidades generadas por los procesos de industrialización y urbanización. Así mismo, a mayor ingreso per capita en países en desarrollo mayor es la energía que se necesita para suplir las necesidades de la gente (Garten 2007, FAO) .

Tanto a nivel nacional como a nivel global se han desarrollado una serie de políticas encaminadas al fomento del sector agro, lo cual se considera de gran importancia para el desarrollo económico y social del país. A continuación se presenta una síntesis de políticas Globales y nacionales de orden ambiental, socioeconómico y político-administrativo que direccionan el desarrollo nacional, departamental y municipal en Colombia durante el periodo 1988-2007

El Protocolo de Kyoto. "Aprobado en 1997 y puesto en funcionamiento en 2005".

A nivel Global el Protocolo de Kyoto, acuerdo internacional ligado a la Convención Marco sobre el Cambio Climático compromete a todos los países participantes, especialmente a los países industrializados a limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. De igual forma,

el protocolo fomenta entre sus miembros el desarrollo de energías limpias, especialmente en países en vía de desarrollo.

#### Plan Nacional de Desarrollo (2002-2006)

Como punto de partida a nivel nacional esta el PND, en el cual se establecen los objetivos, metas, estrategias y orientaciones generales de la política económica, social y ambiental que serán adoptados por el gobierno.

El PND llamado Hacia un Estado Comunitario (2002-2006), periodo de gobierno de Álvaro Uribe Vélez, promueve dentro de las estrategias del plan: Capítulo II (2), “Impulsar la exploración y explotación de hidrocarburos y minería, para lo cual se busca el mejoramiento de las condiciones de la actividad petrolera, la consolidación de la industria, la regulación de energéticos y el desarrollo del sector minero” (PND 2002-2006). Lo anterior, es de gran importancia para la economía de los Llanos Orientales, teniendo en cuenta que la extracción de petróleo es una de las principales actividades de la región.

En el capítulo III (4) “Manejo social del campo” el gobierno busco mejorar las condiciones de vida de la población rural, se habla de los cambios que experimento el sector productivo durante la década de los noventa especialmente en materia de modernización y especialización en la producción tropical. Sin embargo, hace referencia a no haberse logrado los objetivos respecto a disminución de costos de producción, mejoras en la productividad, innovación tecnológica y modernización empresarial. El plan busco pasar de una agricultura basada en cultivos sustitutivos de importaciones, hacia una agricultura especializada en la producción de bienes tropicales exportables, dentro de los cuales se encuentran productos como el caucho y la palma africana, cultivos incipientes en el departamento del Meta.

Finalmente, en el Capítulo IV (2), El PND dentro de los procesos de planificación, gestión y ordenamiento territorial, apoyo las iniciativas departamentales relacionadas con los lineamientos de ordenamiento territorial. Además, se desarrollo otros procesos dentro del territorio, como lo es El Plan Orinoquia hacia el siglo XXI, el cual recoge los procesos concertados de la región y su integración al desarrollo nacional.

#### Plan Nacional de Desarrollo (2006-2010)

Dentro del programa nuevas autopistas para la competitividad, el gobierno desarrollo proyectos estratégicos en varios corredores viales de gran importancia para el país, su objetivo fue ampliar la capacidad en doble calzada. Entre ellos esta la vía Bogota-Villavicencio.

Al igual que en el PND (2002-2006), respecto a los Hidrocarburos, el plan fomento su exploración y explotación. Así mismo, el documento hace énfasis en la competencia en el mercado de Biocombustibles. “El gobierno nacional promoverá la competencia entre los diferentes biocombustibles, teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad financiera y ambiental” (PND 2002-2006). Los biocombustibles serán considerados productos de alto valor con los cuales se pretende diversificar la producción agropecuaria y conquistar nuevos mercados a nivel global.

En materia agroindustrial, el Ministerio de Agricultura desarrollo una serie de estrategias para fortalecer el potencial exportador de varios productos, entre ellos: los biocombustibles. “Habrá incentivos para pequeños y medianos productores que necesiten fortalecer procesos de transformación primaria y comercialización, inversión en maquinaria, ampliación o integración de plantas extractoras de palma de aceite, dotación de infraestructura postcosecha, entre otros” (PND 2002-2006).

#### Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014)

El actual plan de desarrollo hace énfasis en el enfoque del desarrollo regional. Lo anterior, teniendo en cuenta que Colombia se caracteriza por ser un país heterogéneo en cuanto a su geografía, con diferentes niveles de desarrollo regional, condiciones culturales y sociales muy diversas y grandes diferencias en el desarrollo de sus territorios. El plan reconoce las brechas regionales como marco de referencia para formular políticas y programas acordes a las características, capacidades y necesidades de cada región. En cuanto al departamento del Meta hace referencia a los bajos niveles de pobreza según la información del Censo 2005, y su relación a la concentración de actividades industriales y el actual desarrollo minero energético que hoy existen en la región. A nivel nacional se habla de iniciativas de procesos de gestión del territorio de tipo económico, social y ambiental que conduzca a un adecuado desarrollo y ordenamiento del territorio, teniendo en cuenta las características de cada región. En cuanto a la región de la Orinoquia, existe un programa cuyo objetivo es la consolidación de nuevas perspectivas para el desarrollo de la región como frontera de desarrollo y potencia de recursos naturales y biodiversidad (PND 2010-2014).

De igual forma existen algunos macroproyectos con impacto en el desarrollo regional, que se impulsaran en el cuatrienio. Uno de estos megraproyectos es el aprovechamiento productivo, integración y desarrollo de la Orinoquia (Altiplanura Colombiana), además de un proyecto encaminado a lograr la navegabilidad del río Meta y varios proyectos de infraestructura vial dentro de los que se encuentra el desarrollo de las arterias del llano. Los proyectos de infraestructura vial en la región tienen como objetivo principal constituir áreas de desarrollo alrededor del eje Bogotá – Villavicencio (principal centro regional de la Orinoquia), uno de los tres ejes que se plantea en el plan es el eje Puerto López – Puerto Gaitán. Lo anterior, con el fin de crear las condiciones necesarias en cuando a infraestructura, comunicaciones, tecnología, etc. que permitan aprovechar los potenciales económicos de la altiplanura.

En cuanto al crecimiento sostenible y competitividad, el plan hace referencia al sector agropecuario y el enorme potencial del campo colombiano y la necesidad que existe de aprovechar su riqueza. Por otro lado, hace referencia al sector minero – energético y la necesidad de aprovechar de manera responsable la riqueza en cuanto a recursos naturales, tales como el petróleo y carbón. Lo anterior, afecta de manera directa el departamento del Meta y el Municipio de Puerto López, teniendo en cuenta la creciente actividad de explotación petrolera en la región (PND 2010-2014).

#### Plan Energético Nacional 2006-2025

Teniendo en cuenta la incertidumbre respecto a las reservas de hidrocarburos en Colombia y la inestabilidad en los precios de la energía a nivel Global, el sector energético nacional obtiene un papel primordial en el futuro de la economía de la nación. El PEN, hace énfasis en una política energética integral, basada en el desarrollo sostenible, el cual debe conducir al crecimiento económico del país, elevar la calidad de vida y el bienestar social, sin acabar con los recursos naturales renovables del país.

#### Plan de Desarrollo departamental del Meta “Visión Sin Limites” 2004-2007

Teniendo como punto de referencia el PND, el Plan de desarrollo Departamental del Meta 2004-2006 llamado “Visión sin Limites”, hace referencia al desarrollo del departamento, aumentando la competitividad de la región, orientada al mercado nacional e internacional. El documento plantea como prioridad a corto y mediano plazo, la necesidad de preparar y adecuar su base productiva para adaptarse a las nuevas demandas del mercado nacional e internacional.

En el documento se reconoce la necesidad de fortalecer el sector agropecuario y agroindustrial en la región y se hace alusión a países como Estados Unidos y Canadá, donde además de tener una estructura productiva ampliamente tecnificada gozan de numerosos subsidios estatales. De igual manera se hace referencia a como algunos países latinoamericanos han especializado su producción en actividades agropecuarias y agroindustriales, lo cual afecta la economía del departamento, pues estos se convierten en competidores directos de los productos de la región.

#### Plan de Desarrollo Económico y Social del departamento del Meta 2008-2011 "Unidos gana el Meta"

Con respecto a las metas de economía campesina y agroindustria, el plan busca formular acuerdos de competitividad, consolidando las 8 cadenas productivas a través del acompañamiento, asistencia técnica, transferencia de tecnología y asesoramiento del sector agropecuario y agroindustrial. Además, se busca la asociatividad de por lo menos 400 productores de los sectores agropecuarios y agroindustrial, a través de programas de capacitación, estructuración de negocios y gestión de apoyo al desarrollo empresarial.

Dentro del programa de desarrollo vial del departamento, se encuentra el plan de vías secundarias y terciarias con los municipios que hagan convenio con el departamento.

Finalmente, esta el programa de Internacionalización del Meta, el cual es una iniciativa que se basa en la premisa que el desarrollo de un departamento esta ligado al devenir de la región, el país y el mundo. Mediante este programa se busca que el departamento del Meta aumente su participación en los diversos procesos globales, para así lograr sus objetivos en materia de productividad y competitividad tanto a nivel nacional como internacional.

#### Plan de Desarrollo Económico y Social del Municipio de Puerto López , Meta 2008-2011

De acuerdo al Plan de Desarrollo del municipio; Puerto López, siguiendo los lineamiento del Departamento no es ajeno a la fuerza de la globalización y es conciente de que el territorio debe insertarse a este proceso para así lograr ser competitivo a nivel nacional y global.

El plan, en su estrategia para la productividad sostenible y lograr una mayor competitividad en el campo, promueve el avance de paquetes tecnológicos con los cuales se pueda explotar de manera eficiente los suelos de la altillanura. Además, promueve la producción de biocombustibles en el municipio, en el marco de la política nacional definida en el CONPES 3510 de marzo de 2008. Se busca fortalecer la producción del campo, mediante la tecnificación y acompañamiento a los diversos procesos productivos y a las políticas diseñadas para la promoción y el desarrollo de la economía rural del municipio. Diversos programas fueron desarrollados para aumentar la competitividad del campo, entre ellos: asistencia técnica agropecuaria, transferencia de tecnología al agro, alianzas productivas, apoyo subsidiado a la comunidad campesina y educación continuada agropecuaria.

#### Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Puerto López

Con respecto a las oportunidades del municipio en el campo agrícola, el documento hace referencia a las buenas expectativas para productos como la palma africana, caucho, cacao y frutales; teniendo en cuenta las grandes extensiones de tierra con posibilidad de explotación económica. Además, de el impulso que se le quiere dar a la agroindustria. Por otro lado, se mencionan los proyectos de integración vial con Venezuela y el Pacifico, lo cual seria de importante para el desarrollo del municipio.

Además, de los ya mencionados planes de desarrollo nacional, departamental y municipal, los cuales hacen parte del marco de políticas de Colombia, existen una serie de medidas de tipo fiscal (incentivos tributarios y financieros): leyes, decretos y resoluciones que fomentan el desarrollo agrícola en el país e influyen de manera significativa en el desarrollo de los municipios. Algunas de estas serán descritas a continuación:

Ley 138 de 1994 - “por la cual se establece la cuota para el Fomento de la Agroindustria de la Palma de Aceite y se crea el Fondo de Fomento Palmero”, el cual es considerado hasta hoy el principal mecanismo del sector para cumplir los objetivos del sector en cuanto a sostenibilidad y competitividad. Gracias a este fondo, el sector a podido invertir en actividades de investigación, innovación tecnológica, gestión ambiental, mejoramiento de la comercialización, etc (Fondo de Fomento Palmero, FEDEPALMA).

Ley 693 de 2001 – “por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo”.

Ley 939 de 2004 – “se define el marco legal para el uso de biocombustibles”.

Ley 686 de 2001 – “por la cual se crea el fondo de fomento Cauchero, se establecen normas para su recaudo y administración y se crean otras disposiciones”.

Ley 788 de 2002 – “se establecen extensiones tributarias para el fomento de la producción y consumo de biocombustibles”.

Ley 863 de 2003 – “ por la cual se establecen normas tributarias, aduaneras, fiscales y de control. Se excluyen de impuestos sobre venta”.

Ley 1111 de 2006 – “se establece una deducción del impuesto de renta del 40% de las inversiones en activos fijos en proyectos agroindustriales”.

Programa de Agro Ingreso Seguro, el cual implementa instrumentos financieros con créditos blandos para la siembra de cultivos bioenergéticos.

Conpes 3510 de 2008 “Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia”.

Es cierto que la ganadería ha sido una actividad primordial en el municipio de Puerto López, durante siglos. Sin embargo, es inevitable que el gran fomento por parte del estado a favor de la producción de biocombustibles y cultivos como el caucho, genere un cambio en el uso de los suelos, fortaleciendo la producción de biocarburantes y caucho para suplir tanto la demanda nacional como internacional. Mas aun, teniendo en cuenta que el departamento del Meta es actualmente el mayor productor de Palma Africana a nivel nacional.

#### *Otros factores (factores biofísicos)*

Las características físico químicas y calidad del suelo son considerados causas directas en los procesos de cambio en el uso de la tierra, teniendo en cuenta que al ser factores ambientales pueden predisponer algunos cambios (Geist y Lambin, 2002).

El municipio de Puerto López, se localiza en las partes planas y ligeramente inclinadas de la altillanura. El régimen de humedad de los suelos predominantes en el municipio es Udico, teniendo en cuenta que la precipitación media anual es de 2588mm, siendo de carácter monomonal. Los meses de Abril a Julio son los de mayor lluvia Diciembre a Marzo los meses secos. La temperatura media anual del municipio es de 27C lo que corresponde a una condición isohipertermica ( Rodríguez et al, 2010).

Con respecto a la litología; en el municipio predominan las areniscas entre ellas: cuarzo, moscovita y feldespato; además de shales, lutitas y cherts. Este tipo de rocas esta asociado a suelos con una fertilidad baja. Sin embargo estas propiedades pueden cambiar dependiendo del manejo de las tierras. (Rodríguez et al, 2010, Franco, 1988, Estudio General de suelos de los municipios de cabuyaru, Fuente de Oro, Puerto López, San Carlos de Guaroa y la Inspección de Barranca de Upia, IGAC 1978).

La baja fertilidad de los suelos impide en muchos casos el desarrollo o la implementación de la agricultura. Sin embargo, aun siendo los suelos de los Llanos Orientales poco fértiles, el área tiene un alto potencial agrícola y pecuario. Según estudios realizados por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT para el municipio de Puerto López, los sistemas productivos de la zona pueden ser mejorados, teniendo en cuenta que los suelos (ultisoles y Oxisoles) de la región pueden alcanzar una alta productividad, mediante la implementación de especies vegetales y de diversas estrategias de fertilización. Además, teniendo en cuenta las características de bajas pendientes del territorio, cuya mecanización es fácil, el alto potencial de recursos hídricos, hacen de este municipio una gran reserva para la explotación agrícola y pecuaria (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Puerto López, 2008-2011.)

## 5. Discusión

La dinámica de cambio de las coberturas del paisaje en el municipio de Puerto López, Meta no muestra un patrón de cambio uniforme durante el periodo de estudio comprendido entre los años 1988 y 2007. La principal actividad económica en la región sigue siendo la ganadería extensiva, seguida por la agricultura y la pesca. Dentro de los principales cultivos se encuentran arroz, frutales, plátano, palma africana, algodón, maíz y yuca.

Teniendo en cuenta las características del municipio (suelos aptos, pocas pendientes); y el fomento por parte del estado en busca de un mayor desarrollo agrícola en la región de los llanos orientales; es muy factible que la tasa anual de perdida la cual fue de 1.25% durante los años 1988-2007, siga aumentando en los próximos años. Lo cual concuerda con lo planteado por Grace et al (2006), el cual propone que los ecosistemas de sabana están siendo transformados a tasas mayores de 1%.

Las áreas cercanas a infraestructura vial primaria y secundaria que puedan ser mecanizadas son propicias a grandes cambios, especialmente las áreas que se caractericen por presentar relieves ligeramente planos a ondulados que puedan ser mecanizados. Por otro lado, áreas con relieves quebrados con pendientes de entre 3-25% a 50%, permanecerían mas estables.

Durante cientos de años las tierras del municipio han sido utilizadas para el desarrollo de actividades ganaderas. Sin embargo, en la actualidad existen varios proyectos relacionados a los biocombustibles (palma africana y caña de azúcar), los cuales han demostrado que la baja fertilidad de los suelos de la región no es un impedimento para el óptimo desarrollo de estos, siempre y cuando se implementen paquetes tecnológicos que mejoren las condiciones del suelo. Hasta antes del año 2002, los planes de desarrollo fomentaban la ganadería y el cultivo de especies tradicionales, como base para el desarrollo económico de la región. Actualmente, a raíz del cambio climático, la globalización y el aumento de la participación de los biocombustibles en el mercado global, el gobierno nacional le ha dado una mayor importancia al desarrollo de energías alternativas, entre ellas los biocombustibles. Cada día es mayor el porcentaje de tierra dedicada al desarrollo de estos cultivos, que aun son considerados emergentes.

Proyectos como el de la empresa Bioenergy S.A, el cual tiene como meta para el año 2012, llegar a las 12,540 ha, y así lograr una producción de aproximadamente 480 mil litros de etanol por día y el megaproyecto de caucho en el corregimiento de Remolino, el cual empezó con unas pocas hectáreas, y actualmente tiene como objetivo cubrir mínimo 10000 ha para poder

satisfacer cerca del 30% de la demanda interna nacional, serán de gran importancia para determinar como será el uso del suelo en el municipio en los próximos años. Lo anterior comprueba estudios como el de (Etter 1998; San jose, Montes, and Rocha 2003; Ayarza et al 2007) en (Etter et al, in press), el cual afirma que la expansión de la frontera agrícola en la región esta cambiando rápidamente el uso del suelo, generando cambios en varios procesos ecológicos.

Además de las características del suelo de la región, de lo cual ya se hablo. Existen varias causas directas e indirectas que han direccionado los procesos de cambio de cobertura y transformación del paisaje en el área de estudio. La extensión de la infraestructura vial , que se dio en el año 1936 con la cual se logro interconectar la región de los Llanos Orientales con el interior del país, la cual posteriormente se extendió hasta el municipio de Puerto López fue vital para el desarrollo económico del municipio, pues permitió una mejor comercialización de sus productos en la capital. Así mismo, la pavimentación de la vía Puerto López – Puerto Gaitán, que tuvo lugar en el año 2005 fue de gran importancia puesto que además de mejorar la infraestructura vial de la región, contribuyo al desarrollo alrededor de este eje vial, generando grandes cambios en el paisaje.

Tanto la expansión de la frontera agrícola, como la ganadería han sido el eje central del desarrollo del municipio. Pues desde la época de la colonia hasta hoy, el área de estudio ha basado su economía en la ganadería y la agricultura.

Este estudio muestra que diversos factores han sido importantes en el cambio de cobertura del municipio, sin embargo, actualmente como consecuencia del cambio climático y el aumento en la demanda energética a nivel mundial el estado ha generado una serie de incentivos hacia los biocombustibles que indiscutiblemente direccionan el uso del suelo y los procesos de transformación del paisaje en el municipio de Puerto López.

Tener un mayor conocimiento con respecto al cambio de cobertura y transformación del paisaje en el municipio de Puerto López, fuerzas conductoras que han intervenido en la transformación de las sabanas del municipio y tasas de cambio, es un punto inicial para la toma de medidas con respecto al ordenamiento territorial del municipio, el cual proteja los ecosistemas de sabana que aun no han sido intervenidos por actividades antrópicas.

Un aspecto de gran importancia en el desarrollo del presente estudio, fue la necesidad de trabajar con imágenes satelitales que estuvieran disponibles al publico; factor que fue decisivo, puesto que la calidad media de las imágenes influyo en el logro de los objetivos propuestos.

Es importante aclarar, que el presente estudio bajo ninguna circunstancia examina, evalúa o analiza las implicaciones generadas por los biocombustibles y demás cultivos emergentes presentes en la región.

Por ultimo, en el desarrollo de este estudio no se realizo ningún tipo de proyección de futuros escenarios de pérdida de sabanas naturales. Sin embargo, esto podría ser de gran valor en futuros estudios llevados a cabo en la región.

Aun cuando el presente estudio confirma algunos resultados encontrados por otros autores (Etter 1998; San jose, Montes, and Rocha 2003; Ayarza, Etter et al, in press), con respecto a la tasa de perdida de sabanas y posibles fuerzas direccionales, cabe resaltar que existe la necesidad de desarrollar un mayor numero de estudios en Los Llanos Orientales y así tener un mayor conocimiento con respecto a los diversos procesos de transformación que están teniendo lugar en la región.

## 6. Conclusión

Durante los años analizados 1988 – 2007, en el departamento de Puerto López, hubo una pérdida de sabana de aproximadamente 735,3 Km<sup>2</sup>. La sabana paso de ocupar el 55.7% en el año 1988 a ocupar el 43.9% en el año 2007, con una tasa anual de pérdida de 1.25%. Gran parte de las sabanas fueron reemplazadas por cultivos y pastos. Las principales fuerzas conductoras de la transformación del paisaje en el área están relacionadas a la extensión de la infraestructura, expansión de la frontera agrícola y políticas nacionales que tienen como objetivo generar un mayor desarrollo agrícola en la región de los Llanos Orientales.

Teniendo en cuenta la tasa anual de pérdida de sabana en la región, es necesaria una mejor toma de decisiones a nivel municipal y regional, que tengan en cuenta el cambio de cobertura que se esta viviendo en la región; y que además tenga presente cuales son las causas directas e indirectas del proceso de cambio. Se deben desarrollar programas y/o proyectos de conservación enfocados a la protección de los ecosistemas de sabana que aun no han sido intervenidos por el hombre y que revierta la actual degradación de los ecosistemas que ya han sido afectados. Lo cual asegure la conservación de la biodiversidad y especies endémicas de la región.

## Reconocimientos

El autor reconoce el invaluable aporte del profesor Luis Alberto Villa, durante todo el proceso de desarrollo del estudio. Al igual que a los profesores Andres Etter y Armando Sarmiento por su valiosa colaboración en la parte de fotointerpretación de las imágenes.

## Referencias

Ayarza, M.E., et al, 2007. Advances in improving agricultural profitability and overcoming land degradation in savanna and hillside agroecosystems of tropical America. In *Advances in integrated soil fertility management in sub-saharan Africa: challenges and opportunities*, edited by A. Bationo. New york: Springer.

Asner, G.P., Elmore, A.J., Olander L.P., Martin R.E., Harris A.T. 2004. Grazing systems, ecosystem responses and global change. *Annual Review of Environmental and Resources*. 29, 261-299.

Amezquita, E. 1998. Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de Labranza. In: *Encuentro nacional de labranza de conservación*. Memorias. Villavicencio – Meta, Colombia.

Bilsborrow, R.E., & Ogendo, O.H.W.O., 1992. Population-driven changes in land use in developing countries. *Ambio* 21 (1) 37-45.

Brannstrom, C., et al, 2007. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implicaciones for land use policy. *Land use policy* 25, 579-595.

Burgi, M., Herspenger, A.M., & Schneeberger, N. 2004. Driving forces of landscape change – current and new directions. *Landscape Ecology*. 19, 857-868.

Bustamante , M., 2003. Persistencia y cambio en la frontera oriental de Colombia. El piedemonte del Meta, 1840-1950. Fondo editorial EAFIT.

Commision of the European Communities. CEC, 1994: CORINE Land Cover Technical guide, Luxembourg.

CONTRALORIA. 2010. Informe de Auditoria Gubernamental con Enfoque Integral. Municipio de Puerto López Meta, Regalías Directas.

DANE. 2005. Estimación de población 1985 – 2005 y proyecciones de población 2005 – 2020 Nacional y Departamental.

Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo (2002-2006).

Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo (2006-2010).

Etter, A., 1998 Ecosistemas de Sabanas. In : Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia1997 (eds Chaves ME, Arango N), instituto Alexander von Humboldt.

Etter, A. Y Villa, L.A., 2001. Los sistemas de producción, extracción y asentamiento en el análisis de la transformación del paisaje. Ponencia Seminario Internacional. Transformación de Ecosistemas: Análisis y Gestión.

Etter, A., McAlpine, C., Pullar, D., & Possingham, H. 2005a Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of Environmental Management*. 79, 74-87.

Etter, A., McAlpine, C., Wilson, Kerrie., Phinn, S., & Possingham, H. 2005b Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 114, 369-386.

Etter, A., Sarmiento, A., & Romero, M., (in press). Land use changes (1970-2020) and the carbon emissions in the Colombian Llanos. 27, 1-33. *Ecosystem Function in Savannas: Measurement and Modeling at Landscape to Global Scales*. Hill, M and N.P Hannan Eds. Chapter 27.

FAO (2008b) Estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Roma 2008.

FEDEPALMA. 1993. Anuario Estadístico. La Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia y el Mundo.

FEDEPALMA. 2006. La Agroindustria de la Palma de Aceite.

FEDEPALMA. 2009. Anuario Estadístico. La Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia y el Mundo.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P et al 2005 Global consequences of land use. *Science*, 309, 570-574.

Garten, R., 2007. A Blueprint for Green Energy in the Americas, The Global Biofuels Outlook 2007, Inter-American Development Bank.

Geist, H.J., & Lambin, E.F., 2001. What Drives Tropical Deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. *LUCCReport Series No 4*.

Geist, H.J & Lambin, E.F., 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* 52, 143-150.

Goldewijk, K.K. 2001. Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE database. *Global Biochemical Cycles* 15 (2), 417-433

Goldewijk, K.K. and Ramankutty, N., 2004. Land cover change over the last three centuries due to human activities: The availability of new global data sets. *GeoJournals* 61, 335-344.

Gobernación del Meta. Plan de Desarrollo departamental del Meta "Visión Sin Límites" 2004-2007.

Gobernación del Meta. Plan de Desarrollo Económico y Social del Departamento Meta, Unidos Gana el Meta, 2008-2011.

Grace, J., et al, 2006. Productivity of carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography* 33, 387-400.

Houghton, R.A. 1994. The worldwide extent of land use change. In the last few centuries, and particularly in the last several decades, effects of land use change have become global. *BioScience*, 44, (5), 305-313.

IGAC. El meta: un territorio de oportunidades. 2003. Convenio interadministrativo suscrito entre el IGAC y el departamento del Meta. Mapas: cobertura vegetal y uso actual del suelo, aptitud de suelos, zonas de importancia ambiental.

IGAC. Estudio general de suelos de los municipios de cabuyaru, Fuente de Oro, Puerto Lopez, San Carlos de Guaroa y la Inspección de Barranca de Upia. 1979. Pg

Lambin, E.F., et al, 2001. The causes of land use and land cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11, 261-269.

Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment* (Island Press, 2003), which was prepared by an extended conceptual framework writing team of 51 authors and 10 contributing authors.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Puerto López 2008-2011.

Rausch, J, M,. 1994. Una frontera de la sabana tropical, Los Llanos Orientales de Colombia 1531-1831. Banco de la república. 407-449.

Rausch, J, M,. 2010. El concepto de frontera para estudiar la historia de los Llanos en el siglo XXI. *Fronteras de la Historia*. 15. 157-179.

Rodriguez, M., Rubiano, Y., Silva, J., Rodriguez, S., 2010. La geología, geomorfología, pedología y uso de la tierra en las municipalidades de Puerto Lopez (Colombia) y Uberlandia (Brasil). *Sociedad & Naturaleza, Uberlandia*. 22 (2), 329-345.

Ruiz, R., Etter, A., Sarmiento, A., & Tansey, K., (2009) Spatial and temporal variability of fires in relation to ecosystems, land tenure and rainfall in savannas of Northern South America. *Global Change Biology*. 1-10.

Turner, B.L., Moss, R.H. and Skole, D.L, 1993. Relating land use and global land-cover change: A proposal for a IGBP-HDP core project. *International Biosphere-Geosphere Program: A study of global change and the human dimension of global environmental programme*, Stockholm.

UPME (2007). Plan Energético Nacional: Contexto y estrategias, 2006-2025. Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá.