



MinAgricultura  
Ministerio de Agricultura  
y Desarrollo Rural

PROSPERIDAD  
PARA TODOS



Correo: [bac@corpoica.org.co](mailto:bac@corpoica.org.co)  
Teléfono: (57 1) 4 227300 ext. 1257 o 1274  
Skype: biblioteca.agropecuaria

[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co)

ISBN:

**COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO DE LA  
ALTILLANURA PLANA DE LOS MUNICIPIOS DE PUERTO  
LÓPEZ Y PUERTO GAITÁN, META. Escala 1: 25.000**



# COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO DE LA ALTILLANURA PLANA DE LOS MUNICIPIOS DE PUERTO LÓPEZ Y PUERTO GAITÁN, META

Escala 1:25.000

Convenio MADR-Corpoica-CIAT. 2011-2012



**MinAgricultura**  
Ministerio de Agricultura  
y Desarrollo Rural

**PROSPERIDAD  
PARA TODOS**



**CIAT**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Rodríguez, Andrés<sup>3</sup>; Rubiano S., Yolanda<sup>2</sup>; Gutierrez V., Albert J.,<sup>1</sup>; Bernal R., Jaime H.<sup>1</sup>;  
Rodríguez H., Nubia Stella<sup>1</sup>; Arguello Orlando<sup>1</sup>; Pulido C., Sandra X.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Investigadores Corpoica Centro de Investigación La Libertad - agutierrez@corpoica.org.co - Villavicencio-Meta, Colombia.

<sup>2</sup>Profesora Asociada Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup>Ingeniero Agrícola, Magister en Geomática, Consultor

Villavicencio, Meta. Colombia

Rodríguez, Andrés; Rubiano S., Yolanda; Gutiérrez V., Albert J.; Bernal R., Jaime H.; Rodríguez H., Nubia Stella; Arguello, Orlando; Pulido C., Sandra X. / Cobertura vegetal y usos del suelo de la altillanura plana de los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán, Meta: escala 1:25.000. Villavicencio (Colombia): CORPOICA, 2013. 32 p.

**Palabras Clave:**

SUELO, COBERTURA DEL SUELO, IMÁGENES POR SATÉLITES, PLANIFICACIÓN, CARTOGRAFÍA, ZONIFICACIÓN DE SUELOS, META-COLOMBIA

Convenio MADR-Corpoica-CIAT. 2011-2012



**MinAgricultura**  
Ministerio de Agricultura  
y Desarrollo Rural

**PROSPERIDAD  
PARA TODOS**



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
Línea de atención al cliente: 018000121515  
[atencionalcliente@corpoica.org.co](mailto:atencionalcliente@corpoica.org.co)  
[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co)

ISBN: 978-958-740-151-6

CA: C04320

CUI: 1440

Boletín de investigación no. 18

Primera edición: Junio de 2013

Tiraje: 1000 ejemplares

Diseño / Diagramación: Jorge E. Guzmán Mira

Impreso en Colombia  
Printed in Colombia

Esta publicación es un resultado del proyecto: “Indicadores de eficiencia en el uso de los recursos biofísicos, socioeconómicos y ambientales (ECO-EFICIENCIA) de sistemas productivos de la Altillanura plana Orinocense”, en el marco del convenio Corpoica – CIAT financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado en el año 2011

Villavicencio, Meta. Colombia

# CONTENIDO

PRESENTACIÓN .....	5
INTRODUCCIÓN .....	6
MARCO TEÓRICO .....	7
METODOLOGÍA .....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	27
BIBLIOGRAFÍA .....	29

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros de imágenes satelitales ALOS.	11
Tabla 2.	Características de las imágenes adquiridas	11
Tabla 3.	Áreas a nivel de clase de la clasificación orientada a objetos	14
Tabla 4.	Estadísticas de coberturas y/o usos de la tierra, del área de investigación	17
Tabla 5.	Coberturas y usos de la tierra de los municipios de Puerto Gaitán y Puerto López, en el área de estudio para el periodo 2010-2011	25
Tabla 6.	Información de coberturas y/o usos de la tierra cruzada con las unidades cartográficas de suelos (paisajes) de los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán.	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema metodológico para la clasificación de imágenes satelitales orientada a objetos	9
Figura 2.	Imágenes satelitales ALOS. Izquierda: área cubierta por las escenas, Derecha: mosaico ortorectificado	10
Figura 3.	Área de estudio del departamento del Meta	12
Figura 4.	Mapa de las unidades de suelos de pendientes planas de la zona de interpretación	13
Figura 5.	Mapa de coberturas y/o usos de la tierra a nivel general	14
Figura 6.	Distribución a nivel general de las coberturas y/o usos de la zona de estudio	15

Figura 7.	Interpretación de coberturas y/o usos de la tierra de la zona de estudio	15
Figura 8.	Distribución de porcentajes de las zonas de los territorios agrícolas	16
Figura 9.	Mosaico de pastos y cultivos	16
Figura 10.	Pasturas	17
Figura 11.	Distribución de porcentajes de las zonas de bosques y áreas semi-naturales	18
Figura 12.	Herbazales de tierra firme	18
Figura 14.	Puntos de Control de la zona de estudio	19
Figura 13.	Pastos y bosques de galería	19
Figura 18.	Límite de unidad de Altillanura plana con lomerío moderadamente disectado	20
Figura 16.	Pasturas después de una cosecha de soya	20
Figura 17.	Pasturas, con enmiendas de suelo	20
Figura 19.	Límite de unidad de Altillanura plana con lomerío ligeramente disectado	21
Figura 20.	Pasturas con termiteros	21
Figura 21.	Cultivo de piña	21
Figura 24.	Límite de unidad de Altillanura plana con lomerío fuertemente disectado	22
Figura 22.	Cultivos transitorios, maíz	22
Figura 23.	Cultivo de caña	22
Figura 27.	Distribución comparativa a nivel general de las coberturas y/o usos de tierra por porcentaje respecto al área municipal	23
Figura 25.	Cultivo de palma de aceite	23
Figura 26.	Plantación de caucho	23
Figura 27.	Distribución comparativa a nivel general de las coberturas y/o usos de tierra por porcentaje respecto al área municipal	23

# PRESENTACIÓN

Los procesos de transformación del territorio ocurridos en el área de la Altillanura colombiana en las dos últimas décadas (90 y 00), hacen necesaria la generación y divulgación de información más detallada y actualizada, que apoye los nuevos emprendimientos y provea elementos y datos organizados que contribuyan a la toma de decisiones para la intervención y, en el mejor de los casos, para la planificación y el ordenamiento territorial en esta área del país. Con esta premisa, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica y la Universidad Nacional de Colombia aunaron esfuerzos para presentar ésta información cartográfica a escala 1:25.000 de la cobertura vegetal y usos del suelo de la altillanura plana de los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán en el departamento del Meta, obtenida a partir del procesamiento de imágenes satelitales ALOS 2010-2011 con la técnica de clasificación de imágenes orientada a objetos, delimitando el área correspondiente a la posición fisiográfica “Altillanura plana” de los municipios en mención, mediante la integración de las delineaciones geomorfológicas provenientes del “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento del Meta, escala 1:100.000, (IGAC 2004).

La información contenida en el presente documento, describe las distintas formas de ocupación del territorio y de los usos del suelo de la región, considerada como la última frontera agrícola del país. La información contribuye al reconocimiento de fortalezas, potencialidades, limitaciones y debilidades en términos de oferta ambiental que deben considerarse a la hora de planificar, para asegurar una gestión sostenible del territorio, reducir los riesgos por degradación de las funciones productivas y ambientales en sus diversos ecosistemas.

El documento constituye un punto de partida donde la frecuencia y rigurosidad de la toma de nuevos datos, permitirá la cuantificación y el seguimiento de los cambios que ocurren en las coberturas de la tierra en la Altillanura plana.

Esta publicación es posible gracias a los recursos de cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural del convenio MADR-Corpoica-CIAT (2011-2012), estructurado con el objeto de desarrollar y validar tecnologías para el mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuarios de la Altillanura plana de la Orinoquia colombiana.

**RUBEN ALFREDO VALENCIA RAMÍREZ**  
Director C. I. La Libertad  
Corpoica



## INTRODUCCIÓN

La cartografía de ocupación del territorio a escalas local, regional y global, es fundamental para la planificación y gestión sostenible del territorio. Particularmente, en áreas como la Altillanura colombiana, considerada la última frontera agrícola del país y en la que se prevé, un aumento en la inversión e introducción de sistemas productivos más intensivos que los actuales, que pueden generar efectos ambientales y sociales que vulneren su sostenibilidad.

La Altillanura cuenta con valiosa información de sus componentes biofísicos, geología, geomorfología, clima, suelos, capacidad de uso, uso de la tierra y cobertura vegetal, entre otros, a escala general (1:100.000 o menor) generada por instituciones como INGEOMINAS, IGAC, Corpoica, IDEAM y CORPORINOQUIA. Sin embargo, en las dos últimas décadas este territorio se ha transformado por la introducción de nuevos y variados sistemas de ocupación de la tierra, lo que hace necesaria la generación de información más detallada y actualizada, que apoye los nuevos emprendimientos y provea información capital para la planificación y el ordenamiento territorial de la Altillanura colombiana.

Este trabajo busca aportar información mediante la generación de cartografía escala 1:25.000 de la cobertura vegetal y usos del suelo de la Altillanura plana de los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán, departamento del Meta (área aproximada de 970.000 ha). La técnica usada para la obtención de la cartografía (discriminar, espacializar y cuantificar), es el procesamiento de imágenes ALOS (Advanced Land Observing Satellite), específicamente, la clasificación de imágenes orientada a objetos, propuesta e implementada por Rodríguez, (2011).

## MARCO TEÓRICO

La cobertura vegetal y los usos del suelo corresponden a la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, como el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos biológicos vegetales característicos y la utilización antrópica que se hace del medio biofísico, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales (Marcial, 2001); de ahí que, caracterizar, cuantificar y mapear las coberturas vegetales y los usos de las tierras de un área determinada es fundamental para:

1. Planificar el uso del territorio en función de sus particularidades.
2. Identificar conflictos de uso y así poder determinar problemáticas ambientales, sociales y económicas.
3. Apoyar procesos de ordenamiento territorial teniendo en cuenta los atributos ambientales locales.
4. Monitorear y hacer seguimiento al uso sostenible de los recursos naturales.
5. Plantear soluciones integrales en beneficio de la población allí asentada .
6. Realizar estudios de conectividad entre paisajes y proponer corredores biológicos destinados al flujo y conservación de la biodiversidad.
7. Constituirse como insumo en el planeamiento y realización de estudios o propuestas de valoración y cuantificación de servicios ambientales.

Por tratarse de una información multi-temporal y dinámica, determinada por la frecuencia de toma de datos, permite la cuantificación y el seguimiento de los cambios que ocurren en las coberturas de la tierra en una zona específica, (Almeida-Filho y Shimabukuro, 2002; Castilla, 2003; Etter *et al.*, 2006; IGAC, 2005; IDEAM, 2010).

La clasificación orientada a objetos es una metodología reciente que está en proceso de evolución, (Perea *et al.*, 2009), siendo un método alternativo para la determinación de coberturas, a través de la clasificación de imágenes. Se enfoca en encontrar un objeto (relación muchos a uno – píxeles a objeto y no por píxel como se realiza en la clasificación “per-píxel”) utilizando las formas geométricas, la información espectral y el análisis de vecindad definidos para un objeto en particular. El objeto es referido a la cobertura que se desea extraer de una clasificación.

Este tipo de clasificadores, no se basa exclusivamente en la información espectral que contiene un píxel, adicionalmente tiene en cuenta, las relaciones de formas y continuidades espaciales que se presenta para un objeto particular, aumentando los criterios y variables de la clasificación. En el proceso de la determinación de los objetos, la “escala” determina la presencia o ausencia de las clases, de tal manera que el tamaño del mismo afectaría el tamaño de la clasificación. (Perea *et al.*, 2009; Tansey *et al.*, 2009; Shattri *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2003; Santos, 2007; Guntli, 2006; Lewinsky y Zaremski, 2004; Walter, 2004.).



Los avances tecnológicos de la geomática conllevan aumentos en la complejidad de análisis de la información espacial y hacen que los procesos de sistematización y manejo de imágenes de sensores remotos con los SIG sean cada día más sofisticados y costosos. Las investigaciones de clasificación orientada a objetos, utilizan los programas, Ecognition, IDRISI y ENVI (Environment for Visualizing Images), con módulos adicionales que proveen algoritmos para tal fin. (Weng, 2009).

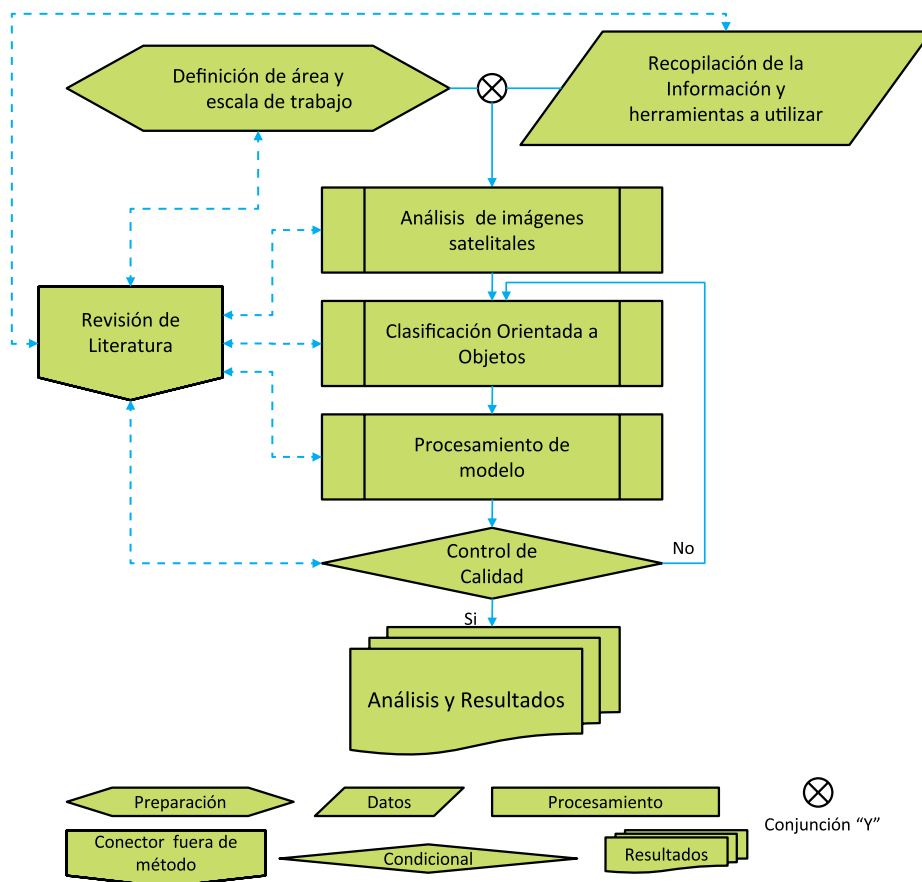
No es la primera vez que se emprenden iniciativas con el objetivo de cartografiar los recursos naturales, suelo, clima, vegetación y uso entre otros. En el 2002, el IGAC y Corpoica adelantaron trabajos para determinar el uso actual y los conflictos de uso del territorio mediante la interpretación de imágenes de satélite. Más recientemente, IDEAM, 2010, publica el trabajo sobre la determinación de la cobertura y uso actual a escala 1:100.000 utilizando la metodología "CORINE (Coordination of information of the Environment) Land Cover", homologada para Colombia (Melo y Camacho, 2005), a partir de la interpretación visual de imágenes satelitales del sensor Landsat de resolución espacial media, para el periodo comprendido entre los años 2000 a 2003-..

Para el departamento del Meta, los trabajos enfocados a determinar y cuantificar coberturas y el uso de la tierra, son escasos y están concentrados a determinar en la mayoría de los procesos variaciones urbanísticas. Santana, y Salas, (2007) aplicaron las metodologías de tabulación cruzada y la interpretación de cambios significativos ocurridos, utilizando los valores de cambio observados y esperados entre las clases con el objeto de valorar los cambios de ocupación ocurridos en un sector de sabanas colombianas entre 1987 y 2001, mediante la comparación a posteriori de dos imágenes Landsat (TM y ETM+) clasificadas.

Para la zona rural, particularmente para el área de la Altillanura plana, no se reportan estudios de coberturas de uso de la tierra a escalas detalladas, (ej. 1:50.000 o 1:25.000). De igual forma, no se encuentran reportes del uso de la metodología de clasificación de imágenes orientada a objetos para algún lugar del país utilizando el programa **ENVI**.

# METODOLOGÍA

El esquema metodológico seguido para alcanzar el objetivo, se ilustra en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Esquema metodológico para la clasificación de imágenes satelitales orientada a objetos

## • Definición de área y escala de trabajo

Con el fin de aplicar los principios de la clasificación orientada a objetos para imágenes y determinar la cobertura y usos de la tierra en los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán en el departamento del Meta, a escala 1:25.000, se delimitó el área correspondiente a la posición fisiográfica “Altiplanura plana” de los municipios en mención, mediante la integración de las delineaciones geomorfológicas provenientes del “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento del Meta”, escala 1:100.000, (IGAC, 2004) para extraer las unidades de suelo correspondientes al paisaje de Altiplanura

plana en los municipios objeto de estudio, delimitando la zona de interpretación con pendientes menores al 7%, para un total aproximado de 970.000 ha.

La escala de trabajo, se determinó teniendo en cuenta la disponibilidad de la resolución espacial de las imágenes satelitales ALOS, verificando que las coberturas no presentaran una distorsión visual, en el programa de procesamiento de imágenes, para efectos de salida gráfica y/o análoga se optó por manejar la escala 1:25.000.

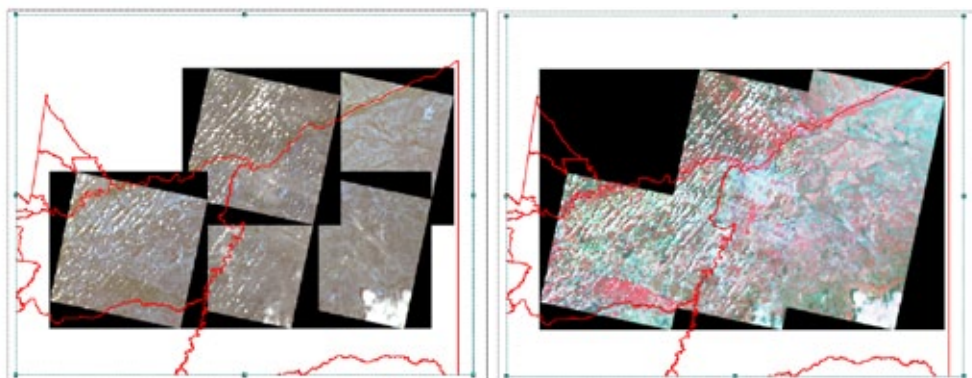
- **Recopilación de la información y herramientas a utilizar**

La revisión de literatura abarco los aspectos básicos y avanzados de la clasificación de imágenes y la recopilación de cartografía temática análoga y digital existente en el área de estudio.

Para el procesamiento de la información, se utilizó el programa de análisis y procesamiento digital de imágenes, *ENVI* con la extensión *ENVI ZOOM*, módulo *Feature Extraction* versión 4.6. y para el análisis de información espacial-, se utilizó el programa *ArcGis* versión 9.3.1

- **Análisis de imágenes satelitales**

Una vez delimitada la zona de estudio, se revisaron las imágenes compuestas de 5 escenas y un mosaico orto-rectificado (Figura 2), las cuales provenían del sensor del satélite japonés ALOS (*Advanced land Observing Satellite*) de tipo óptico, tomadas por el sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), con una resolución espectral de 4 bandas: 3 de visible y 1 de infrarrojo, y resolución espacial de 10 metros aproximadamente, geo-referenciadas en el sistema internacional de coordenadas WGS84, con un porcentaje de nubosidad menor al 10% del área total de la imagen y fecha de tomas del año 2010 y 2011 (Tablas 1 y 2).



**Figura 2.** Imágenes satelitales ALOS. Izquierda: área cubierta por las escenas, Derecha: mosaico ortorectificado

**Tabla 1.** Parámetros de imágenes satelitales ALOS.

Ítem	Descripción
Método de Escaneo	Barrido con 1 CCD por cada Banda
Longitud de Onda (micrómetros)	Banda 1: 0,42 - 0,50
	Banda 2: 0,50 - 0,60
	Banda 3: 0,61 - 0,69
	Banda 4: 0,76 - 0,89
Campo de visión	5,8 grados
Campo de visión instantáneo	14,28 microradianes
Ancho de banda	70 Km (nadir)
Resolución espacial	10 m (nadir)
Función de frecuencia de modulación	> 0,25
Ángulo de orientación	+/- 44 grados de nadir
Pixelización	8 bits

Fuente: Osawa, (2004)

## • Clasificación Orientada a Objetos y Procesamiento del modelo

Para la determinación y espacialización de las coberturas vegetales y usos del suelo, se siguió parte de la metodología propuesta por Rodríguez (2011), para imágenes Landsat del Municipio de Villavicencio. Para la Altillanura plana, se utilizaron imágenes ALOS que fueron clasificadas hasta el nivel de fragmentación, asignando a cada polígono resultante una clase de cobertura y/o uso de la tierra de forma manual y no automatizada, como se realizó en el Piedemonte por Rodríguez (2011), con el fin de disminuir la generalización de la interpretación por la semejanza en la respuesta espectral de las coberturas de la zona de estudio.

**Tabla 2.** Características de las imágenes adquiridas

Nombre de Archivo	Fecha de Toma	No Bandas	% Nubes
ALAV2A162143510	13/10/2010	4	<10
ALAV2A162143520	13/10/2010	4	<10
ALAV2A214073520	13/10/2010	4	<10
ALAV2A265273510	06/01/2011	4	<10
ALAV2A265273520	06/01/2011	4	<10

Antes de realizar la clasificación, se tomó como base la distribución de grillas a escala 1:25.000 y 1:100.000, en formato vectorial shapefile, para organizar la información del

área de interés dando lugar a un total de 50 cuadrantes. Corpoica en convenio con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, utilizó la información de cartografía base escala 1:100.000, ya que a 1:25.000 no se encuentra en formato vectorial (Figura 3).

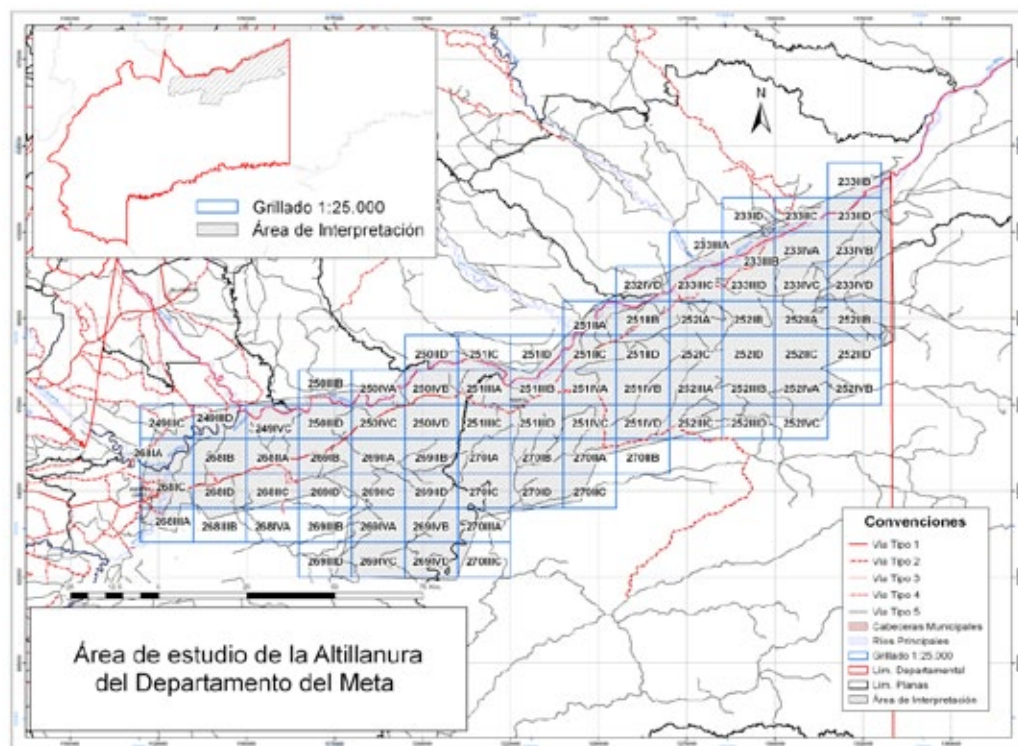


Figura 3. Área de estudio del departamento del Meta

Como estándar de la información espacial, se tomó el sistema de coordenadas para la cartografía temática generada, las utilizadas para Colombia por el IGAC, conforme al artículo 1 de la Resolución IGAC 68 del 28 de enero del 2005 y Resolución 399 del 2011.

## • Control de calidad

Se planeó la verificación en campo de los patrones clasificados de coberturas y usos de la tierra de la imagen satelital, partiendo de la cabecera municipal del municipio de Puerto López, hasta el límite fronterizo (Carimagua y El Viento) del departamento del Meta con el departamento del Vichada. Para validar la calidad de la interpretación, se registraron los patrones con fotografías digitales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La delimitación de la unidad de Paisaje “Altillanura plana” de los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán estuvo demarcada por las unidades cartográficas de paisaje obtenidas del estudio de general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Meta elaborado por el IGAC 2004, escala 1:100.000: Altillanura estructural (AVCa, AVDa, AVEb, AVFb, AVGb); parte del piedemonte (PVAa, PVBb) y parte de la planicie (RVGay, RVHay, RVJay, RVKax, RVMax, RVNax, RVOax), parte del lomerío, conocida en la región como la serranía ondulada y disectada (LVGcd2, LVHcd2, LVJbc1 y LVKbc1) y la unidad de Valles que corresponde a los bosques de galería y los planos de inundación de los ríos Meta, Muco, Yucao, Manacacias, Guarrojo y los caños La Emma y Ema, entre otros (VAaxy, VVCaxy, VVGa y VWHay) (Figura 4).

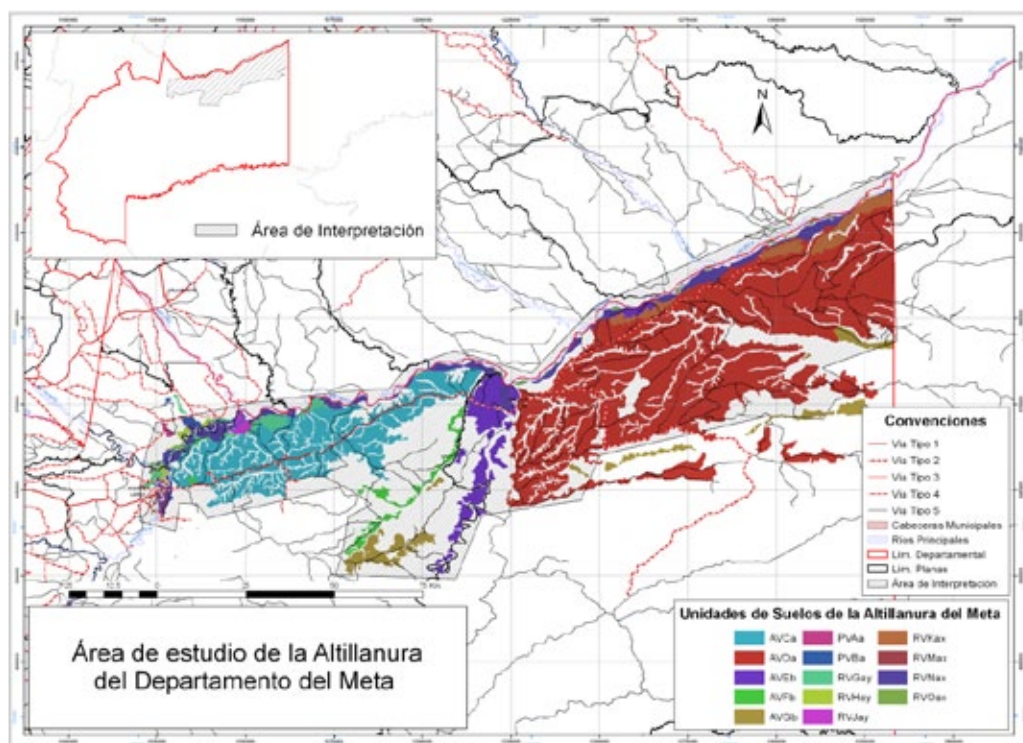


Figura 4. Mapa de las unidades de suelos de pendientes planas de la zona de interpretación

### Clasificación de imágenes satelitales

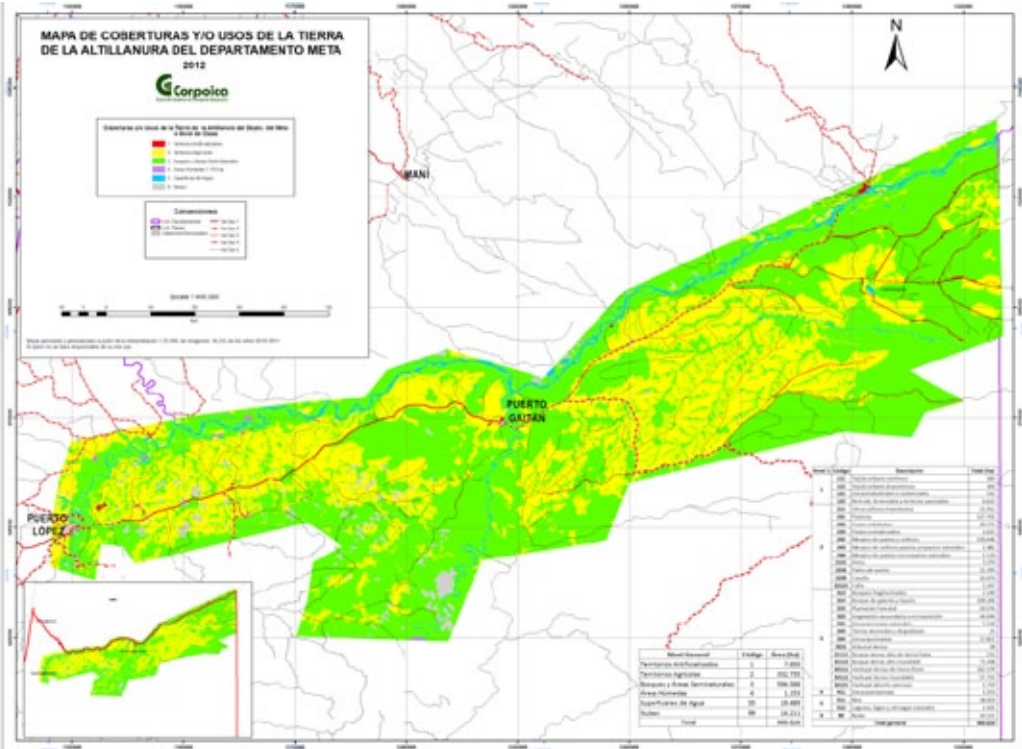
Del total de área analizada a través de la cartografía y las imágenes satelitales, correspondiente a 969.821 ha, se obtuvo una clasificación y espacialización de las coberturas, divididas en cinco niveles y estos subdivididos en 31 subclases (Figura 5), de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover.



Los cinco niveles están representados por Territorios Artificializados, Territorios Agrícolas, Bosques y Áreas Semi-naturales, Áreas húmedas, Superficies de agua y Nubes, donde el nivel Bosques y áreas Semi-naturales dominan la ocupación del área de estudio con el 59,49%, seguido de los Territorios Agrícolas con una ocupación del 36,62%. El nivel correspondiente a Territorios Artificializados ocupa 0,79% del área analizada e incluye zonas urbanizadas, comerciales, red vial y terrenos asociados, (Tabla 3 y Figuras 5, 6 y 7).

**Tabla 3.** Áreas a nivel de clase de la clasificación orientada a objetos

Nivel General	Código	Área (ha)
Territorios Artificializados	1	7.649
Territorios Agrícolas	2	355.194
Bosques y Áreas Semi-naturales	3	
Áreas Húmedas	4	1.152
Superficies de Agua	5	19.509
Nubes	99	9.410
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>969.821</b>



**Figura 5.** Mapa de coberturas y/o usos de la tierra a nivel general



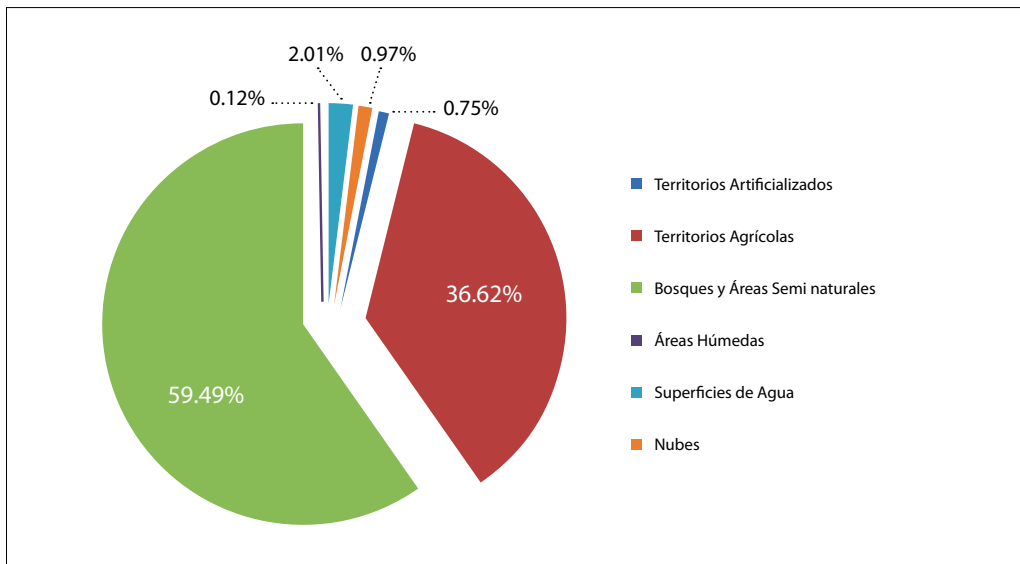


Figura 6. Distribución a nivel general de las coberturas y/o usos de la zona de estudio

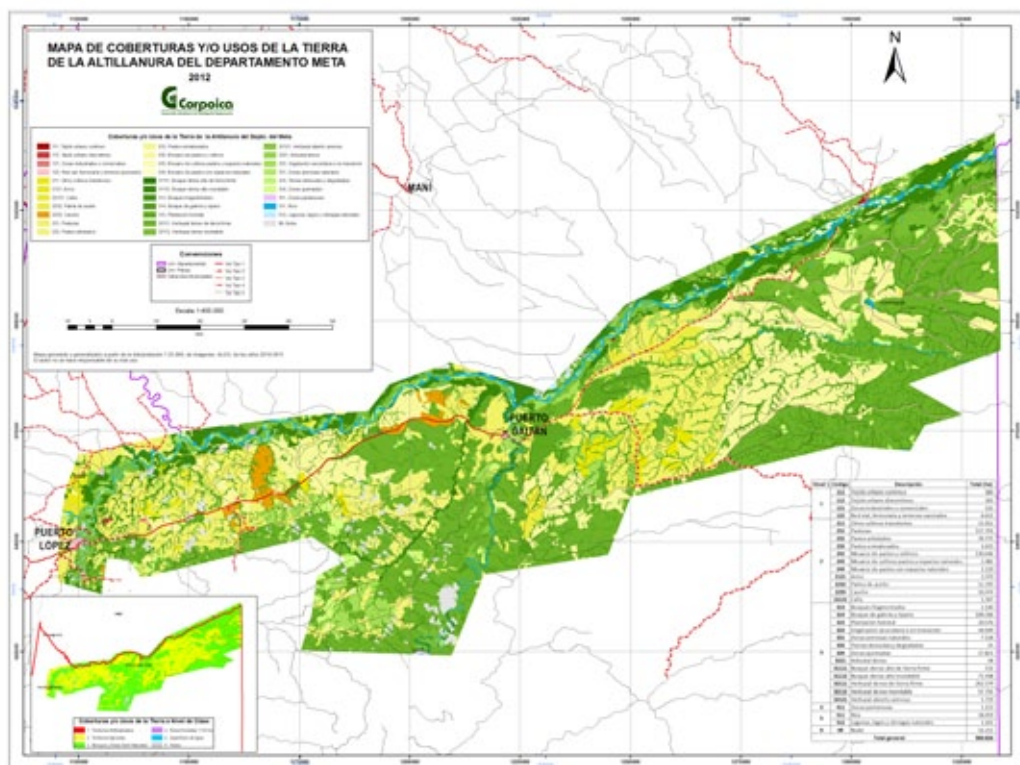
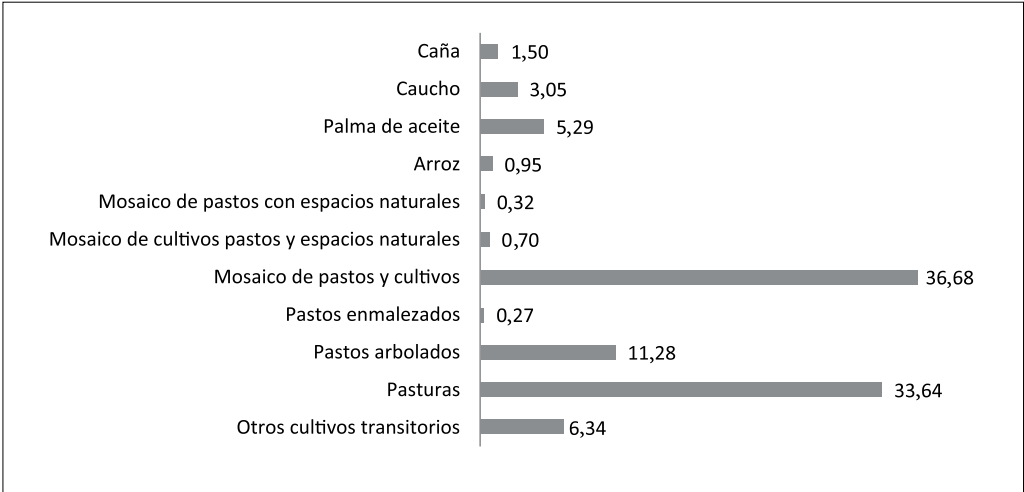


Figura 7. Interpretación de coberturas y/o usos de la tierra de la zona de estudio

Para cada nivel general, se detalló la interpretación, diferenciando según la metodología CORINE Land Cover en coberturas más específicas (Tabla 4), considerando que la motivación principal del análisis de la cartografía e imágenes satelitales del área de la Altillanura obedece a las expectativas que estas tierras han generado en términos de expansión de la frontera agrícola, se priorizó el análisis al nivel correspondiente a Territorios Agrícolas.

De los resultados obtenidos para el periodo analizado entre 2010 y 2011, se puede resaltar que de las 355.194 ha, categorizadas como Territorios Agrícolas (Nivel 2, Tabla 4), se subdividieron en 11 categorías (Figura 8), siendo las coberturas, Mosaicos de Pastos y Cultivos (Figura 9) y Pasturas (Figura 10) las que ocupan la mayor extensión, 70,3%; contrastando con los cultivos permanentes, caucho y palma que ocupan el 8,3% de esta área.



**Figura 8.** Distribución de porcentajes de las zonas de los territorios agrícolas



**Figura 9.** Mosaico de pastos y cultivos

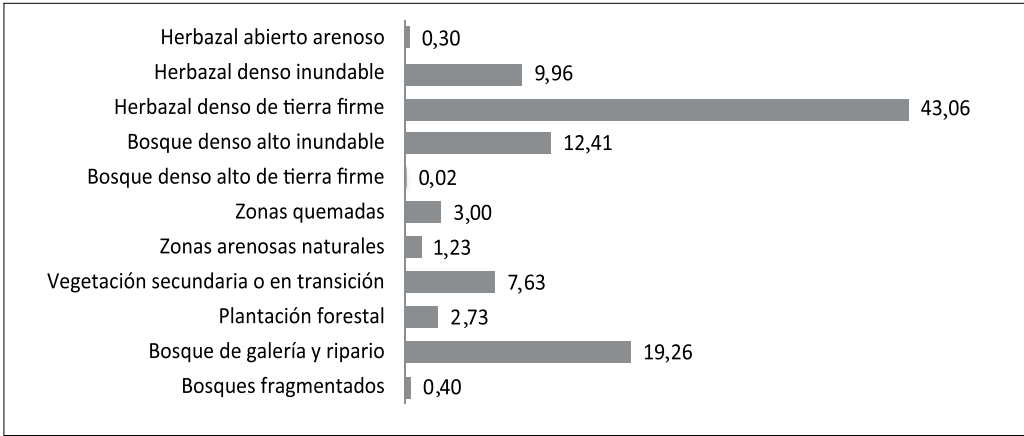


Figura 10. Pasturas

Tabla 4. Distribución de coberturas y/o usos de la tierra, del área de investigación

Nivel 1	Código	Descripción	Total (ha)
1	111	Tejido urbano continuo	583
	112	Tejido urbano discontinuo	303
	121	Zonas industriales o comerciales	142
	122	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	6.620
2	211	Otros cultivos transitorios	22.523
	231	Pasturas	119.480
	232	Pastos arbolados	40.056
	233	Pastos enmalezados	960
	242	Mosaico de pastos y cultivos	130.273
	243	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	2.487
	244	Mosaico de pastos con espacios naturales	1.120
	2121	Arroz	3.367
	2232	Palma de aceite	18.785
	2235	Caucho	10.829
	22121	Caña	5.314
3	313	Bosques fragmentados	2.280
	314	Bosque de galería y ripario	111.127
	315	Plantación forestal	15.738
	323	Vegetación secundaria o en transición	44.001
	331	Zonas arenosas naturales	7.124
	334	Zonas quemadas	17.293
	3221	Zonas pantanosas	28
	31111	Bosque denso alto de tierra firme	132
	31112	Bosque denso alto inundable	71.589
	32111	Herbazal denso de tierra firme	248.422
	32112	Herbazal denso inundable	57.451
	32121	Herbazal abierto arenoso	1.720
4	411	Zonas pantanosas	1.152
5	511	Ríos	18.078
	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1.431
9	99	Nube	9.410
Total general			969.821

Las cifras estimadas reflejan el uso de la tierra para la época en que fueron tomadas las imágenes y se constituyen en una línea base a partir de la cual es posible monitorear y analizar la dinámica de intervención de los sistemas productivos en el área de estudio, por ejemplo, las coberturas de pastos pueden cambiar a cultivos transitorios y viceversa. Para las 576.905 ha, ocupadas por *Bosques y Áreas Semi-naturales* (Clase 3, Tabla 4) se definieron once categorías (Figura 11), donde predominaron los Herbazales densos de tierra firme, con 248.397 ha (Figura 12), y los Bosques de Galería y Riparios<sup>1</sup> (Figura 13) que ocupan el 62,3% del área. Los Bosques Densos Alto Inundables ocupan 71.589 ha, las coberturas restantes se encontraron por debajo del 10% de la unidad. Es necesario aclarar, que la cobertura clasificada como *Herbazales de tierra firme*, se pueden confundir espectralmente con las *pasturas*, de tal forma que, la mayoría de pasturas clasificadas, fueron verificadas con el control de campo.



**Figura 11.** Distribución de porcentajes de las zonas de bosques y áreas semi-naturales



**Figura 12.** Herbazales de tierra firme

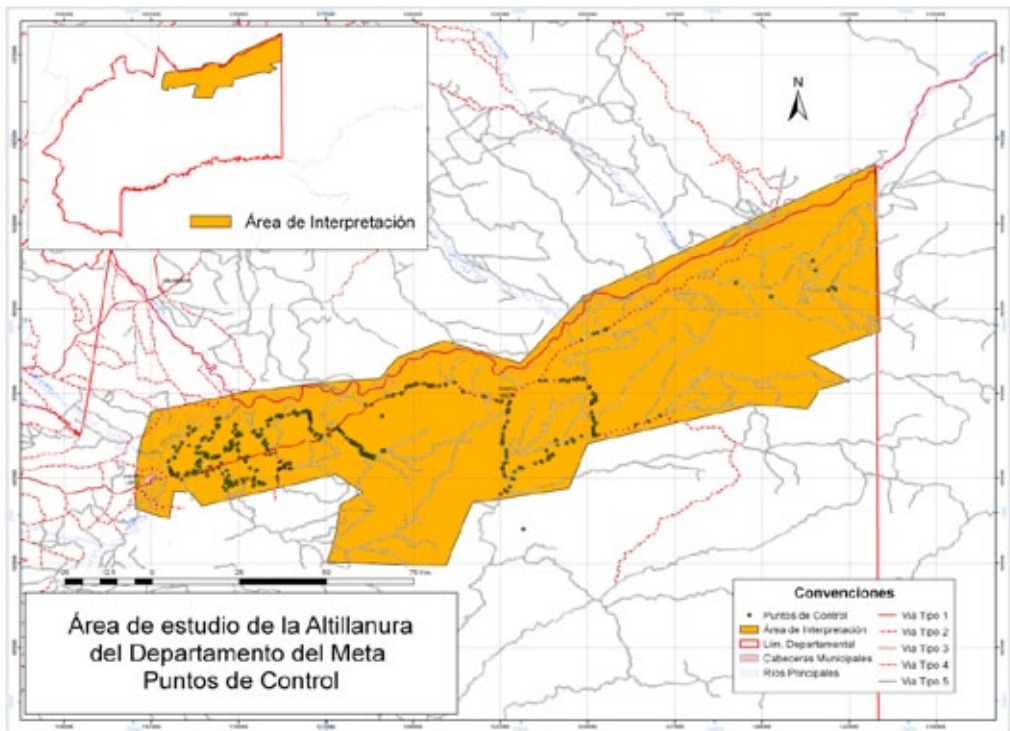
<sup>1</sup> La clasificación de bosques de galería y/o riparios, en algunos casos no se delimitó debido a la forma alargada con poco grosor, del cual el sistema los clasificaría en forma de línea.



**Figura13.** Pastos y bosques de galería

## Control de Calidad

Los patrones de los polígonos clasificados de coberturas y usos de la tierra de la imagen satelital, fueron verificados con control de campo, del cual se realizó un recorrido por la zona de estudio, en enero del 2012 (Figura 14), por las vías primarias y secundarias, siendo las zonas con mayor influencia de cultivos y forestales. Se inició en la cabecera municipal del municipio de Puerto López, hasta el límite fronterizo (Carimagua y El Viento) del departamento del Meta con el Vichada.



**Figura 14.** Puntos de Control de la zona de estudio



Se geo-referenciaron 359 puntos, con sus respectivos registros fotográficos de mayor importancia (Figuras 9, 10, 12, 13, 15 a 26), de los cuales coincidieron con la interpretación en un 92%, siendo el 8% restante coberturas que ya no existían en el momento de la verificación como por ejemplo los cultivos transitorios, y también áreas que cartográficamente no son representativas por la escala y la mínima unidad cartográfica, como los bosques de galería que en algunos casos son notables en campo, pero en la imagen satelital quedarían como líneas.



**Figura 15.** Suelo sometido a quema. Hacienda Mónica



**Figura 16.** Pasturas después de una cosecha de soya



**Figura 17.** Pasturas, con enmiendas de suelo



**Figura 18.** Límite de unidad de Altillanura plana con lomerío moderadamente disectado



**Figura 19.** Límite de unidad de Altillanura plana con lomerío ligeramente disectado



**Figura 20.** Pasturas con termiteros



**Figura 21.** Cultivo de piña





**Figura 22.** Cultivos transitorios, maíz



**Figura 23.** Cultivo de caña



**Figura 24.** Límite de unidad de Altillanura plana con lomerío fuertemente disectado

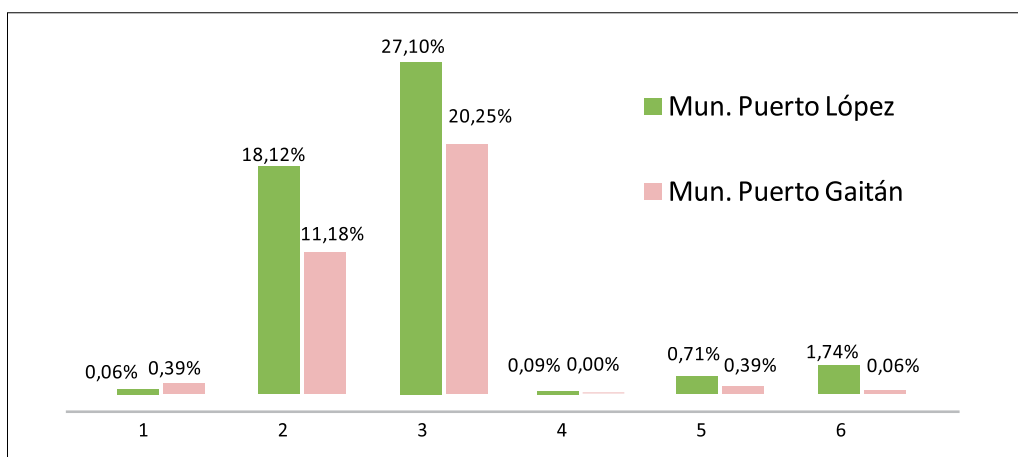


**Figura 25.** Cultivo de palma de aceite



**Figura 26.** Plantación de caucho

La información de coberturas de la zona de estudio, delimitada por municipio (Tabla 5), muestra que en función del área municipal, Puerto López concentra el mayor porcentaje de su área municipal en Bosques y Áreas semi-naturales y territorios agrícolas con un 27,1% y 18,1% respectivamente. En el municipio de Puerto Gaitán, el 11,1% corresponde a los territorios agrícolas y el 20,2% a los Bosques y Áreas semi-naturales.



**Figura 27.** Distribución comparativa a nivel general de las coberturas y/o usos de tierra por porcentaje respecto al área municipal

Debido a la mayor extensión del Municipio de Puerto Gaitán, podría potencialmente incorporar más territorios agrícolas, no sin antes generar estudios de caracterización local que garanticen la rentabilidad económica y sostenibilidad de los sistemas productivos propuestos, considerando que el objetivo principal del análisis de la cartografía e imágenes satelitales era definir coberturas y uso de la tierra para sistemas productivos, desarrollados en la unidad de suelos Altillanura plana de los municipios en mención.

Con el fin de realizar la comparación entre las coberturas y uso de la tierra que fueron interpretadas a escala 1:25.000 y las unidades de suelo en el área obtenidas del estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Meta elaborado por el IGAC a escala 1:100.000; se generó un cruce de esta información (Tabla 6).

Es de anotar y resaltar que, a partir de la interpretación de las coberturas y usos de la tierra se puede inferir que existen diferencias en las unidades de suelo. Es el caso de un suelo cuya cobertura vegetal principal es la palma de Moriche o un bosque de galería, que presenta suelos diferentes a una unidad establecida en Caucho o cultivos transitorios.

El área del paisaje de altillanura plana correspondiente a las unidades de suelo a escala 1:100.000 (*AVCa*, *AVDa*, *AVEb*, *AVFb*, *AVGb*) es de 481.022 ha (Tabla 6), pero de acuerdo con la cobertura y el uso, se incluyen áreas que posiblemente pertenecen a unidades de paisaje, tales como: bosque de galería y ripario (36.190 ha); bosque denso alto inundable (4.300 ha), herbazal abierto arenoso (1.381 ha) y el herbazal denso inundable (11.178 ha). En consecuencia, el área perteneciente a la unidad de suelos de la Altillanura plana de 481.022 ha, pasaría a 427.973 ha, que representa un cambio del 11%, es de aclarar que estas diferencias también se deben a que el estudio de suelos es una escala general y el de coberturas es una escala detallada, por lo que las diferencias pueden ser significativamente notables, y no siempre el uso determina la unidad del suelo.

**Tabla 5.** Coberturas y usos de la tierra de los municipios de Puerto Gaitán y Puerto López, en el área de estudio para el periodo 2010-2011

CLASE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN COBERTURA	TOTAL(ha)	
			PUERTO GAITÁN	PUERTO LOPEZ
1. Territorios Artificializados	111	Tejido urbano continuo	168	233
	112	Tejido urbano discontinuo	65	203
	121	Zonas industriales o comerciales	8	
	122	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	6.443	
<b>Total Territorios Artificializados</b>			<b>6.684</b>	<b>436</b>
2. Territorios Agrícolas	211	Otros cultivos transitorios	12.728	9.795
	231	Pasturas	72.165	38.249
	232	Pastos arbolados	832	38.999
	233	Pastos enmalezados		145
	242	Mosaico de pastos y cultivos	103.147	26.952
	243	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	534	
	244	Mosaico de pastos con espacios naturales		858
	2121	Arroz		337
	2232	Palma de aceite	18.660	4
	2235	Caucho	198	10.631
	22121	Caña		5.314
<b>Total Territorios Agrícolas</b>			<b>208.266</b>	<b>131.284</b>
3. Bosques y Áreas Semi-naturales	313	Bosques fragmentados	231	1.659
	314	Bosque de galería y ripario	73.021	36.108
	315	Plantación forestal	12.968	2.770
	323	Vegetación secundaria o en transición	20.117	20.923
	331	Zonas arenosas naturales	914	1.241
	334	Zonas quemadas	9.124	7.449
	3221	Arbustal denso		28
	31111	Bosque denso alto de tierra firme		
	31112	Bosque denso alto inundable	20.217	20.318
	32111	Herbazal denso de tierra firme	163.678	82.305
	32112	Herbazal denso inundable	26.456	10.511
	32121	Herbazal abierto arenoso	1.265	456
<b>Total Bosques y Áreas semi-naturales</b>			<b>327.989</b>	<b>183.769</b>
4. Áreas Húmedas	411	Zonas pantanosas		645
<b>Total Áreas Húmedas</b>				<b>645</b>
5. Superficies de agua	511	Ríos	4.188	2.756
	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	130	744
<b>Total Superficies de agua</b>			<b>4.318</b>	<b>3.500</b>
Nubes	99	Nube	842	7.338
<b>Total Nubes</b>			<b>842</b>	<b>7.338</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>548.098</b>	<b>326.972</b>

**Tabla 6.** Área (ha) de las coberturas y/o usos de la tierra cruzada con las unidades cartográficas de suelos (paisajes) de los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán.

Cobertura Vegetal	Paisajes (suelos)				
	Altillanura Plana	Lomerío	Piedemonte	Planicie Aluvial	Valle
<b>2. Territorios Agrícolas</b>	<b>276.152</b>	<b>33.039</b>	<b>2.901</b>	<b>8.074</b>	<b>19.383</b>
Arroz				337	
Caña	4.913	54			346
Caucho	9.795	367			668
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales				534	
Mosaico de pastos con espacios naturales	160	167	120	411	
Mosaico de pastos y cultivos	116.023	6.398		651	7.027
Otros cultivos transitorios	20.462	868		188	1.006
Palma de aceite	16.396	1.203			1.066
Pastos arbolados	16.015	18.521	518	243	4.534
Pastos enmalezados	57			88	
Pasturas	92.331	5.462	2.263	5.622	4.737
<b>3. Bosques y Áreas Semi-naturales</b>	<b>202.622</b>	<b>170.693</b>	<b>283</b>	<b>54.773</b>	<b>83.387</b>
Bosque de galería y ripario	36.190	29.394	112	984	42.448
Bosque denso alto inundable	4.300	1.985	78	25.288	8.884
Bosques fragmentados	476	755	42	327	290
Herbazal abierto arenoso	1.381	296			44
Herbazal denso de tierra firme	107.383	121.653		1.088	15.859
Herbazal denso inundable	11.178	867		19.868	5.054
Plantación forestal	14.459	199			1.080
Vegetación secundaria o en transición	19.259	9.498	51	4.198	8.035
Zonas arenosas naturales				2.155	
Zonas pantanosas				28	
Zonas quemadas	7.996	6.046		838	1.693
<b>4. Áreas Húmedas</b>		<b>18</b>		<b>457</b>	<b>170</b>
Zonas pantanosas		18		457	170
<b>5. Superficies de agua</b>	<b>343</b>	<b>44</b>	<b>85</b>	<b>3.356</b>	<b>2.663</b>
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	19		85	660	90
Ríos	324	44		2.696	2.573
<b>Nubes</b>	<b>1.905</b>	<b>4.125</b>	<b>25</b>	<b>342</b>	<b>1.783</b>
Nube	1905	4125	25	342	1.783
<b>Total general</b>	<b>481.022</b>	<b>207.919</b>	<b>3.293</b>	<b>67.002</b>	<b>107.385</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La clasificación orientada a objetos de las imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución espacial ALOS del área correspondiente a los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán tomadas durante los años 2010 y 2011, permitió discriminar, espacializar y cuantificar las coberturas y usos de la tierra, para la Altillanura plana de estos municipios del departamento del Meta,

El análisis de la información generada a partir del uso de sistemas de información geográfica y de los sensores remotos para la zona bajo estudio, permitió generar información estadística cuantitativa que contribuye a mejorar el nivel de detalle para tomar decisiones acerca de la de planificación y ordenamiento agrícola del territorio en los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán,

De acuerdo a los resultados de la investigación con la clasificación utilizada fue posible delimitar áreas de 31 tipos de coberturas, adoptando parte de la codificación de la metodología CORINE Land Cover, lo que permite concluir que el municipio de Puerto López presenta un mayor uso de territorios agrícolas (18,1%), respecto al municipio de Puerto Gaitán (11,1%), presentando similar comportamiento en los demás tipos de coberturas, afirmando que la clasificación orientada a objetos, puede ser una alternativa eficiente y precisa a implementar para clasificar imágenes de sensores, cuando se requiere delimitar una cobertura específica.

Se evidenció, a partir del análisis de las imágenes ALOS, que en el estudio de suelos elaborado por IGAC a escala 1:100.000 para el departamento del Meta, el área considerada apta para ser intervenida en actividades agropecuarias en la Altillanura plana involucra coberturas y áreas consideradas estratégicas para conservación y manejo especial. En el ajuste de áreas, por ejemplo, la unidad AVCa con un potencial de 101.003 hectáreas pasaría a 92.813 hectáreas y la unidad AVDa con 328.351,2 a 294.449 hectáreas, luego de sustraer las superficies ocupadas por los Bosques de galería y riparios, Bosques denso alto inundables y los Herbazales densos inundables. Esta situación está determinada por la escala del estudio de suelos utilizada como fuente, lo que confirma la necesidad

de emprender proyectos para detallar los estudios de suelos a escalas mayores que respondan a las nuevas necesidades de información para la planificación de este territorio sujeto a la intensificación de actividades agrícolas, agroindustriales y mineras.

El uso actual de la tierra, es parte esencial en la caracterización del territorio y se configura como un insumo que a este nivel de detalle, adquiere una importancia para el monitoreo del grado de intervención agrícola del territorio y el análisis de impacto económico y ambiental para la región.

El monitoreo de las coberturas y/o usos de la tierra, es información dinámica, que requiere ser actualizada con una periodicidad estimada para la zona de cada cinco años, con una metodología similar, de tal manera que pueda estimarse la tasa de cambio como indicador de intervención y ser incorporada a modelos de desarrollo y políticas de planificación.



## BIBLIOGRAFÍA

- Almeida-Filho, R.; Shimabukuro, Y. E. 2002. Digital processing of a Landsat -TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. *Remote sensing of environment*. v.79, p.42-50
- Castilla, G. 2003. Object-oriented analysis of remote sensing images for land cover mapping: conceptual foundations and a segmentation method to derive a baseline partition for classification. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España. 228p.
- Etter, A.; McAlpine, C.; Wilson, K.; Phinn, S.; Possingham, H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia, *Agriculture, Ecosystems and Environment*. v.114, n.2-4, p. 114-369
- Ezquerro A. C.; Cuesta, E. M.; López, J. U. M. 1998. Proyecto LACOST. Cambios en la cobertura del suelo en las costas europeas. Observatorio medioambiental, Universidad Complutense, Madrid. v.1, p.201-219
- Guntli, D. 2006. Classification of land cover and land use - an object-oriented approach in Western Tajikistan. Tesis, University of Zurich, Suiza. p.157. IDEAM, 2010
- IDEAM. 2010. Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, D. C., 252p., 2 anexos, 26 planchas en DVD,
- IDEAM. 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE LandCover adaptada para Colombia escala 1:100,000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IGAC. 1997. En: [http://190,254,22,44/mapas\\_de\\_colombia/IGAC/Regnatu5.pdf](http://190,254,22,44/mapas_de_colombia/IGAC/Regnatu5.pdf)
- IGAC – Corpoica. 2002. Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia. Subdirección de Agrología, IGAC, Subdirección de Investigación en Sistemas de Producción, CORPOICA, Bogotá, D. C. v.4, p.1-99
- IGAC. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Meta.
- IGAC. 2005. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en el levantamiento de cobertura y uso de la tierra.
- Lewinski, S. & Zaremski, K. 2004. Examples of object-oriented classification performed on high-resolution satellite images. *Miscellanea Geographica*. v.11, p.349-359.
- Marcial, R. 2001. Implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en los servicios ambientales hidrológicos de la comunidad de Capulalpam de Méndez,

- Melo, W. H.; Camacho, C. M. 2005. Adaptación de la metodología CORINE LandCover para Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, p.22-36
- Osawa, Y. 2004. "Optical and Microwave Sensors on Japanese Mapping Satellites - ALOS," In:Proceedings of ISPRS 2004, Istanbul, Turkey, July 12-23.
- Perea, A. J.; Merono, J. E.; Aguilera, M. J. 2009. Clasificación orientada a objetos en fotografías aéreas digitales para la discriminación de usos del suelo. INCI, v.34, n.9, p.612-616
- Rodríguez, V. A. F. 2011. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta, Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. 94p.
- Santana, L. M. y Salas, J. 2007. Análisis de cambios en la ocupación del suelo ocurridos en sabanas de Colombia entre 1987 y 2001, usando imágenes Landsat, GeoFocus (Artículos), n.7, p.281-313, ISSN: 1578-5157.
- Santos, J.C. 2007. Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil, p.1-102
- Shattri, M.; Wong, T. H.; Loh, K. F. 2008. Object oriented digital image classification. International Journal for Geo-Informatics, v.4, n.3, p.676
- Tansey, K.; Chambers, I.; Anstee, A.; Denniss, A.; Lamb, A. 2009. Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas. Applied Geography. v. 29, n.2, p.145-157
- Walter, V. 2004. Object-based classification of remote sensing data for change detection. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. V.58, n.3-4, p.225-238
- Weng, Q. 2009. Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications. McGraw-Hill. p.8-15.
- Yang, C. C.; Prasher, S. O.; Enright, P.; Madramootoo, C.; Burgess, M.; Goel, K.P.; Callum, I. 2003. Application of decision tree technology for image classification using remote sensing data. Agricultural Sytems. v.76, n.3, p.1101-1117.

## IN MEMORIAM

"....Confiad en los sueños, porque en ellos el camino a la eternidad está escondido..."

Profeta KHALIL GIBRÁN

Los autores queremos reconocer la motivación y el apoyo que **Jaime José Triana Restrepo**, (1948 – 2012; q.e.p.d.), director de Corpoica La Libertad, nos brindó para lograr llevar a cabo el trabajo que se plasma hoy en esta publicación, que es tan solo un grano de arena a su gran sueño de ver esta región a la vanguardia del desarrollo nacional.

Producción editorial:  
Diagramación, impresión y encuadernación



[www.produmédios.org](http://www.produmédios.org)  
Tel: 893 7710