

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Estimación para evaluar el secuestro de carbono en la Altilanura plana
del Departamento del Meta con la herramienta REDD Abacus SP y SIG**

Silvia Elena Castaño López

Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, febrero de 2014

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Estimación para evaluar el secuestro de carbono en la Altilanura plana del Departamento del Meta con la herramienta REDD Abacus SP y SIG

Silvia Elena Castaño López

Richard Resl, Ph.D.
Director de Tesis

Anton Eitzinger, Ms.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.
Director de la Maestría en Sistemas de Información Geográfica

Stella de la Torre, Ph.D.
Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, febrero de 2014

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Silvia Elena Castaño López

Pasaporte.: 40985154

Quito, febrero de 2014

DEDICATORIA

A Dios

Por todo lo que la vida me ha brindado y por ubicarme en un lugar donde siempre he encontrado personas maravillosas en mi familia, amigos y compañeros en CIAT

A mi hija Silvia Eugenia

Por su gran corazón lleno de amor, paciencia y comprensión

A mis padres, hermanos y sus familias

Por todas sus enseñanzas y buenas acciones por el respeto a los demás, que han sido ejemplo de vida para mi vida

A mi abuela Sara

Una mujer única por su inteligencia y temple. Siempre tienen palabras sabias con amor

A mis amigos

Por su interés y apoyo moral durante este ciclo de mi vida

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud y aprecio al Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT- por la oportunidad de estar en esta institución donde he adquirido mi crecimiento en el aspecto personal y en lo profesional. También donde he conseguido amigos y compañeros:

En especial y no tengo palabras para agradecerle al Dr. Glenn Hyman, por brindarme la posibilidad de realizar mi tesis en el proyecto. Su apoyo incondicional con su conocimiento y sus palabras ha sido fundamental en este proceso. Al grupo de suelos en especial a la Dra Aracely Castro y Dr. Patrick Lavelle por la información de carbono, como también al grupo de Economistas CORPOICA-CIAT en especial a la Dra Carolina González por la información socio-económica compartida.

La contribución de los productores, administradores y sus familias en el trabajo de campo con el acompañamiento del Sr Carlos Nagles (GPS) y grupo de apoyo experto para la muestras de suelos durante la captura de información fue muy valioso.

Gracias a UNIGIS, al grupo administrativo y docente por su orientación y colaboración durante la Maestría y en especial al Dr. Anton Eitzinger como director de tesis.

RESUMEN

Este trabajo hace parte del proyecto de desarrollo agrícola en la región de la Altillanura plana de la Orinoquía Colombiana tras el convenio técnico-científico entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la Corporación de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). La región seleccionada cuenta con un área aproximada de 970.000 hectáreas correspondiente a la zona de la Altillanura plana localizada en los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán en el Departamento del Meta, Colombia.

Con base en el potencial de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la herramienta REDD Abacus SP con los distintos tipos de información sobre uso del suelo, datos de captura de carbono y datos económicos de la región, se pretende evaluar la factibilidad de hacer cambios en el uso del suelo para el aumento de las reservas de carbono. Todo lo anterior relacionado con los costos de oportunidad o posibles beneficios económicos que se pueden hacer como parte de un programa de reducción de emisiones y así asegurar que se mantenga el carbono almacenado en la región de estudio.

La metodología del proyecto busca realizar simulaciones de los cambios en emisiones y secuestro de carbono con base en datos de cambios de uso de la tierra en cinco (5) períodos con intervalos de ocho (8) años. La metodología para calcular el balance de carbono en el paisaje se conoce con el nombre “reserva diferencia” (en inglés *stock-difference method*).

El resultado a través de las simulaciones muestra lo que puede pasar en los próximos 40 años con los cambios de uso de la tierra y su relación con las emisiones y secuestro de carbono. El sistema propuesto puede ser de utilidad tanto para la región como para el país en el momento de elaborar un plan de trabajo con el cambio de uso de la tierra.

Palabras claves: uso del suelo, reserva de carbono, SIG, REDD Abacus SP.

ABSTRACT

This work is part of the agricultural development project in the *Altiplanura plana* in the Colombian Orinoco carried out as a technical and scientific agreement between the Ministry of Agriculture and Rural Development (MADR), the Agricultural Research Corporation (CORPOICA) and the International Centre Tropical Agriculture (CIAT). The selected study area has a size of 970,000 hectares and is located in the municipalities of Puerto Lopez and Puerto Gaitan in Meta Department, Colombia.

Using Geographic Information Systems (GIS), the REDD Abacus SP software tool, land use data, carbon capture data and economic data from the region, the research evaluated the feasibility of land use change to increase carbon stocks. Received outputs are then analyzed for opportunity costs and potential economic benefits that can be achieved through a program of carbon dioxide emission reduction, thus ensuring that the carbon stored in the study region is maintained or increased.

The project methodology simulates changes in emissions and carbon capture, based on changes in land use during five (5) periods with intervals of eight (8) years. The methodology for calculating the carbon balance in the landscape is known as the stock-difference method.

The result through simulations shows what could happen in the next 40 years with changes in the land use and their relation to emissions and carbon capture. The proposed system can be useful for both the region and the country when developing a work plan to understand land use changes.

Keywords : land use, carbon stocks, opportunity cost, GIS, REDD Abacus SP.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	11
LISTA DE FIGURAS	14
1.1. ANTECEDENTES	16
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	18
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.4. ALCANCE.....	19
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. SIG.....	22
2.1.1. <i>ArcGis</i>	24
2.1.2. <i>ArcGIS Online</i>	24
2.1.3. <i>Metadatos o documentación de los datos</i>	25
2.2. CAPTURA DE DATOS	26
2.2.1. <i>Datos geográficos</i>	26
2.3. CARBONO ALMACENADO.....	27
.....	28
2.4. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO	28
2.5. COBERTURA VEGETAL Y/O USOS DE LA TIERRA	29
2.6. REDD ABACUS SP	30
3. METODOLOGÍA	32
3.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	32
3.1.1. <i>Localización geográfica</i>	32
3.1.2. <i>Características generales del área de estudio</i>	33
3.2. FLUJOGRAMA	34
3.3. PROCESO METODOLÓGICO	35
3.3.1. <i>Reunir y organizar la información</i>	35
3.3.1.1. <i>Preparación de los datos de campo (acumulación de carbono)</i>	35
3.3.1.2. <i>Datos Uso de la tierra</i>	42
3.3.1.3. <i>Datos socioeconómicos</i>	50
3.3.2.1. <i>Inventario de datos</i>	51
3.3.2.2. <i>Uso de ArcGIS</i>	52
3.3.2.3. <i>Documentación de los datos (Metadatos)</i>	53
3.3.2.4. <i>Estructura de directorios</i>	54
3.3.2.5. <i>Georreferenciación del material fotográfico</i>	55
3.3.2.6. <i>ArcGIS Online para la visualización de la información</i>	58
3.3.3.1. <i>Ingreso de los datos (INPUT)</i>	58
3.3.3.1.1. <i>Analizar el uso de suelo cambios en las existencias de carbono</i>	58
3.3.3.1.2. <i>Cambios en las existencias de carbono</i>	59
3.3.3.1.3. <i>Valor Presente Neto</i>	60
.....	61
4. RESULTADOS.....	62

4.1. RESULTADOS	62
5. CONCLUSIONES	69
6. REFERENCIAS	70
7. GLOSARIO	73
8. ANEXOS	80
ANEXO 1 - PLANTILLA DE METADATOS.....	81

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ALOS	Advance Land Observing Satellite
BA	Biomasa aérea
C	Carbono
CCS	Carbon Capture and Storage
CO₂	Dióxido de carbono
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CORPOICA	Corporación de Investigación Agropecuaria
et al.	Significa y colaboradores, y otros; del latín <i>et al</i>
ESRI	Enviromental Systems Research Institute
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ha	Hectárea
ICRAF	World Agroforestry Centre
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MO	Materia orgánica
MOS	Materia orgánica del suelo
REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

t	Tonelada
VPN	Valor Presente Neto
WGS84	World Geodetic System 1984

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 -FUNCIONES DEL SIG EN EL PROYECTO	23
TABLA 2 - DEFINICIONES SOBRE SIG	23
TABLA 3 - EJEMPLO DEL DETALLE DE LAS MUESTRAS DE SUELO COLECTADAS PARA EL ANÁLISIS DE LABORATORIO	40
TABLA 4 - VALORES PROMEDIO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN TRES SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA. LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA, NOVIEMBRE DE 2011	41
TABLA 5 - ESTADO DE LA INFORMACIÓN DE LAS FINCAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO ...	42
TABLA 6 - DISTRIBUCIÓN DE USO DE LA TIERRA EN ÁREA DE INVESTIGACIÓN. FUENTE: CORPOICA	45
TABLA 7 - SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	49
TABLA 8 - ACTIVIDADES REALIZADAS CON LOS DATOS GEOESPACIALES	52
TABLA 9 - SISTEMA DE COORDENADAS MAGNA -SIRGAS	53
TABLA 10 - DATOS SECUESTRO DE C	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA ÁEREA EN BOSQUES TROPICALES. FUENTE: SAATCHI ET AL, 2011.....	28
FIGURA 2 - PROGRAMA REDD ABACUS SP	30
FIGURA 3 - LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
FIGURA 4 - DIAGRAMA DE FLUJO	34
FIGURA 5 - LOCALIZACIÓN DE LAS FINCAS GRUPO1	37
FIGURA 6 - LOCALIZACIÓN DE LAS FINCAS GRUPO2.....	38
FIGURA 7 - SECUENCIA DE MUESTREO PARA DETERMINACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO DE TRES USOS DE LA TIERRA	39
FIGURA 8 - EQUIPO DE APOYO (MUESTRA DE SUELO Y GEORREFERENCIACIÓN GPS)	40
FIGURA 9 - LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOBRE HISTORIA DE LOS LOTES	43
FIGURA 10 - RESULTADO DE LA INTERPRETACIÓN DE COBERTURA Y/O USOS DE LA TIERRA	44
FIGURA 11 - RECLASIFICACIÓN USO DEL USO DE LA TIERRA.....	48
FIGURA 12 - DATOS ECONÓMICOS VPN. FUENTE: GRUPO DE ECONOMÍA CONVENIO.....	51
FIGURA 13 - EJEMPLO DE UNA PLANTILLA DE METADATO	54
FIGURA 14 - ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE DIRECTORIOS.....	55

FIGURA 15 - GEORREFERENCIACIÓN DEL MATERIAL FOTOGRÁFICO	57
FIGURA 16 - AREA TOTAL POR SISTEMA DE CULTIVOS.....	59
FIGURA 17 - MATRIZ DE TRANSICIÓN	59
FIGURA 18 - VALOR PROMEDIO DE C ALMACENADO PARA CADA SISTEMA DE CULTIVO	60
FIGURA 19 - VPN PARA CADA SISTEMA DE LA TIERRA (\$/HA)	61
FIGURA 20 - DIVULGACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CON ARCGIS ONLINE	64
FIGURA 21 - MÚLTIPLES MAPAS DE SALIDA	65
FIGURA 22 - ESCENARIO DE SIMULACIÓN.....	66
FIGURA 23 - TABLAS DE ESCENARIOS DE SIMULACIÓN	67
FIGURA 24 - ANÁLISIS DE COSTO DE OPORTUNIDAD	68

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La misión del CIAT¹ es la investigación para contribuir a la seguridad alimentaria en los trópicos mediante una investigación colaborativa relacionada con la productividad agrícola y manejo de los recursos naturales. Como reto, encontrar la manera de incrementar la producción de una manera que la agricultura se pueda adaptar al cambio climático y al mismo tiempo disminuir las emisiones de gases causantes del efecto invernadero -GEI- proveniente de la agricultura .

20 años de investigación con un largo historial de trabajo científico por parte del CIAT en la zona de los Llanos Orientales específicamente en la estación experimental de Carimagua² hoy parte de la zona identificada como la despensa agrícola o nueva frontera agrícola del país reitera el regreso del CIAT a la zona de la Altillanura plana del Meta. Científicos como el Dr. Fisher en sus estudios relacionados con el secuestro de carbono (Fisher et al., 1994) ha visto la importancia de la fijación de carbono por pastos tropicales introducidos en las sabanas, es así como surge la pregunta: la intensificación de las pasturas podría ser una estrategia para capturar carbono en esta región?.

Estudios demuestran como la región ha experimentado cambios en el uso de la tierra mostrados desde 1987 (sabanas naturales a agricultura comercial) y como estos cambios asociados a las actividades agrícolas afectan las reservas y emisiones de carbono. Otros estudios demuestran la relación que existe entre uso de la tierra y su afectación en el

¹ CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical

² Estación experimental de Carimagua en el Meta

almacenamiento de C (Carvajal et al., 2009). Todos estos conocimientos hacen parte los beneficios potenciales de la captura del C para un mejor manejo de la tierra combinado con diversos tipos de información para apoyar la toma de decisión.

Con la historia de los usos del suelo en la región basada en la encuesta económica del grupo CORPOICA –CIAT, los sistemas productivos se pueden identificar en cultivos permanentes (caucho), cultivos temporales (maíz, soya, piña, plátano y arroz) en sabanas nativas, pastos establecidos (pastos mejorados) y bosques naturales.

La importancia de la información del uso de la tierra es un elemento clave para el proyecto, y esto depende de la disponibilidad de datos geográficos. Para el caso los datos fuentes fueron tomados del estudio de la cobertura vegetal y usos del suelo de la Altillanura plana de los municipios del Puerto López y Puerto Gaitán, Meta a escala 1:25.000 realizado por CORPOICA. (Rodríguez et al., 2012).

Este es un estudio piloto como una primera propuesta en la región en el uso de herramientas para evaluar la factibilidad de hacer cambios en los diferentes sistemas de producción para el aumento de las reservas de carbono. Es una propuesta para desarrollar una plataforma a nivel de fincas, lo que ha demostrado la necesidad de tener datos sobre la captura de carbono y sobre los cambios históricos en el uso de la tierra implicando la continuidad de las actividades para el fortalecimiento de los productos a esta escala.

Por otra parte, cada vez los responsables en toma de decisiones están conscientes de la importancia de recopilar y compartir la información con los diversos grupos interdisciplinarios que trabajan en la región. El acceso, manejo y divulgación de la información hace que el uso de los recursos de Sistemas de Información Geográfica (SIG) implique una mayor eficiencia en su uso. Es así como los mapas permiten identificar y

traslapar información importante sobre carbono, uso de la tierra y otros temas relevantes para la región.

Por lo anterior, este estudio busca generar información con el fin de contribuir a una mejor planificación sostenible en lo ambiental y social de la región. Los posibles usuarios del proyecto se pueden identificar entre: a) Responsables de tomar decisiones y planificar a nivel local los resultados del estudio. b) Profesionales y expertos en las diferentes áreas aplicando sus conocimientos (sueleros, geógrafos, economistas, expertos en SIG y teledetección entre otros). c) Funcionarios públicos responsables de realizar políticas. d) Productores agrícolas y ganaderos (agroempresarios). e) campesinos.

El proyecto se ubica en la región de la Altillanura plana en los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán del departamento del Meta, identificada como una de las zonas más ricas y estratégicas para el desarrollo agrícola de Colombia conocido hoy como “*la frontera agrícola del país*”.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estimar el valor del secuestro de carbono en la Altillanura plana del Departamento del Meta con SIG y la herramienta REDD Abacus SP.

1.2.2. Objetivos Específico

1. Utilizar la herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG) durante el diseño de la toma de muestras de captura de carbono como el uso de GPS y uso de Google Earth para la identificación de los sitios de muestreos de carbono.

2. Permitir obtener estimaciones de secuestro de carbono para los sistemas de pastos mejorados, pastos mejorados degradados y sabana nativa con escenarios futuros.
3. Utilizar la información capturada a nivel de finca sobre los cambios históricos del uso de la tierra para hacer una caracterización en la zona de estudio.
4. Motivar al intercambio de experiencias para la evaluación de la herramienta REDD Abacus SP con los distintos tipos de información sobre uso del suelo, datos de captura de carbono y datos económicos de la región.

1.3. Justificación

Si bien a nivel mundial existe mucho interés en el tema de mitigación de cambio climático, este estudio trata de comprender como el uso de la tierra es un componente importante en la solución para reducir las emisiones de gases de invernadero causados por cambios en el uso de la tierra. Este estudio es primordial en la Altillanura plana del Meta como modelo simulación basado en los datos existentes sobre captura de carbono en algunos usos de la tierra a nivel general y otros capturados en campo para el proyecto del convenio MADR¹-CORPOICA-CIAT. Consecuente a esto hay una urgente necesidad de mejorar los datos de tanto de uso de la tierra como de reservas de carbono como exigencias para mejorar los resultados de la simulación del programa REDD Abacus SP.

1.4. Alcance

Para esta zona no se conocen estudios similares pero se destaca este como una primer prueba de la metodología sujeta al nivel de detalle y actualización de la información requerida. Este estudio evalúa la factibilidad de hacer cambios en el uso de la tierra con

¹ Ministerios del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible –Colombia

doble propósito uno de aumentar las reservas de C y otro de mejorar las condiciones de vida de la población en la Altillanura Plana del Meta.

Cuatro son los componentes requeridos para el proyecto con el fin de proporcionar información para la toma de decisiones:

1. Los SIG como conjunto de herramientas para la captura y análisis de datos espaciales, permite la recolección de la información en campo con (GPS) ¹ para:
 - a) selección de los sitios de ensayo para delimitar las parcelas que harán parte del diseño para la toma de muestra de la captura de carbono.
 - b) límites de finca.
 - c) uso y manejo de la tierra.

El uso de Google Earth² para la identificación de los sitios de muestreos en las parcelas de cada finca. El uso de ArcMap³ para la reclasificación de la cobertura del suelo y proyección de la información. ArcGis Online⁴ como plataforma para compartir la información geoespacial y por último el tema de los Metadatos⁵

2. El carbono es una parte importante de la biomasa y materia orgánica del suelo que ayuda a retener y mitigar el cambio climático. Para el proyecto se determinó las

¹ Sigla en Inglés, Sistema de Posicionamiento Global

² Aplicación gratuita para la visualización cartográfica con base en fotografías satelitales

³ Aplicación de ESRI para la visualización y manipulación de datos geoespaciales

⁴ De ESRI, herramienta para crear mapas web interactivos

⁵ Descripción estructurada de los datos

3. muestras de acumulación de carbono en el suelo por el grupo de Suelos del CIAT bajo tres sistemas de uso de la tierra (pasto mejorado, pasto mejorado degradado y sabana nativa). Otras fuentes fueron utilizadas en el estudio
4. La información inicial parte del interés de obtener los datos de cambios históricos en el uso del suelo a nivel de finca, pero debido a su dificultad de obtener esta información a esta escala, el cambio en el uso del suelo se trabaja a nivel de la región de la Altillanura plana del Meta. Los datos fuentes a este nivel son obtenidos por los investigadores del el Centro de Investigación CORPOICA, sede “La Libertad” a través de las imágenes satelitales ALOS¹² para el 2010-2011 conseguidas para el el proyecto del convenio MADR³-CORPOICA-CIAT (2011-2012).
5. Redd Abacus SP⁴, como herramienta para simular las emisiones de carbono de los usos del suelo y sus escenarios de cambios futuros para cinco períodos de ocho años en los Llanos Orientales de Colombia con la posibilidad de incluir información económica que muestra los costos de oportunidad.

¹ Imágenes de satélite de la agencia espacial Japonesa

² Advance land Observing Satellite

³ Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural –Colombia

⁴ Programa de dominio público desarrollado por World Agroforestry Centre (ICRAF)

2. MARCO TEÓRICO

Para desarrollar este capítulo se requiere conocer algunos conceptos generales básicos relacionados con el tema de SIG, captura de carbono, uso del suelo y la herramienta REDD Abacus SP.

2.1. SIG

Cada vez los usuarios están en la tarea de intercambiar información con los diferentes autores que trabajan en la región. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como conjunto de herramientas y procedimientos permiten la manipulación y análisis de datos espaciales con el fin de dar soluciones a un problema, entender una situación o simplemente apoyar la toma de decisión. Hoy por hoy el acceso a los datos, mapas web se hace mas común, siendo una herramienta que permite a la comunidad buscar y compartir información por medio de una conexión web sin tener instalado el programa ArcGIS.

En este proyecto se han generalizado las funciones del SIG en tres (3) categorías relacionadas con: a) el ingreso de la información como los sitios de muestreo de C, localización de fincas y todos los elementos geográficos inventariados (Tabla 1x). b) procesamiento y manipulación de la información, para la reclasificación de los cambios del uso de la tierra como también para extraer información cuantificada de la zonas con datos de C. c) la generación de los resultados de los análisis. Los elementos utilizados durante el estudio se pueden identifica en la *tabla 1*.

Tabla 1 -Funciones del SIG en el proyecto

Captura de la información	GPS
Procesamiento y análisis de los datos	Arcmap
Resultado	ArcGis Online

Se han dado diversas definiciones de Sistema de Información Geográfica, las siguientes que constituyen ejemplos claros de los modos habituales de concebir un SIG:

Tabla 2 - Definiciones sobre SIG

Año	Definición	Autor
1967	“Aplicación informática cuyo objetivo era desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada”	ROGER TOMLINSON
1988	“Conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos”	PETER BURROUGH
1993	“Modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas”	RODRÍGUEZ PASCUA
2004	“Un sistema de información geográfica, es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación”	DIAZ

2012 “Sistema para la gestión , análisis y visualización de ESRI conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información como: mapas interactivos, datos geográficos, modelos de geoprocésamiento, modelos de datos y metadatos”

Como se observa, estas definiciones no sólo son consecutivas en el tiempo, sino que además cada una muestra un mayor nivel de complejidad sobre la anterior. La primera hace referencia únicamente a la información digitalizada; la segunda a las herramientas (software) de tratamiento de estos datos, la tercera y cuarta un poco más compleja incluyendo el término modelo y topología. Casi 10 años después el concepto abarca otros componentes para la automatización en la búsqueda y acceso a la información geográfica compartida. Finalmente la gran demanda de información geográfica y el uso de los SIG, gana valor si esta sujeta a un constante proceso de actualización.

2.1.1. ArcGis

ArcGis incluye tres aplicaciones integradas (Arcmap, ArcCatalog y ArcToolBox) que permiten realizar cualquier tarea SIG desde el manejo de datos, análisis espacial, corrección de datos, geoprocésamiento y mapeo con el fin de resolver las necesidades de cualquier tipo de usuario SIG.

2.1.2. ArcGIS Online

En SIG, el objetivo principal del sitio web es la divulgación de información geográfica, permitiendo el mejoramiento de la productividad y eficiencia con respecto al uso de la información geográfica. Se requiere un sistema ‘amigable’ para la divulgación y

visualización de las capas información geográfica en la web. Los SIG suelen tener herramientas para la producción de salidas de este tipo, en este caso particular ArcGIS Online¹. “ArcGIS Online es una plataforma basada en la nube que le permite crear un mapa de forma rápida y fácil, además contribuir y compartir su trabajo con otros” (ESRI, 2013). Los usuarios pueden acceder y trabajar desde internet todo tipo de datos como capas de información en formato shapefile (líneas, puntos, polígonos entre otros) comprimidos en archivos *.zip, mapas, imágenes, aplicaciones entre otros. El beneficio principal de este sistema se logra en el momento que una organización adopta ArcGIS Online permitiendo el uso de la información geográfica dentro y fuera de la organización para usuarios con o sin experiencia en SIG.

2.1.3. Metadatos o documentación de los datos

El valor agregado que un usuario u organización pueda dar a un dato geoespacial se encuentra en el Metado o también conocido como metainformación, como la forma estándar que permite la continuidad, protección y transferencia del uso de sus datos. La Federal Geographic Data Comitee (FGDC, 2000) publicó un documento para la administración de la geoinformación conocido por su título “Content standard for digital geospatial metadata” que originó la Norma Internacional ISO 19115: 2003 “Geographic Information –Metadata”.

Información acerca de la información, es el concepto mas corto y descriptivo que se comparte en el medio SIG. Los metadatos es la información y descripción para entender

¹ <http://www.prosis.com/videos/videos.php?opcion=1>

bien los datos geoespaciales lo que permite compartir y utilizar bien la información por cualquier tipo de usuario . En todos los sistemas de SIG el concepto y uso de metadatos está implícito en el dato geoespacial. El conocimiento sobre como, cuando se obtuvieron, la definición de objetos y atributos, calidad de los datos, explicación acerca de los valores que faltan, precisión con que se ha medido hacen parte de los estándares de metadatos.

Para la documentación de los datos geoespaciales el mejor momento es cuando se está iniciando con la información de esta forma no se corre el riesgo en precisión y costo en tiempos adicionales levantando la historia de la información . En este caso por el volumen de datos geoespaciales y para minimizar el trabajo de la documentación, se creó una plantilla de metadatos que contiene una información común para todos los datos como información general de contactos, distribución , permisos de acceso, entre otros. Otros datos son actualizados automáticamente a través de ArcGIS.

2.2. Captura de Datos

2.2.1. Datos geográficos

Los datos geográficos constituyen el componente principal del SIG; sin ellos no tiene sentido los demás componentes como el *software*, el *hardware* y el *personal* . El dato es un elemento descriptivo de cualquier lugar de la superficie terrestre, definida por dos ejes de coordenadas, el meridiano y el paralelo, los cuales se cortan entre si (latitud/longitud).

Actualmente los datos son mas accesibles , la posición del usuario en general viene cambiando como p.e. “la internet y la Red mundial se han convertido en “herramientas

para la búsqueda y adquisición de datos digitales” (Tomlinson, 2008, p86). Existe una gran comunidad SIG con información geográfica fácil de acceder, el tema es saber buscar las fuentes confiables y de calidad.

2.3. Carbono almacenado

Para Colombia y en especial para la zona de estudio la información de C es poca o no está disponible al público. Para este proyecto fuentes propias como entrevistas, encuestas y trabajo de campo fueron necesarias en cada sitio de muestreo de C en colaboración con los expertos en suelos, especialistas en carbono y en SIG para trabajar en forma conjunta en medir, calcular y analizar los datos.

La comunidad científica que trabaja en la reducción de emisiones de gases del efecto invernadero (GEI) y el incremento del secuestro de carbono (C) ha reconocido desde hace dos décadas el potencial para este último en las sabanas y pastos tropicales, es así como en la década de 1990 cuando los científicos del CIAT efectuaban investigaciones en la estación experimental de Carimagua sugirieron que la acumulación de carbono (C) en suelos manejados con pastos mejorados podría ser sustancial (Fisher et al., 1994). Sin embargo, los estudios sobre el potencial de los pastos mejorados como medida para secuestrar C en el suelo continúan siendo un tema de interés internacional .

El secuestro o almacenamiento de C en el suelo (CCS, acrónimo de Carbon Capture and Storage) es el proceso donde el C es tomado del dióxido de carbono¹ (CO₂) del aire y transformado en materia orgánica (MO) sólida localizada en el suelo. Cada vez se

¹ El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico

encuentran mas información (mapas) de la cantidad de C contenida en la vegetación (Figura 1) a gran escala utilizando la teledetección y medidas de campo para entender los cambios en las reservas de C. Se espera que muy pronto se pueda disponer de esta información a nivel de la región como una ventaja tanto para el productor (aprovechamiento de tierras) como para el medio ambiente.

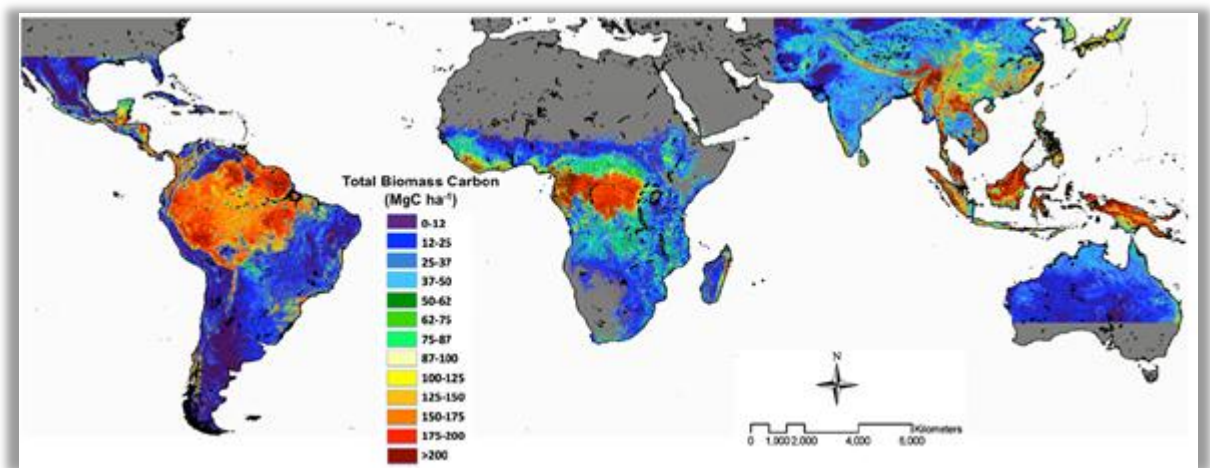


Figura 1 - Distribución de la Biomasa aérea en Bosques Tropicales. Fuente: Saatchi et al, 2011

2.4. Materia Orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo (MOS) es fundamental para mantener la productividad agrícola en las regiones tropicales, especialmente en ecosistemas de sabana (Basamba et al, 2013). Al mismo tiempo que las plantas crecen y mueren, el C de la planta entra al suelo, donde puede ser almacenado o secuestrado en la materia orgánica del suelo (MOS) a medida que se descompone, tanto en la superficie del suelo como a mayores profundidades. Es una unidad de masa seca del suelo, se expresa en % de peso

2.5. Cobertura vegetal y/o usos de la tierra

El término se aplica a los tipos de ocupación o utilización que de una cobertura hace el hombre, de forma temporal o permanente. (ETTER, 1991). La clasificación de actividades humanas, ocupación y asentamientos en la superficie del terreno; por ej. cultivos anuales, cultivos arbóreos, plantaciones, área urbana, zona de conservación, etc. (White, et al, 2011 p.).

Las sabanas tropicales del mundo ocupan cerca del 43% de la tierra cultivable y de esta extensión el 27% está en América tropical. Las sabanas de América del Sur cubren, aproximadamente, 270 millones de hectáreas (Mha), distribuidos así: 207 Mha en Brasil, 28 Mha en Venezuela, 17 Mha en Colombia, 14 Mha en Bolivia y 4 Mha en Guyana (Guimarães et al, 2004). Esta zona de sabanas marca una de las últimas fronteras de Colombia para expandir la agricultura mediante sistemas que integren la explotación del ganado y de los cultivos. El uso del suelo están entre los principales responsables del calentamiento global y el efecto invernadero.

“La zona de la Altillanura plana del Meta es un
una alternativa viable que permite mejorar la calidad de los suelos es la implementación de sistemas silvopastoriles, los cuales se basan en asociaciones de pastos de pastos, arbustos y árboles que contribuyen a la recuperación de las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, creando un microclima favorable para la explotación de gramíneas y leguminosas. (Lozano, 2006 p.2)”.

Para la Altillanura plana del Meta se reclasificó la cobertura y uso del suelo con la

metodología CORINE¹ adaptada en Colombia en el año 2006 para una escala 1:100.000. En esta zona los estudios sobre el uso de la tierra son escasos. Para la simulación los usos estudiados los sistemas fueron: Arroz, Bosques, Caucho, Palma de aceite, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Pasturas, Plantación forestal, Sabana nativa y Vegetación secundaria o en transición.

2.6. REDD Abacus SP



Figura 2 - Programa REDD Abacus SP

El software REDD Abacus SP como un software de dominio público desarrollado por el Centro Mundial de Agroforestería (ICRAF) está siendo usado por investigadores de CIAT y otros del consorcio internacional ASB² - Colaboración para las Márgenes de Bosques Tropicales en proyectos sobre la reducción de emisiones de GEI en Perú, Panamá y otros países tropicales. Todas las simulaciones se realizaron utilizando el software ABACUS (Harja et al, 2011) con base en un período de información del uso de

¹ Coordination of information of the Environment Land Cover

² Consorcio de mas de 50 organizaciones creada en 1994 (<http://www.asb.cgiar.org>)

la tierra (2010-2011) y datos de C obtenidos en campo.

REDD Abacus SP¹ es un programa de dominio publico desarrollado por World Agroforestry Centre (ICRAF, 2013) para:

- Estimar las emisiones producto del uso de la tierra y los cambios en su cobertura para dinámizar la heterogeneidad de los tipos de suelo, elevaciones, clima y otras características biofísicas de los paisajes.
- Analizar las ventajas y desventajas entre las emisiones y los beneficios financieros y gráficar en curvas de costo de abatimiento una proyección de las emisiones ex-ante y los beneficios financieros en un escenario usual de negocios para fijar el nivel referencial de emisiones “REL”, por sus siglas en inglés.
- Simular políticas específicas para las zonas y otros escenarios de reducción de emisiones dentro de estas y estimar el potencial de reducción de emisiones y los costos de oportunidad de los mismos.

REDD Abacus SP puede servir como herramienta principal para:

- Elaborar un plan de uso de la tierra en distritos o provincias, con estrategias que generen pocas emisiones a nivel regional.
- Evaluar la eficiencia del uso del carbono, en la gran escala de las empresas que trabajan con el suelo.
- Estimar el costo de abatimiento que conlleva las emisiones producto del cambio en el uso y la cobertura de la tierra a nivel regional

¹ <http://www.worldagroforestry.org/sea/abacus>

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

3.1.1. Localización geográfica

La zona de estudio fue delimitada por el grupo de investigadores de la Corporación de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) definiendo los límites de la Altillanura en un área aproximada de 970.000 ha (Rodríguez, A et al, 2012) entre los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán en el Departamento del Meta al oriente de Colombia. (Figura 3).

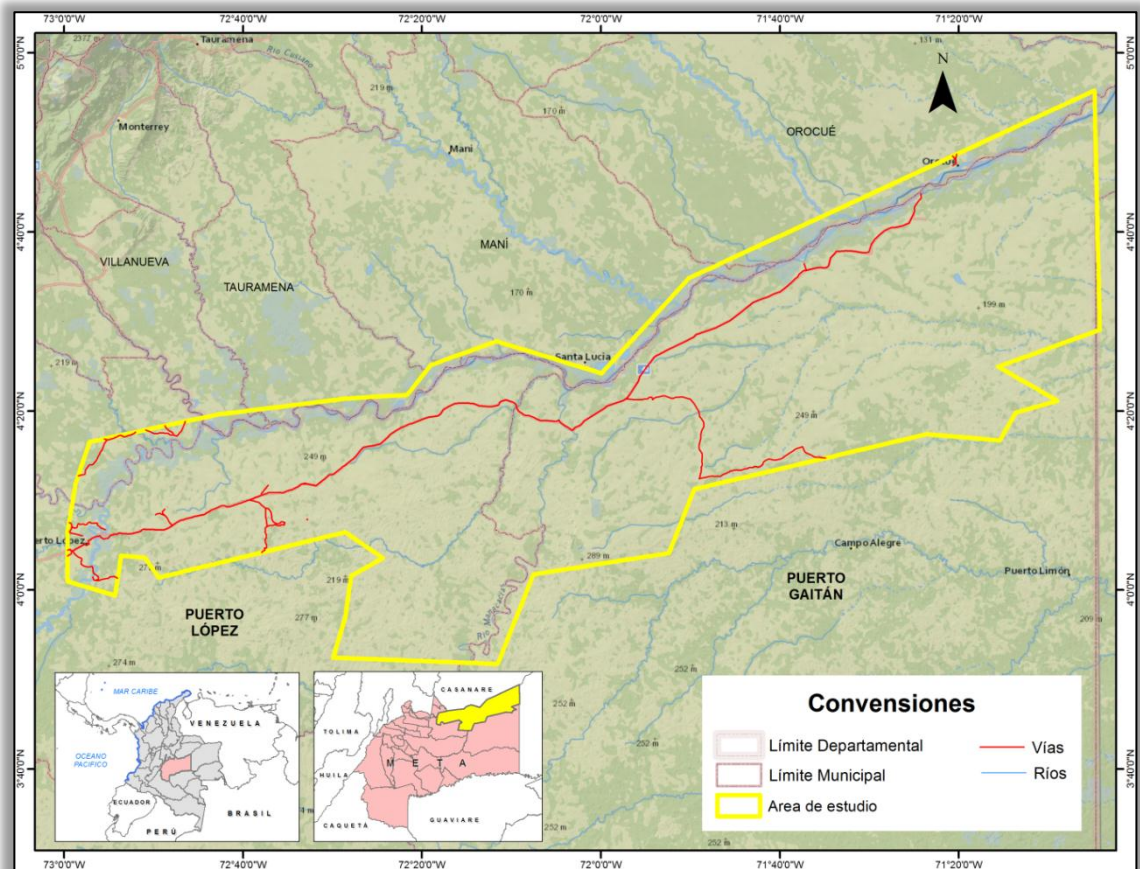


Figura 3 - Localización del área de estudio

3.1.2. Características generales del área de estudio

Suelos ácidos: químicamente son suelos de reacción extremadamente ácida, con bajo contenido nutricional (calcio, magnesio, potasio, fósforo y carbón orgánico), contenidos altos de aluminio y fertilidad baja.

Topografía: plana a ligeramente ondulada (<7%)

Clima: presenta períodos secos en los meses de diciembre a marzo y lluviosos de abril a noviembre, con precipitaciones que varían entre los 2000 a 2600 mm al año.

Hidrografía: riqueza hidrográfica por sus abundantes ríos, caños y lagunas

Economía: la ganadería sigue siendo una actividad importante, aunque actualmente el petróleo es el mayor generador de recursos principalmente para el municipio de Puerto Gaitán. El desarrollo agropecuario y agroindustrial viene en progreso con un alto impacto socio-económico apoyado por el gobierno nacional y sector privado también.

Agricultura: se destacan los cultivos de maíz, plátano, yuca, palma africana, sorgo, algodón y caucho albergando tres (3) tipos de propietarios: pequeños productores, los grandes hacendados y los grandes inversionistas.

Vías: el desarrollo de la vía principal entre los dos municipios ha permitido conectar los productores con los mercados. El desarrollo turístico y las exploraciones petroleras han forjado la necesidad de mejorar el estado de las vías. En este momento las vías secundarias están en proceso de expansión siendo otra ventaja para un futuro cercano de la región.

3.2. Flujograma

El flujograma o diagrama de flujo muestra las etapas secuenciales realizadas durante el proyecto para lograr los objetivos establecidos (Figura 4).

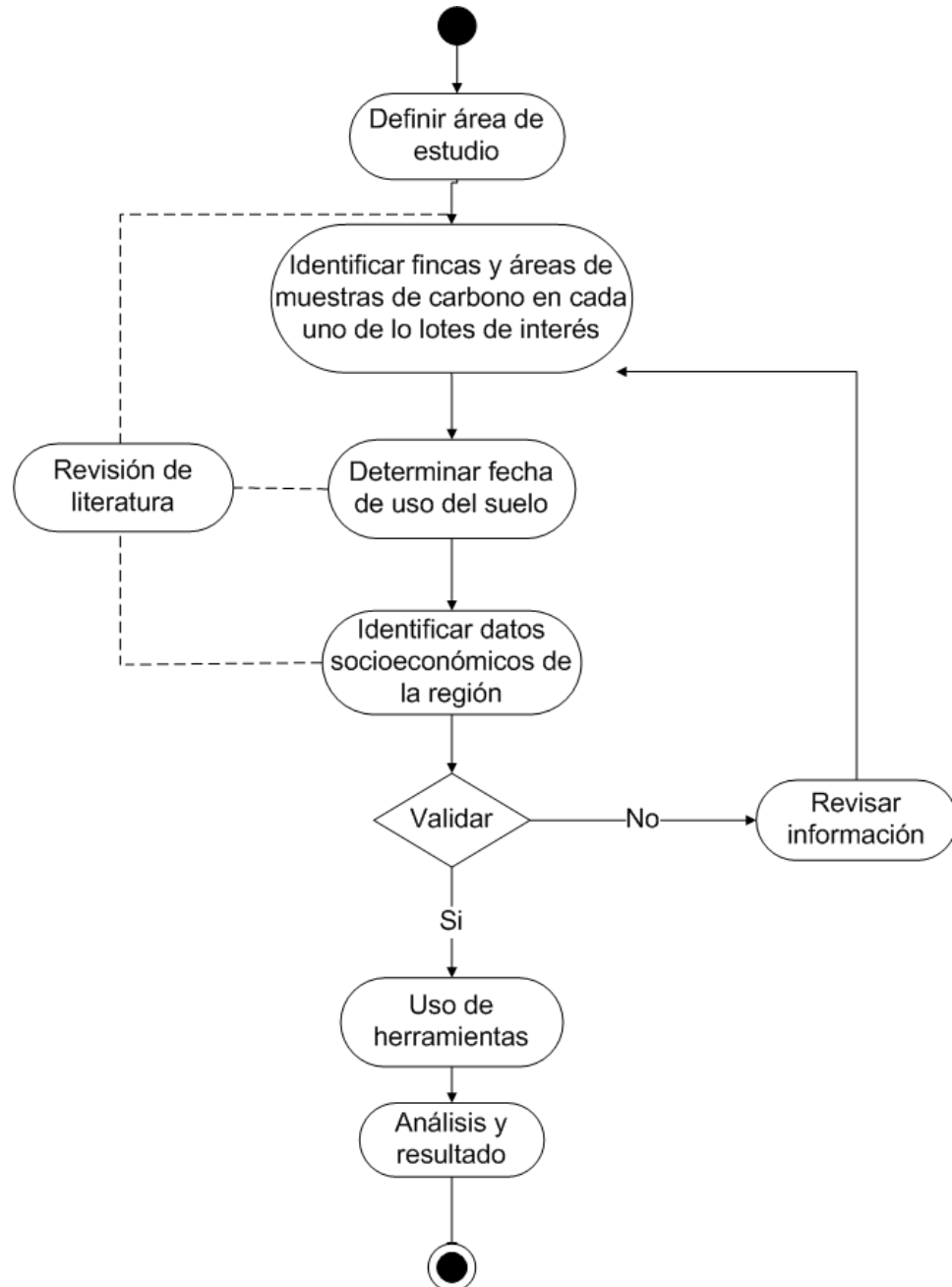


Figura 4 - Diagrama de flujo

3.3. Proceso metodológico

3.3.1. Reunir y organizar la información

3.3.1.1. Preparación de los datos de campo (acumulación de carbono)

Para la estimación del contenido de C en los diferentes sistemas de uso de la tierra, la información y/o cifras utilizadas para el proyecto fue el resultado del trabajo de campo realizado por dos (2) grupos expertos en el tema de suelos y captura de carbono del Programa de Suelos del CIAT dentro del convenio MADR-CORPOICA-CIAT.

El primer grupo fue el proyecto llamado “Indicadores de Eco-eficiencia” liderado por el Dr. Patrick Lavelle cuyo objetivo era la evaluación a través de indicadores sintéticos para medir la eco-eficiencia en términos económicos, sociales y ambientales aplicados a cultivos perennes, anuales, pasturas mejorados y sabanas naturales. El segundo grupo liderado por la Dra Aracely Castro y titulado como “Modelo para la adaptación y mitigación de sistemas de producción de la región en el contexto del cambio climático: inhibición biológica de la nitrificación y secuestro de carbono en sistemas pastoriles y agrosilvopastoriles”. Para este grupo su objetivo era contribuir a mitigar el cambio climático mediante el incremento del secuestro de C y la reducción de la emisión de gases efecto invernadero incluyendo metano y óxido nitroso (MADR et al., 2012).

Para la preparación de los datos de campo con relación a los sitios de muestreo en los diferentes sistemas de cultivos, se ubicaron los lotes de estudio en cada una de las fincas seleccionadas (Tabla 5) y acompañadas por el grupo de SIG dando apoyo en la captura de datos con equipos de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para la georreferenciación de los sitios de muestreo (Figura 8)

3.3.1.1.1. Grupo 1

Para la toma de muestras (Julio y Diciembre del 2011) el grupo (Lavelle et al, 2014) trabajó en cinco (5) sistemas de producción a) pastos mejorados. b) cultivos anuales (arroz, maíz y soya). c) Palmas de aceite. d) Caucho. (Figura 5) .

“ La biomasa aérea se calculó como la suma de los componentes herbáceos y arbóreos. La biomasa herbácea se cortó en 50 cm × 50 cm áreas en cada punto, se secó y se pesó. La concentración C se calcula como 50% de la biomasa seca. El carbono contenido en material de madera de los cultivos perennes y árboles de la sabana se evaluó de acuerdo con Mac Dicken (1997), el uso de árbol de circunferencia y la altura (medida con un hipsómetro LaserAce), junto con las ecuaciones alométricas desarrolladas para la región (Ibrahim et al., 2007). El almacenamiento de carbono en los 20 cm superiores de suelo se determinó sobre la base de la concentración de C y medición de la densidad aparente del suelo” (Lavelle et al, 2014) .

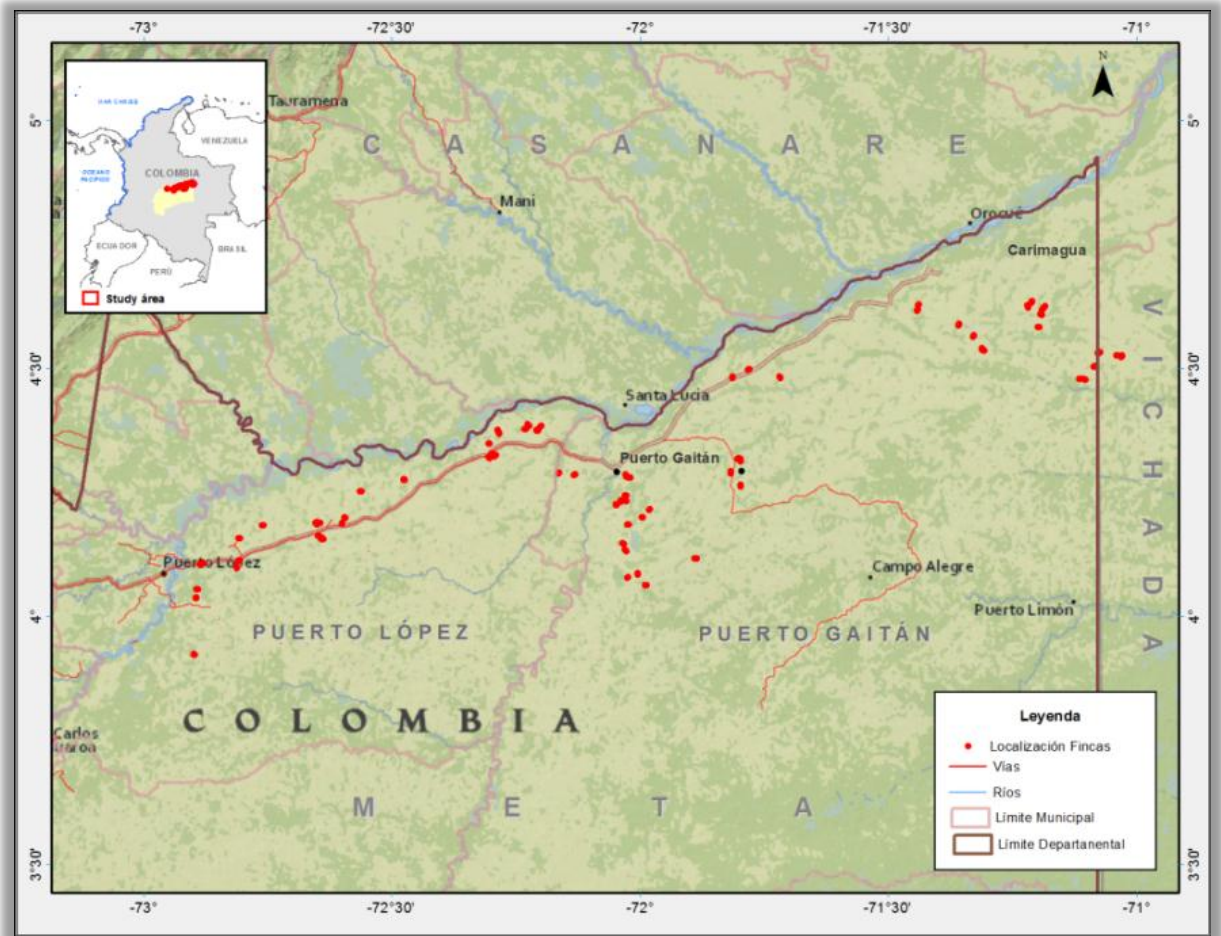


Figura 5 - Localización de las fincas Grupo1

3.3.1.1.2. Grupo 2

Durante el mes de Junio del 2011, se realizó una preselección en la zona analizando la textura de muestras en lotes seleccionados para algunas fincas para el muestreo de acumulación de C en el suelo en pasturas. En Noviembre del mismo año se hizo el acompañamiento con GPS y levantamiento de la información carbono ($t\ ha^{-1}$) a un metro de profundidad en nueve (9) fincas ganaderas ubicadas en Puerto López, Puerto Gaitán y Carimagua que tuvieran tres sistemas de uso de la tierra: a) pastos mejorados b)

pastos mejorados (misma especie que el pasto mejorado) c) pastos degradados d) sabana nativa (Figura 6).

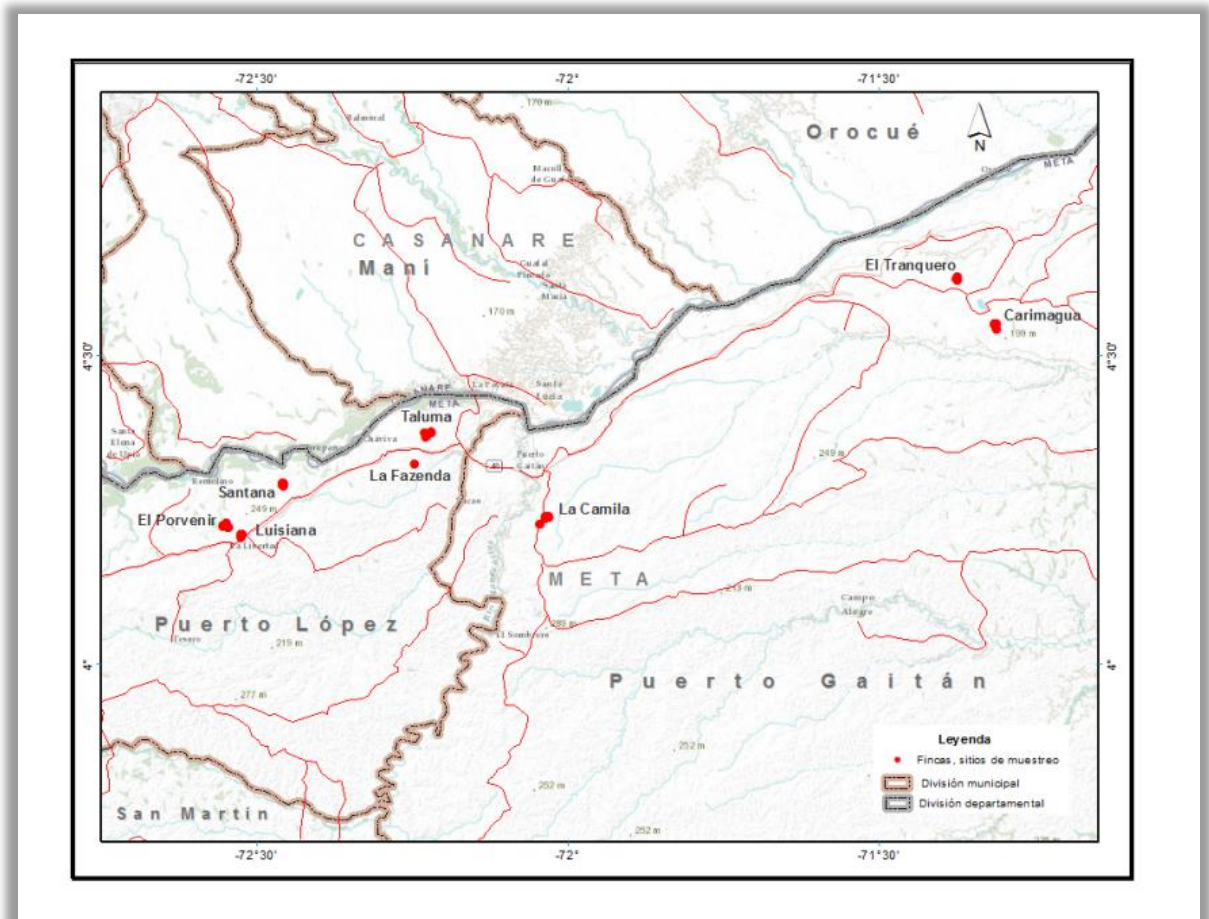


Figura 6 - Localización de las fincas Grupo2

Las actividades desarrolladas por el segundo grupo se muestran en la Figura 7. En cada finca se identificaron los sistemas antes mencionados y en cada uno de estos se identificaron tres (3) sitios para establecer la biomasa seca total y el contenido de C colocando un marco de referenciar de 1m^2 ($1\text{x}1\text{ m}$). Otra actividad dentro del mismo marco consistió en el muestreo de suelo a 1 m de profundidad en cinco (5) puntos diferentes. Finalmente en el punto central se abrió una calita de 1 m^3 de la cual se obtuvo muestras

para determinar la densidad aparente con el fin de ajustar el contenido de C. Todas las muestras de suelos de los dos grupos fueron analizadas en los laboratorios del CIAT, al igual todos estos sitios de muestreos fueron georreferenciados con GPS GARMIN¹ y TRIMBLE² por el grupo de GIS de CIAT.

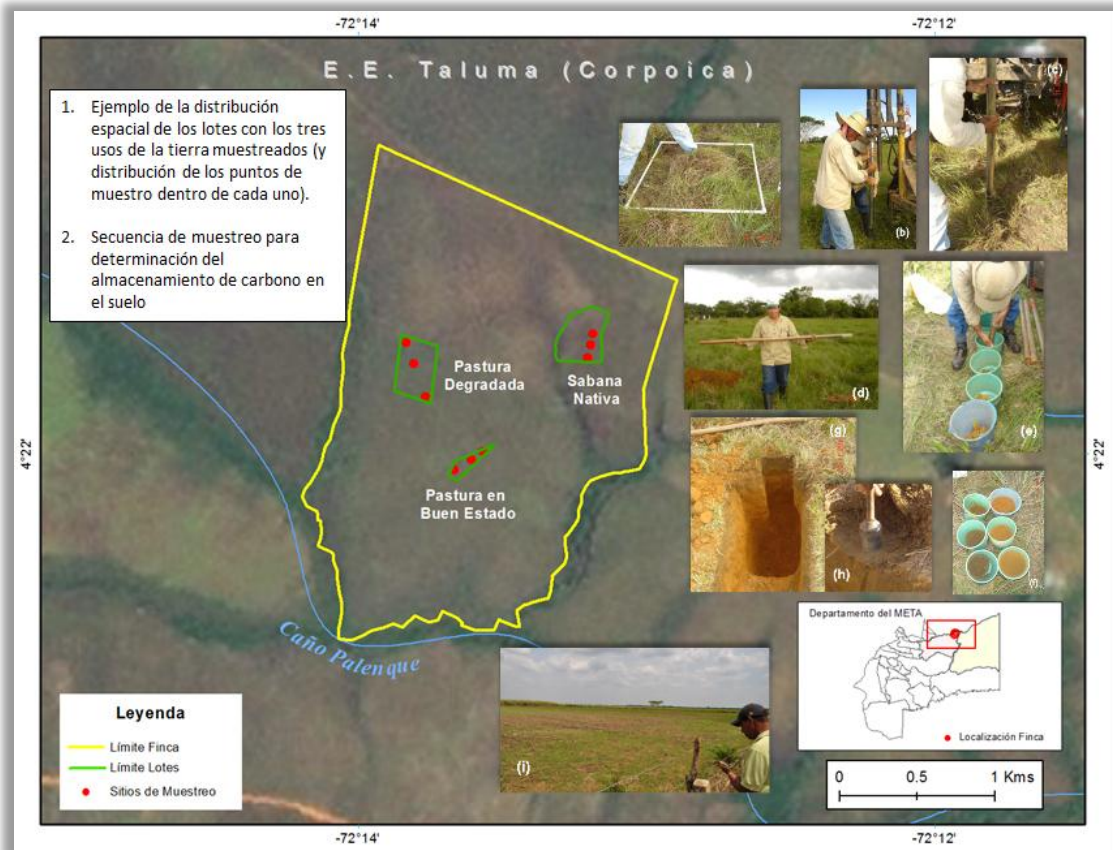


Figura 7 - Secuencia de muestreo para determinación del almacenamiento de carbono en el suelo de tres usos de la tierra: (a) ubicación de marco de muestreo; (b) ajuste de tubos de muestreo en el barreno hidráulico; (c) introducción de tubo de muestreo en el suelo; (d) tubo extraído con muestra hasta 1 m de profundidad; (e) separación de sub-muestras del tubo por profundidad; (f) muestra compuesta de cinco puntos de muestreo separadas por profundidad; (g) calicata para muestreo de densidad aparente; (h) extracción de muestra para determinación de densidad aparente; (i) georreferenciación de puntos en los lotes y de los lotes. Llanos Orientales, noviembre de 2011. Fuente: Informe técnico 2012

¹ Garmin Etrex Navegadores

² ProXrs Trimble

Es importante destacar que los datos utilizados para la simulación se basaron en los registros de carbono arriba y abajo (a un metro de profundidad) del suelo de los sitios estudiados en la zona. Otras fuentes de información corresponden a estudios de la literatura científica (Baccini et al., 2012; Saatchi et al., 2011).

Tabla 3 - Ejemplo del detalle de las muestras de suelo colectadas para el análisis de laboratorio

ID laboratorio	Sitio	Lote	Profundidad suelo (cm)	Fecha de muestreo
33	Finca El Porvenir	<i>B. humidicola</i> cv. Llanero en buen estado	0-5	Septiembre 01, 2011
34			5-10	
35			10-20	
36			20-40	
37		<i>B. humidicola</i> cv. Llanero degradado	0-5	
38			5-10	
39			10-20	
40			20-40	
41		Sabana nativa	0-5	
42			5-10	
43			10-20	
44			20-40	
45	Finca La Camila	<i>B. humidicola</i> en buen estado	0-5	Septiembre 08, 2011
46			5-10	
47			10-20	
48			20-40	
49		<i>B. humidicola</i> degradado	0-5	
50			5-10	
51			10-20	
52			20-40	
53		Sabana nativa	0-5	
54			5-10	
55			10-20	
56			20-40	



Figura 8 - Equipo de apoyo (muestra de suelo y georreferenciación GPS)

Tabla 4 - Valores promedio de almacenamiento de carbono en tres sistemas de uso de la tierra. Llanos Orientales de Colombia, noviembre de 2011

Finca	Uso del suelo	C almacenado (tC ha ⁻¹)
El Porvenir	Brachiaria humidicola cv. Llanero	102.8
	Brachiaria humidicola cv. Llanero - DEG	100.3
	Sabana Nativa	108.6
La Camila	Brachiaria humidicola	53.8
	Brachiaria humidicola - degradado	61.3
	Sabana Nativa	65.5
Luisiana	Brachiaria humidicola cv. Llanero	99
	Brachiaria humidicola cv. Llanero - DEG	84
	Sabana Nativa	80.5

Fuente: Datos grupo suelos CIAT

La siguiente tabla contiene el listado total de fincas participantes en el proyecto del convenio MADR-CORPOICA-CIAT por cada uno de los dos (2) municipios involucrados en la zona de estudio con un estado actual de la información existe . Es importante resaltar que en la medida que se actualice el inventario de datos geoespaciales con un mejor nivel de detalle, los usuarios podrán tener una mejor confianza en los resultados.

Tabla 5 - Estado de la información de las fincas seleccionadas para el estudio

	Fincas		Proyecto			Fcas Visitadas grupo SIG (*) / Datos en formato Shapefile		Estado de la Información						
			P1	P2	P3	Límite finca (fecha Adq Inf)	Lotes	Digital	Análogo	Poligono_sistema	coord_muestreo	fotos		
PUERTO GAITÁN	1	Albaté	x											
	2	Alto Neblinas	x											
	3	Carimagua	x	2da F.	x	* (04/12)		ok	*.pdf	x	x	x		
	4		x											
	5	Corocora	x											
	6	Cosargo	x			* (09/11)		ok	*.jpg	x	x	x		
	7	El Encanto	x			* (09/11)		ok	*.jpg	x	x	x		
	8	El Espejo	x											
	9	El Mango			x	* (07/12)		ok	*.pdf					
	10	El Tranquero			x	*								
	11	Gran Chaparral (Monica)	x			* (09/11)	ok	ok	*.png	x	x	x		
	12	La Camila	x	2da F.		* (08/12)		ok	*.jpg					
	13	La Esperanza	x					x		x	x	x		
	14	La Vencedora	x											
	15	Las Nubes	x											
	16	Los Venados	x											
	17	Manuelita	x			*		x		x	x	x		
	18	Manvalle	x											
	19	Maracas	x			* (09/11)	ok	ok	*.jpg	x	x	x		
	20	Merecure	x			*		x		x	x	x		
	21	Mirabaye	x											
	22	Mundo Nuevo	x											
	23	Piajuil	x			*		x		x	x	x		
	24	Pavillai	x											
	25	Santa Rita	x											
	26	Santana		2da F.		* (11/11)	ok	Autocad		x	x	x		
	27	Sapuga	x											
	28	Taluma	x	2da F.		* (04/12)		ok		x	x	x		
	29	Varsovia	x											
PUERTO LOPEZ	1	Andremoni	x			*								
	2	Clarijones	x											
	3	El Porvenir		2da F.		* (07/12)		ok	*.pdf	x	x	x		
	4	Kassandra	x			* (11/11)	ok	ok	x	x	x	x		
		La Bonga												
	5	La Fazenda		2da F.		* / Falta SHP		x						
	6	La Libertad	x		x	* (04/12)		Shapefile	*.pdf					
	7	La Menina		2da F.		* (09/12)		ok						
	8	La Ponderosa	x											
	9	Las Brisas	x											
	10	Los Cocos	x											
11	Luisiana		2da F.		* / Falta SHP		SD							

3.3.1.2. Datos Uso de la tierra

Todo proyecto debe estudiar/confirmar el estado de la información sobre el uso de la tierra. Los análisis previstos a nivel de finca no se lograron por: La información de uso de la tierra que inicialmente se había programado a nivel de finca no fue posible debido a la

dificultad de conseguir la información con los propietarios y/o administradores por seguridad de sus datos y en otros casos por no contar con ella, produjo cambios a nivel de escala de la información. La Figura 9 muestra la distribución espacial de los diferentes tipos de uso de la tierra en una de las fincas visitadas. Se observa que la mayor parte del área mapeada se dedica a pastura mejoradas seguido de sabana nativa. Este es un ejemplo del resultado del trabajo en campo para la captura de información por medio de GPS, entrevista, mapas análogos y/o en papel y otras herramientas como Google Earth utilizados para determinar el límite de la finca, límites de los lotes e historia de uso..

Durante el ejercicio de la captura de datos con GPS se contó con el apoyo y acompañamiento de los propietarios y/o administradores de las fincas, es importante mencionar que el promedio de área por finca visitada corresponde a un promedio de 500 ha.

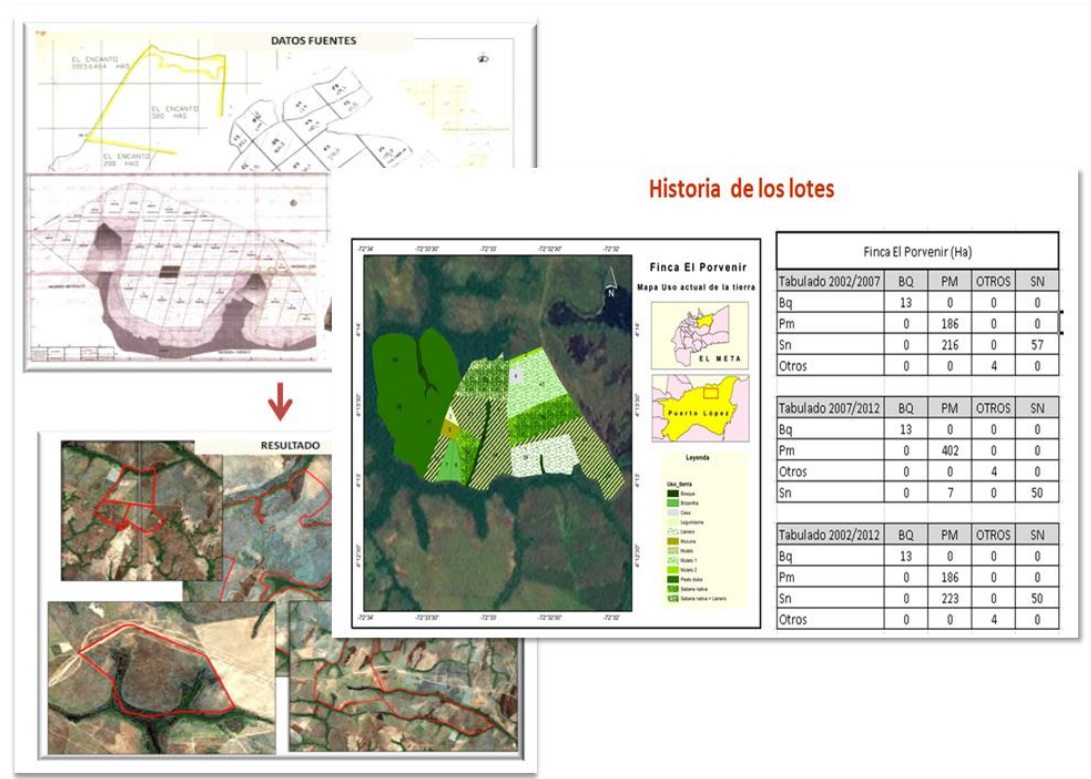


Figura 9 - Levantamiento de información sobre historia de los lotes

Con base en las Imágenes satelitales ALOS (2010-2011) del satélite espacial Japonés y con una resolución espacial de 10 metros, CORPOICA sede la La Libertad dentro del proyecto “Procesos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Para el Desarrollo Sostenible y Competitivo de la Orinoquía Colombiana y Estudios de Cambio ACT Determinación de la Eficiencia en el Uso de los Recursos Biofísicos, Socioeconómicos y Ambientales” realiza la investigación e interpretación de cobertura y/o usos de la tierra la para región de estudio (Figura 10). Los polígonos resultantes fueron codificados con la metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia (CORINE, 2010).

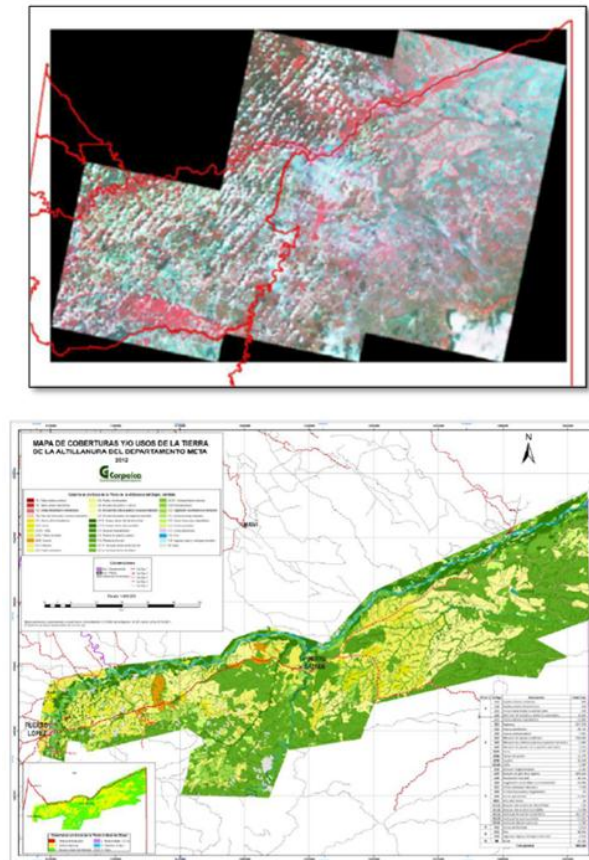


Figura 10 - Resultado de la interpretación de cobertura y/o usos de la tierra

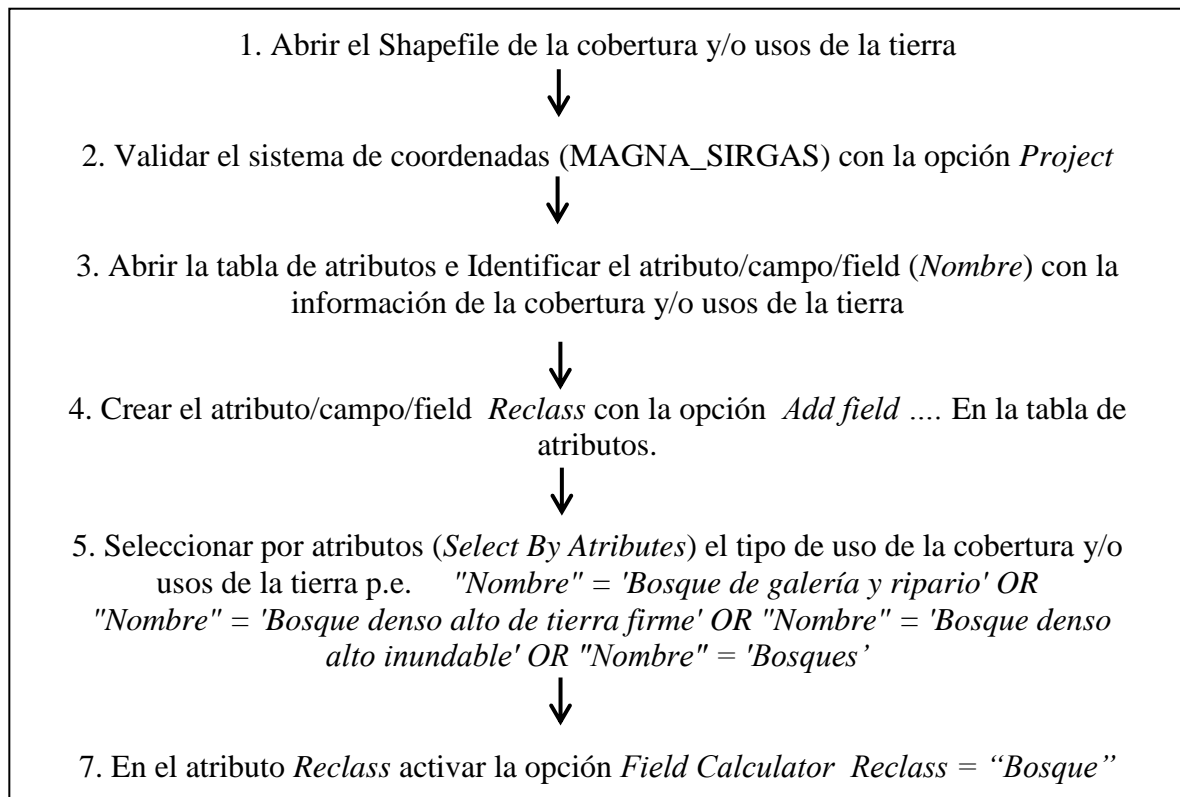
La metodología Corine Land Cover es un inventario homogéneo de la ocupación (Cobertura) de la tierra. La metodología utilizada se basa en la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador, con el objeto de generar una base de datos geográfica utilizando SIG.

Tabla 6 - Distribución de Uso de la Tierra en área de investigación. Fuente: CORPOICA

Nivel	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		Arbusto denso	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	969,818

A modo de resumen se presente el proceso metodológico utilizado para la generación de la nueva capa de información del uso de la tierra reclasificada (Figura 11) en formato vector¹ con la aplicación ArcMap de ArcGIS desktop:



El *Field Calculator* permite agrupar los diferentes usos de la tierra en nuevas

¹ Modelo de dato para representar digitalmente un fenómeno en SIG

clases. Para la nueva clasificación del uso de la tierra se tuvo presente que tanto la información de reserva de C como los datos económicos se asemejaran.

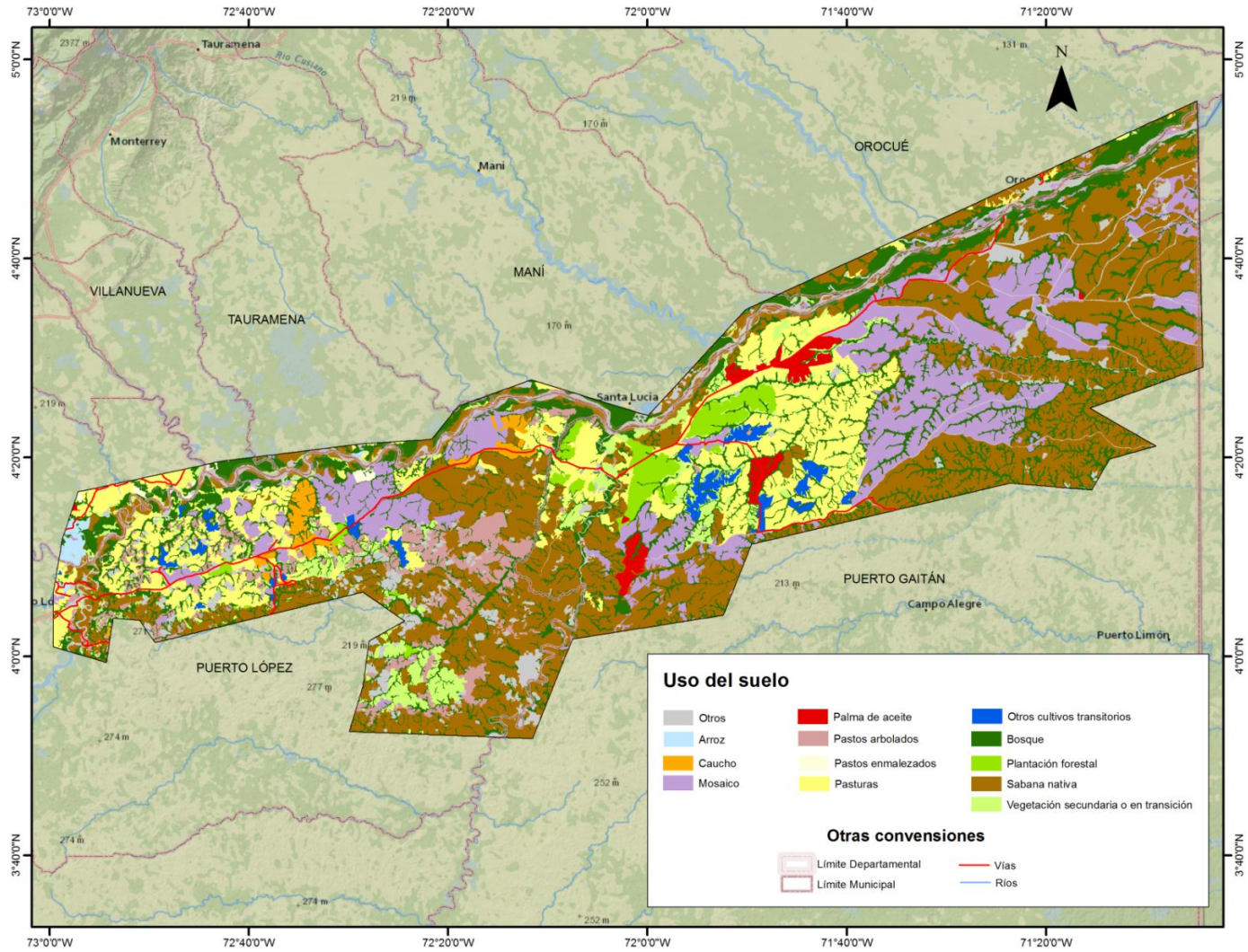


Figura 11 - Reclasificación uso del uso de la tierra

Para propósito del estudio y uso del programa de REDD Abacus SP fue necesario la reclasificación de la cobertura y/o uso de la tierra (Tabla 7) de la Altillanura del departamento del Meta (2012) con los siguientes sistemas:

Tabla 7 - Sistemas de producción

Reclass	Dato original	Area (ha)	Area (ha) para uso reclasificado
Arroz	Arroz	3,367	3,367
Bosque	Bosque de galería y ripario	111,127	185,128
	Bosque denso alto de tierra firme	132	
	Bosque denso alto inundable	71,589	
	Bosques fragmentados	2,280	
Caucho	Caucho	10,829	10,829
Mosaico	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	2,487	133,880
	Mosaico de pastos con espacios naturales	1,120	
	Mosaico de pastos y cultivos	130,273	
Otros	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1,431	62,136
	Nube	9,410	
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	6,620	
	Ríos	18,078	
	Tejido urbano continuo	583	
	Tejido urbano discontinuo	303	
	Zonas arenosas naturales	7,124	
	Zonas industriales o comerciales	142	
	Zonas pantanosas	1,152	
	Zonas quemadas	17,293	
Otros cultivos transitorios	Caña	5,314	27,837
	Otros cultivos transitorios	22,523	
Palma de aceite	Palma de aceite	18,785	18,785
Pastos arbolados	Pastos arbolados	40,056	40,056
Pastos enmalezados	Pastos enmalezados	960	960

Pasturas	Pasturas	119,480	119,480
Plantación forestal	Plantación forestal	15,738	15,738
Sabana nativa	Herbazal abierto arenoso	1,720	307,593
	Herbazal denso de tierra firme	248,422	
	Herbazal denso inundable	57,451	
Vegetación secundaria o en transición	Arbusto denso	28	44,029
	Vegetación secundaria o en transición	44,001	

3.3.1.3. Datos socioeconómicos

El programa REDD Abacus SP requiere información económica para evaluar la rentabilidad de actividades basadas en cambios en uso de la tierra. La variable necesitada es el valor neto presente (VPN) y está desarrollado a través de información sobre los costos de insumos, costos laborales, precios y otra información a nivel de la finca y a nivel regional (White y Minang, 2010). En este caso los datos provienen de las entrevistas realizadas a los agricultores de 40 fincas de la región en el proyecto “Evaluación de la adopción e impacto de las tecnologías generadas para el mejoramiento de la capacidad productiva de los suelos de la Antillanura plana del Meta (CORPOICA, 2012). El VPN (Figura 12) para los sistemas de producción representativos en la región y utilizado para los cálculos de escenarios que contienen ganadería y cultivos de rotación se realizaron para un período de diez años, para el cultivo de caucho los cálculos fueron para un período de veinte años. En próxima fase del estudio, se va a usar datos de las encuestas recientes de los economistas de CORPOICA y CIAT, donde han solicitado información detallada sobre actividades económicas en cada finca.

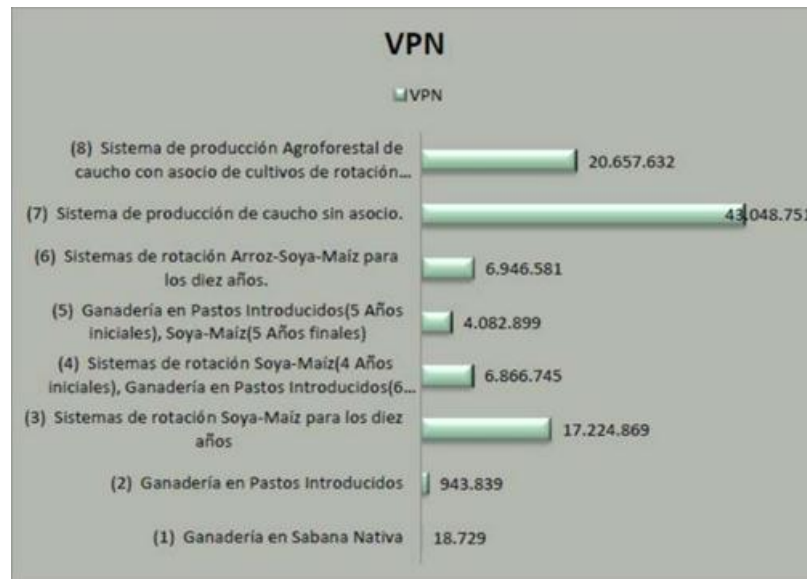


Figura 12 - Datos económicos VPN. Fuente: Grupode Economía convenio

3.3.2. Uso SIG

El uso del entorno SIG ofrece grandes ventajas como : a) la integración directa de toda la información geoespacial en un mismo sistema de coordenadas. b) favorece la actualización constante de la información requerida para el mejoramiento del proyecto., c) se cuenta con las herramientas necesarias para la manipulación y análisis de los datos.

3.3.2.1. Inventario de datos

Para la planeación y ejecución del proyecto fue importante el proceso inicial de inventariar los datos geoespaciales de todas entidades y/o proyectos que tuviesen datos en la región, como también tener presente algunas actividades necesarias para la estandarización de los mismos requeridos en el momento de los análisis de los datos.

(Tabla 8).

Tabla 8 - Actividades realizadas con los datos geoespaciales

ACTIVIDADES
1 Inventario de Datos (fuente/escala)
2. Manipulación de los Datos Geográficos (DG)
Captura de información
Corte por áreas específicas
Metadatos
Reclasificación de la cobertura del uso del suelo
Estándarización de las proyecciones
Entrega estructura de los datos
3. Elaboración de mapas
Mapa área de estudio
Mapa de uso del suelo
4. ArcGIS Online

3.3.2.2. Uso de ArcGIS

Como programa SIG se utilizó ArcGIS¹ Desktop 10 con sus tres aplicaciones integradas: ArcMap, utilizada para la captura, edición, análisis e impresión de la información geoespacia. ArcCatalog, para organizar y documentar los datos geoespaciales (Metadatos) y ArcToolbox² como aplicación con sus múltiples funciones para el geoprocésamiento y manipulación de la información, entre otras muchas funciones de conversión, análisis.

Para el intercambio de información georreferenciada a escala nacional era necesario el uso de un sistema único de coordenadas (tabla 9), debido a que la información

¹ ESRI (*Environmental Systems Research Institute*)

² Los mapas se crearon con ArcGIS® software de Esri. ArcGIS® y ArcMap™, con propiedad intelectual de Esri² y se usan aquí bajo licencia. Copyright © Esri.

geoespacial obtenida provenía de múltiples fuentes y con sistemas de coordenadas distintas fue necesario trabajar con las herramientas “Define Projection” y “Project” de ArcMap 10.1 para su estandarización. En este caso se tomó MAGNA_SIRGAS¹ (Sánchez, 2004, p.18) como el sistema de referencia oficial para Colombia adoptado por el IGAC², conforme al artículo 1 de la Resolución IGAC 68 del 28 de enero del 2005 y Resolución 399 del 2011, descritas a continuación:

Tabla 9 - Sistema de Coordenadas Magna -Sirgas

<i>Proyección</i>	<i>Conferme de Gauss</i>
Datum	MAGNA – SIRGAS
Origen en la Zona	Este
Coordenadas Geográficas	4° 35' 46".3215 Latitud Norte 71° 04' 39".0285 Longitud Oeste
Coordenadas Planas	1'000.000 metros Norte 1'000.000 metros Este
Unidad Angular	Grados (0,017453292519943299
Primer Meridiano:	Greenwich (0,000000000000000000)
Esferoide:	GRS1980
Eje Semimayor	6378137,00000000000000000000
Eje Semimenor	6356752,314140356100000000
Inverse Flattening:	298.257222101000020000

3.3.2.3. Documentación de los datos (Metadatos)

Los Metadatos nos permiten presentar la información de cada dato geoespacial o conjunto de datos con respecto a la descripción, precisión y uso de la información. Para el proyecto se creó una plantilla única con el fin de realizar una tarea más sencilla para los campos como “Credits”, “Use Limitations” y otros que por su contenido sirvieran para

¹ Marco geocéntrico nacional de referencia

² IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi

todos los metadatos. ArcCatalog fue la herramienta utilizada para la creación, edición e importación de los Metadatos (Figura 13).

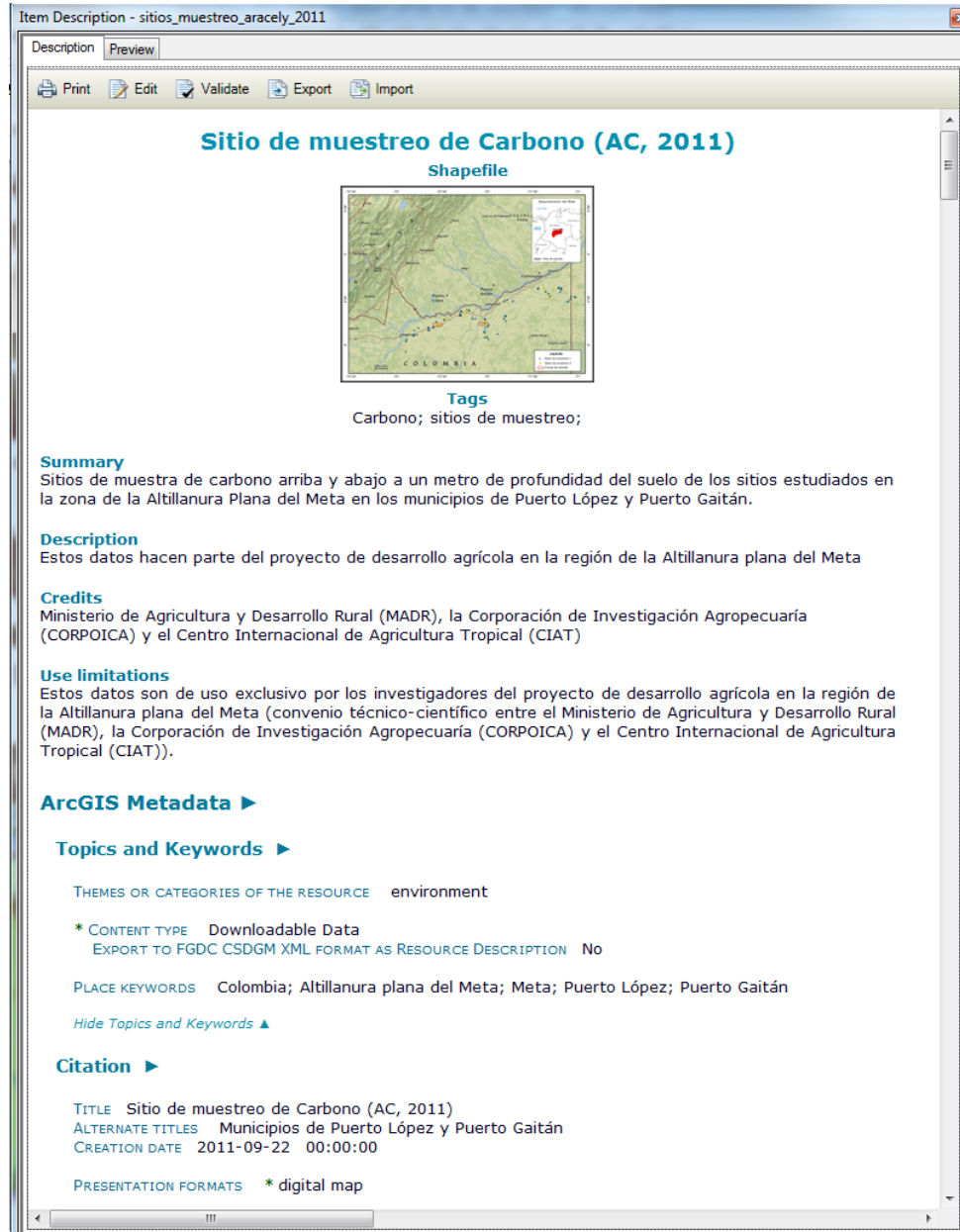


Figura 13 - Ejemplo de una plantilla de metadato

3.3.2.4. Estructura de directorios

Para acceder a la información recopilada se ha diseñado una estructura de

directorios que permite almacenar y/o organizar el conjunto de datos geospaciales en los discos con el objetivo de facilitar el acceso y ubicación de la información. La jerarquía parte del directorio o carpeta llamada DATOS, esta dividida en: (a) DATOS BASE con los temas encontrados para el área de estudio como: Bosques, Clima, Cultivos, Ecosistemas, Suelos y Cobertura y/o Uso de la Tierra. (b) DATOS FINCAS conformada por las carpetas de *datos geospaciales, fotos e imágenes* (Figura 14).

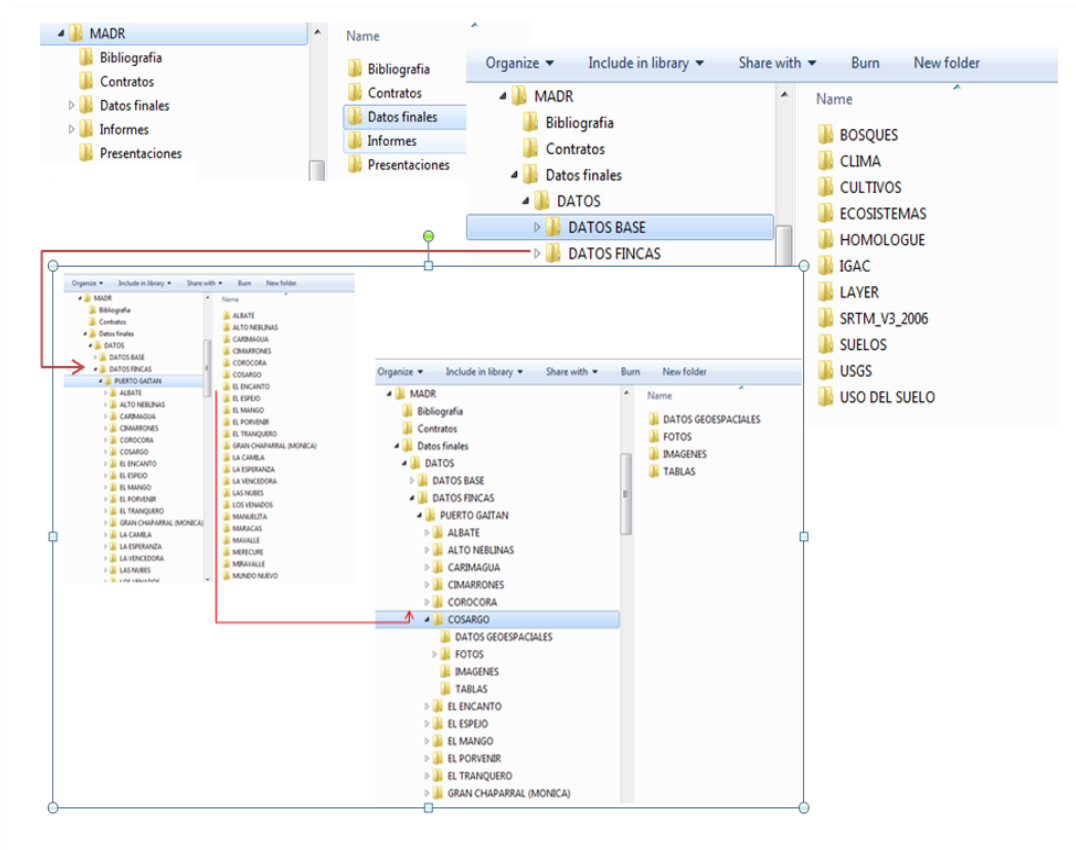


Figura 14 - Estructura y organización de directorios

3.3.2.5. Georreferenciación del material fotográfico

Toda la información de campo se encuentra registrada en material fotográfico georreferenciado o geotiquetado o como también le llaman geolocalizado. Este material

fotográfico proporciona información sobre el estado actual y/o condiciones del sitio de estudio.

Este proceso de georreferenciar las fotos consiste en incluir las coordenadas geográficas del lugar donde fueron tomadas las fotos (Figura 14) a través de dispositivos GPS permitiendo su visualización por los diferentes programas de visualización de mapas o sitios en la web. Una vez se tienen las fotos georreferenciadas se pueden importar a ArcGIS en donde se crea puntos a partir de la información de coordenadas.

En el momento del trabajo de campo las cámaras no tenían incorporado el GPS y tampoco se contaban con GPS que tuviesen cámaras. Durante esta etapa del proyecto, la cámara y el GPS fueron utilizados por separado requiriendo un pos-procesamiento para referenciar geográficamente las fotos y poder visualizar el material fotográfico en Google Earth o Argis Online. Con base en la información que guarda cada dispositivo cualquier programa utilizado solo necesita relacionar la información de la foto (hora de la toma) con la información del GPS (latitud, longitud y altitud).

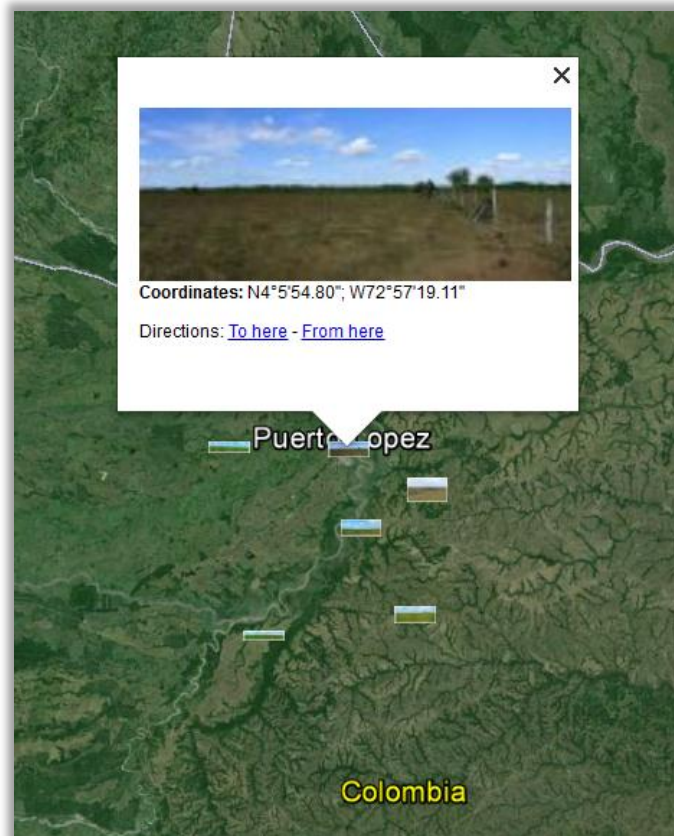


Figura 15 - Georreferenciación del material fotográfico

3.3.2.6. ArcGIS Online para la visualización de la información

ArcGIS Online fue la plataforma seleccionada para la visualización por dos razones principales. Primero, el software es fácil usar y administrar para cualquier usuario no experto en SIG. Segundo, es fácil usar buscar y mostrar los resultados del trabajo a través de la visualización interactiva de mapas, gráficos y fotografías entre otros.

3.3.3. Herramienta REDD Abacus SP

3.3.3.1. Ingreso de los datos (INPUT)

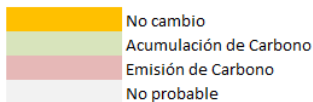
3.3.3.1.1. Analizar el uso de suelo cambios en las existencias de carbono

El ingreso de los datos al programa inicia con la identificación de los diferentes nombres de coberturas terrestres. Con base en los datos reclasificados de uso de la tierra (2010-2011) se produjo la simulación futura para varios períodos (Figura 22) . El área (Ha) total para cada sistema de cultivo (Figura 17) fue calculado con la opción Calculate Area de ArcGIS a partir del shapefile¹ de cobertura de suelos reclasificado. Estos datos fueron utilizados en el programa REDD Abacus SP para alimentar la matriz de cambio de uso de la tierra. Basado en la información inicial se asumió varios cambios de uso de la tierra asignando colores en la celda con base en la existencia de C (acumulación y/o emisión) . Las celdas de color naranja representan el área total para cada uso de la tierra que no presentaron cambios durante el período.

¹ Formato de de representación vectorial desarrollado por ESRI

	Arroz	Bosque	Caucho	Mosaico	Otros	Otros cultivos transitorio	Palma de aceite	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pasturas	Plantación forestal	Sabana nativa	Vegetación secundaria o en transición
Arroz (ct)	3,370												
Bosque (fragmentado, ripario (galería o de cañada), denso alto de tierra firme, denso alto inundable)		182,917											
Caucho (cp)			10,474										
Mosaico				134,248									
Otros					67,467								
Otros cultivos transitorios						13,259							
Palma de aceite (cp)							12,293						
Pastos arbolados								39,775					
Pastos enmalezados									1,615				
Pasturas										117,701			
Plantación forestal											20,576		
Sabana nativa												322,053	
Vegetación secundaria o en transición													44,077

Figura 16 - Area total por sistema de cultivos



	Arroz	Bosque	Caucho	Mosaico	Otros	Otros cultivos transitorios	Palma de aceite	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pasturas	Plantación forestal	Sabana nativa	Vegetación secundaria	TOTAL
TOTAL: 969,826														
Arroz	3,370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,370
Bosque	1,829	164,625	0	3,658	0	0	0	0	0	12,804	0	0	0	182,916
Caucho	0	0	10,474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,474
Mosaico	0	0	0	120,823	0	0	0	0	0	13,425	0	0	0	134,248
Otros	0	0	0	0	67,467	0	0	0	0	0	0	0	0	67,467
Otros cultivos transitorios	0	0	0	0	0	13,259	0	0	0	0	0	0	0	13,259
Palma de aceite	0	0	0	0	0	0	12,293	0	0	0	0	0	0	12,293
Pastos arbolados	0	0	0	0	0	0	0	39,775	0	0	0	0	0	39,775
Pastos enmalezados	0	0	0	0	0	0	0	0	1,615	0	0	0	0	1,615
Pasturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117,701	0	0	0	117,701
Plantación forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,576	0	0	20,576
Sabana nativa	0	0	0	9,662	0	0	9,662	9,662	9,662	9,662	273,745	0	0	322,055
Vegetación secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,077	0	44,077
TOTAL	5,199	164,625	20,136	124,481	67,467	13,259	21,955	49,437	1,615	153,592	30,238	273,745	44,077	969,826

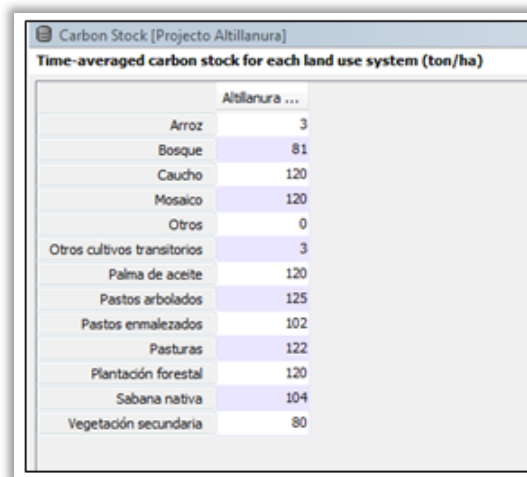
Figura 17 - Matriz de Transición

3.3.3.1.2. Cambios en las existencias de carbono

Los datos de secuestro de C incluidos en el programa REDD Abacus SP incluyen las reservas de C de las diferentes fuentes como se pueden ser observados en la tabla 10-. La unidad se da en toneladas sobre hectáreas..

Tabla 10 - Datos secuestro de C

	Arriba	Abajo	Total	Altillanura	Fuente de los datos
Arroz	3	0	3	3.0	Arbitrario
Bosque	56	25	81	81.0	Grupo suelos CIAT
Caucho	60	60	120	60.0	Panama/Peru
Mosaico	60	60	120	62.5	Panama/Peru
Otros	0	0	0	N/A	Arbitrario
Otros cultivos transitorios	3	0	3	3.0	Arbitrario
Palma de aceite	60	60	120	60.0	Panama/Peru
Pastos arbolados	10	115	125	122.0	Ibrahim
Pastos enmalezados	5	97	102	102.0	Grupo suelos CIAT
Pasturas	10	112	122	122.0	Grupo suelos CIAT
Plantación forestal	60	60	120	60.0	Panama/Peru
Sabana nativa	8	96	104	104.0	Grupo suelos CIAT
Vegetación secundaria	40	40	80	40.0	Arbitrario

**Figura 18** - Valor promedio de C almacenado para cada sistema de cultivo

3.3.3.1.3. Valor Presente Neto

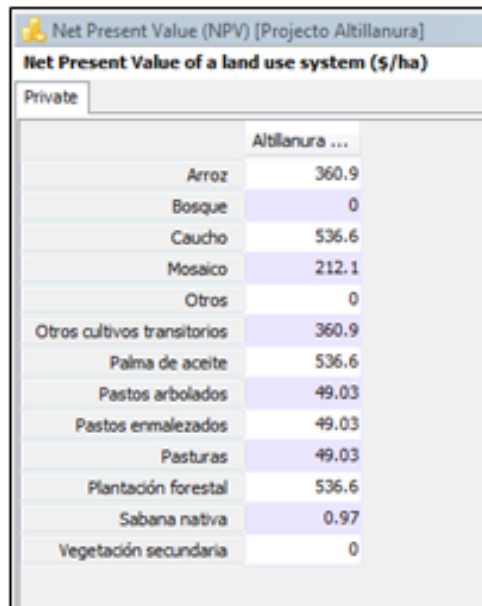
El programa requiere la información económica para evaluar la rentabilidad de actividades basado en cambios de uso de la tierra. El Valor Presente Neto (VPN) (Figura 19) para los sistemas producción representativos en la altillanura plana del Meta fueron

tomados algunos de la información compartida por el grupo de economistas CORPOICA-CIAT y otros de estudios similares realizados en Perú y Panamá (Figura 20).

El cálculo del Valor Neto Presente o NPV por sus siglas en Inglés se basa en la siguiente formula:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(\text{Ingresos} - \text{Egresos})_t}{(1 + r)^t}$$

Donde :
 r = Taza de interés o índice de descuento
 t = Años
 n = Cantidad de períodos de estudio



	Altillanura ...
Arroz	360.9
Bosque	0
Caucho	536.6
Mosaico	212.1
Otros	0
Otros cultivos transitorios	360.9
Palma de aceite	536.6
Pastos arbolados	49.03
Pastos enmalezados	49.03
Pasturas	49.03
Plantación forestal	536.6
Sabana nativa	0.97
Vegetación secundaria	0

Figura 19 - VPN para cada sistema de la tierra (\$/ha)

4. RESULTADOS

4.1. Resultados

Toda la información geoespacial inventariada del proyecto y generada por múltiples fuentes a nivel de finca y de la región (Figura 20) están integrados en la plataforma como también otros servicios de mapas base (mapas topográficos, de vías por ejemplo) e imágenes satelitales que estará disponible en un enlace. Esto va permitir sobreponer (traslapar) la información geoespacial para su visualización e interpretación por parte de todos posibles usuarios de las diferentes áreas del proyecto responsables de tomar decisiones.

Una vez se termine el convenio cualquier usuario podrá acceder directamente a este recurso para trabajar conjuntamente con la información geoespacial y otros servicios de mapas disponible para el análisis de la información. Por el momento estos datos son de uso exclusivo por los investigadores del proyecto de desarrollo agrícola en la región de la Altillanura plana del Meta (convenio técnico-científico entre el MADR, CORPOICA y CIAT) Figura 20 y 21).

La Figura 22 muestra los resultados del programa REDD Abacus SP para los posibles escenarios futuros proveiendo una simulación sobre los cambios de uso de la tierra a partir del conocimiento de los cambios típicos del uso de la tierra para el primer período (2010-2011) por cinco (5) períodos con intervalos de ocho (8) años para las fechas (2010 al 2050). Los escenarios ayudan a tener una visión sobre los diversos cambios que

pueden ocurrir como también su impacto en el momento de tomar decisiones para cambios futuros. Además ayuda a evaluar las posibles consecuencias sobre las decisiones que hoy puedan tomarse.

El resultado en los escenarios futuros está dado en hectáreas para cada período donde se observa p.e. como el área en sabanas nativas tiende a disminuir con respecto a los bosques y mas se observa aumento en el área de las pasturas.

En el análisis de costo de oportunidad (Figura 24) se compara la cantidad potencial de reducción de emisión con sus respectivos costos. Los costos se basan en US\$ por tonelada de CO₂e. El eje vertical representa el costo de oportunidad de la emisión, y el horizontal muestra la cantidad correspondiente de reducción.

Y por último el muestreo y análisis de C en tres sistemas de uso de la tierra en nueve fincas en la Altillanura Plana, según los expertos han mostrado que los pastos mejorados con buen manejo tienen mayores niveles de C en el suelo comparado a los pastos degradados y las sabanas nativas. También se ha demostrado como esa información puede ser combinada con la de cambios de uso de la tierra y rentabilidad para evaluar los impactos de la adopción de pastos mejorados.

Comparada con las sabanas nativas, las pasturas con base en gramíneas "mejoradas" secuestran más C en partes profundas del perfil del suelo, generalmente debajo de la capa arable (10-15 cm). En general los sistemas silvopastoriles tienen mayor productividad primaria neta y por tanto mayor acumulación de C.

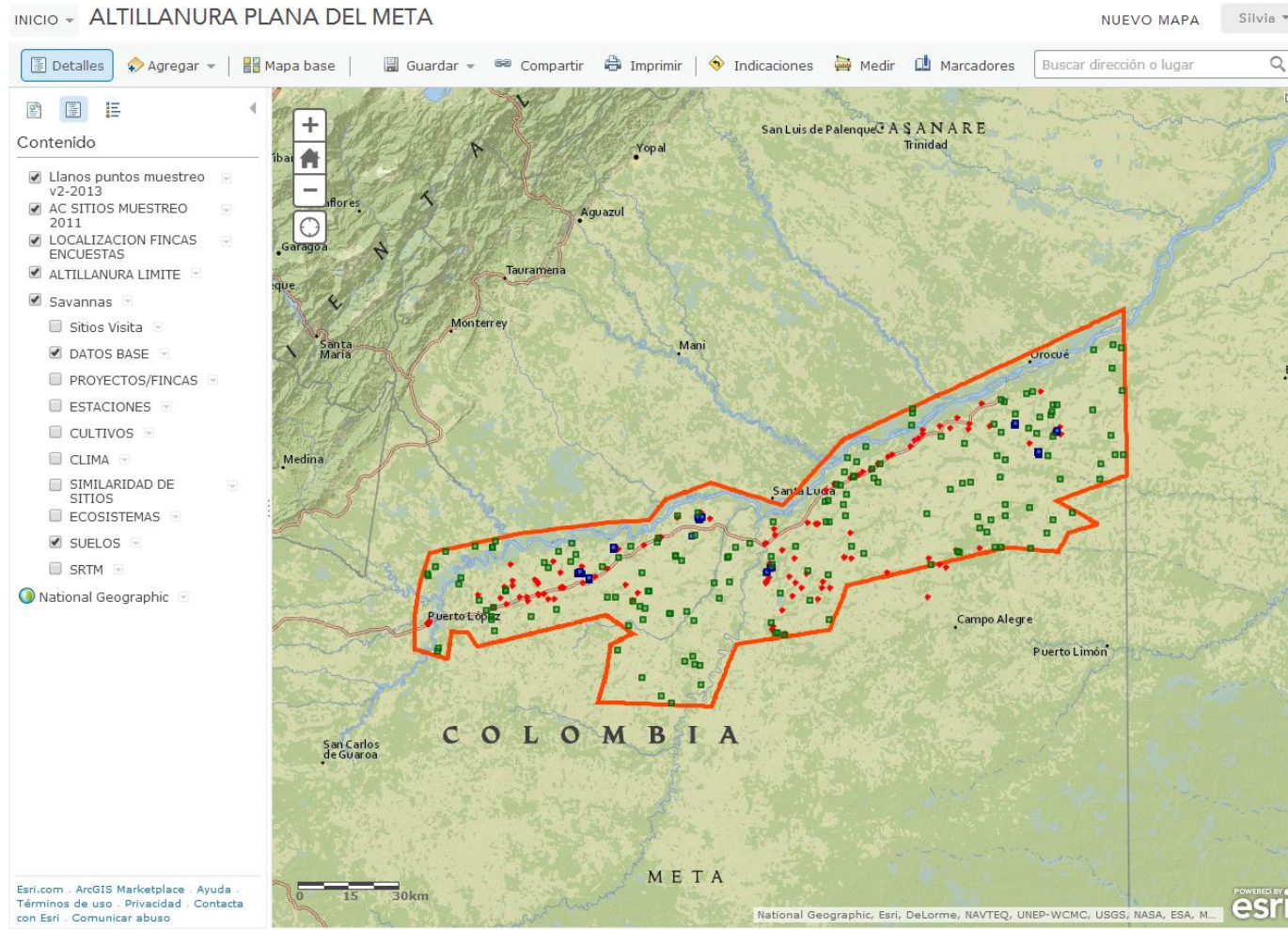


Figura 20 - Divulgación y visualización de la información con ArcGIS online

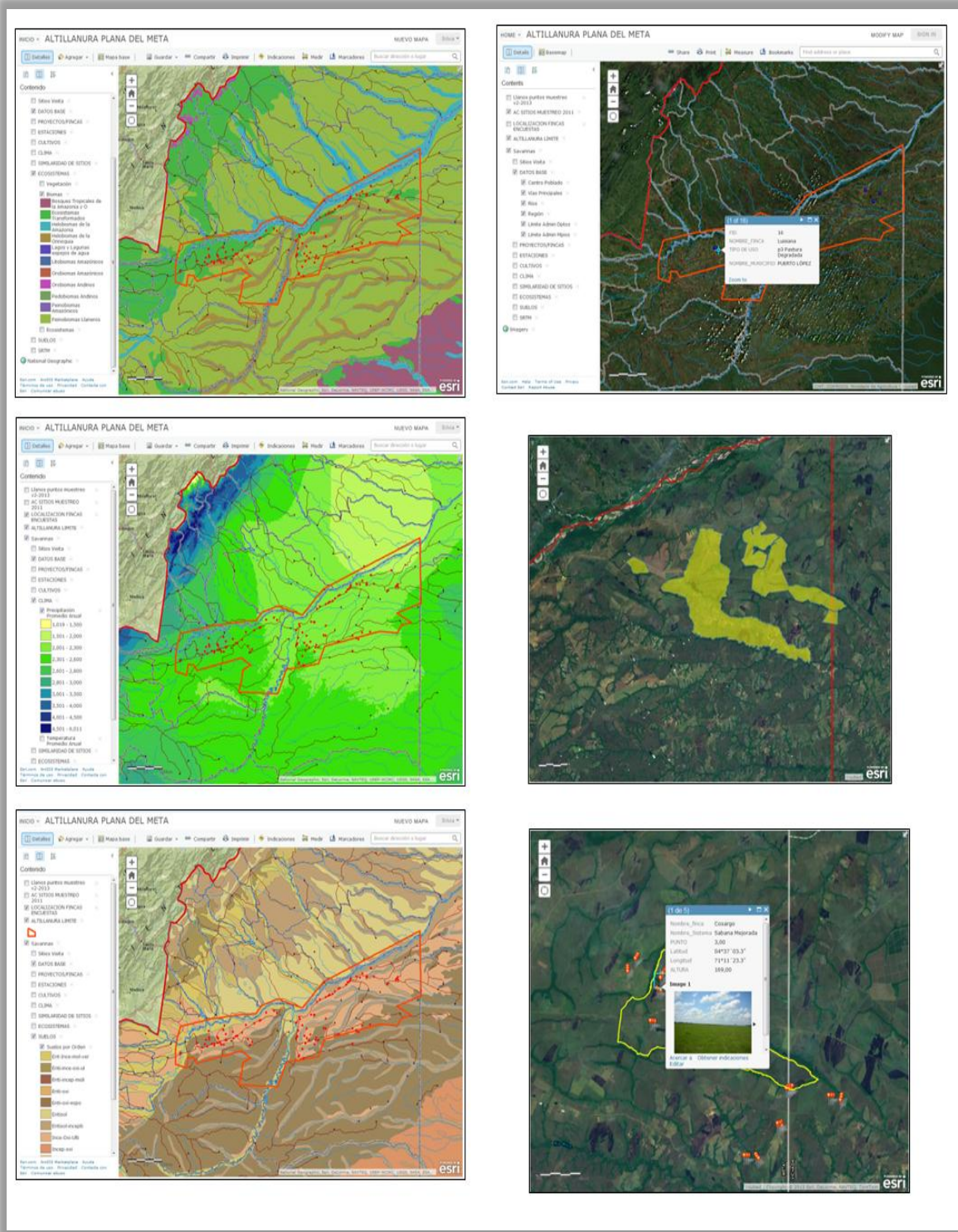


Figura 21 - Múltiples mapas de salida

Escenarios

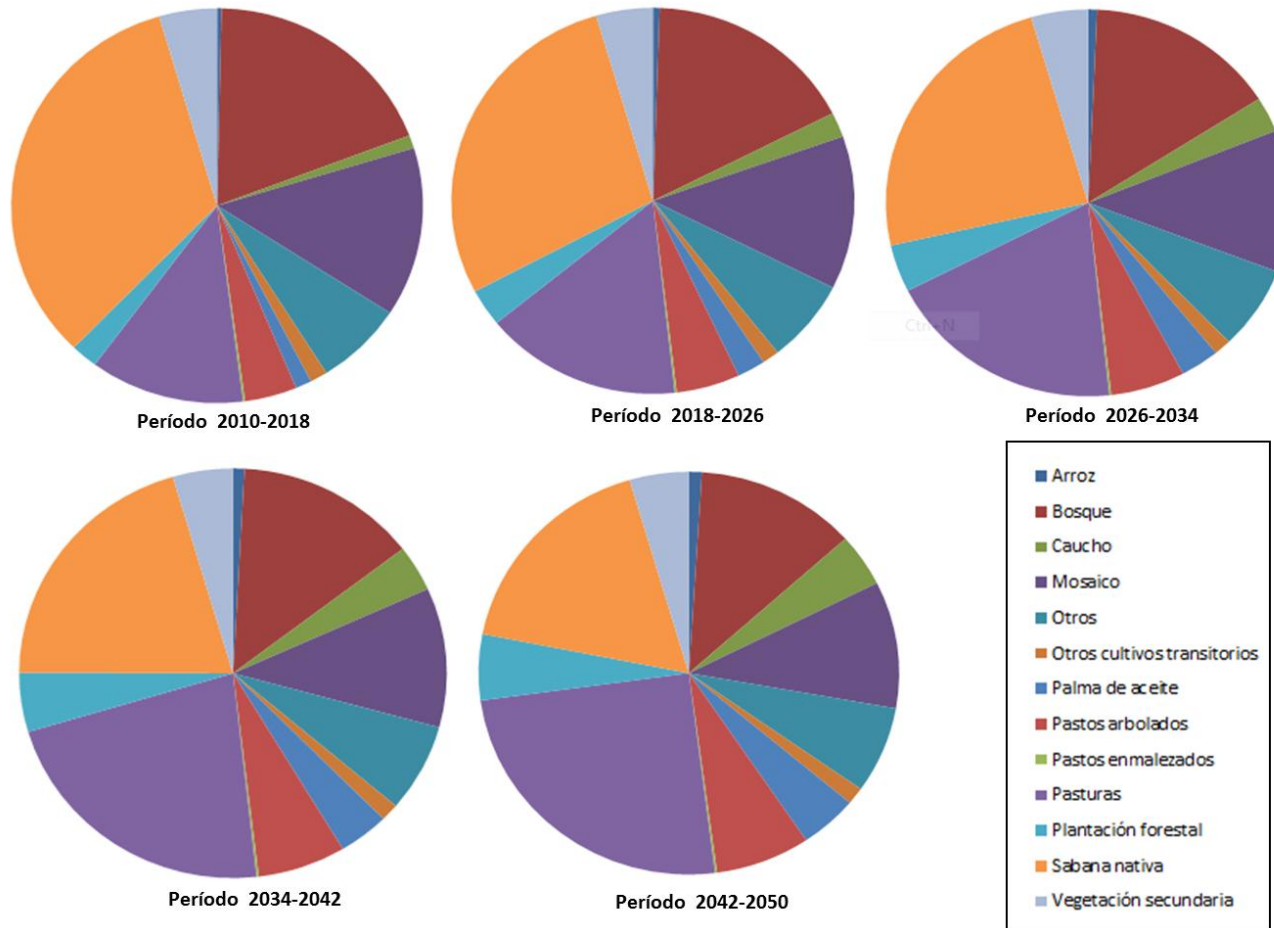


Figura 22 - Escenario de simulación

Simulation Output (LU Transition)														
Iteration Period 2010														
	Arroz	Bosque	Caucho	Mosaico	Otros	Otros cultivos transitorios	Palma de aceite	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pasturas	Plantación forestal	Sabana nativa	Vegetación secundaria	TOTAL
Arroz	3,370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,370
Bosque	1,829	164,625	0	3,658	0	0	0	0	0	12,804	0	0	0	182,916
Caucho	0	0	10,474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,474
Mosaico	0	0	0	120,823	0	0	0	0	0	13,425	0	0	0	134,248
Otros	0	0	0	0	67,467	0	0	0	0	0	0	0	0	67,467
Otros cultivos transitorios	0	0	0	0	0	13,259	0	0	0	0	0	0	0	13,259
Palma de aceite	0	0	0	0	0	0	12,293	0	0	0	0	0	0	12,293
Pastos arbolados	0	0	0	0	0	0	0	39,775	0	0	0	0	0	39,775
Pastos enmalezados	0	0	0	0	0	0	0	0	1,615	0	0	0	0	1,615
Pasturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117,701	0	0	0	117,701
Plantación forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,576	0	0	20,576
Sabana nativa	0	0	9,662	0	0	0	9,662	9,662	0	9,662	273,745	0	0	322,055
Vegetación secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,077	44,077
TOTAL	5,199	164,625	20,136	124,481	67,467	13,259	21,955	49,437	1,615	153,592	30,238	273,745	44,077	969,825
Iteration Period 2018														
	Arroz	Bosque	Caucho	Mosaico	Otros	Otros cultivos transitorios	Palma de aceite	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pasturas	Plantación forestal	Sabana nativa	Vegetación secundaria	TOTAL
Arroz	5,199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,199
Bosque	1,646	148,163	0	3,292	0	0	0	0	0	11,524	0	0	0	164,625
Caucho	0	0	20,136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,136
Mosaico	0	0	0	112,033	0	0	0	0	0	12,448	0	0	0	124,482
Otros	0	0	0	0	67,467	0	0	0	0	0	0	0	0	67,467
Otros cultivos transitorios	0	0	0	0	0	13,259	0	0	0	0	0	0	0	13,259
Palma de aceite	0	0	0	0	0	0	21,955	0	0	0	0	0	0	21,955
Pastos arbolados	0	0	0	0	0	0	0	49,437	0	0	0	0	0	49,437
Pastos enmalezados	0	0	0	0	0	0	0	0	1,615	0	0	0	0	1,615
Pasturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153,592	0	0	0	153,592
Plantación forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,238	0	0	30,238
Sabana nativa	0	0	8,213	0	0	0	8,213	8,213	0	8,213	8,213	232,682	0	273,745
Vegetación secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,077	44,077
TOTAL	6,845	148,163	28,348	115,326	67,467	13,259	30,167	57,649	1,615	185,776	38,450	232,683	44,077	969,825

Simulation Output (LU Transition)														
Iteration Period 2026														
	Arroz	Bosque	Caucho	Mosaico	Otros	Otros cultivos transitorios	Palma de aceite	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pasturas	Plantación forestal	Sabana nativa	Vegetación secundaria	TOTAL
Arroz	6,845	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,845
Bosque	1,482	133,347	0	2,963	0	0	0	0	0	10,371	0	0	0	148,163
Caucho	0	0	28,349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,348
Mosaico	0	0	0	103,792	0	0	0	0	0	11,533	0	0	0	115,326
Otros	0	0	0	0	67,467	0	0	0	0	0	0	0	0	67,467
Otros cultivos transitorios	0	0	0	0	0	13,259	0	0	0	0	0	0	0	13,259
Palma de aceite	0	0	0	0	0	0	30,168	0	0	0	0	0	0	30,167
Pastos arbolados	0	0	0	0	0	0	0	57,650	0	0	0	0	0	57,649
Pastos enmalezados	0	0	0	0	0	0	0	0	1,615	0	0	0	0	1,615
Pasturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	185,777	0	0	0	185,776
Plantación forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,451	0	0	38,450
Sabana nativa	0	0	6,981	0	0	0	6,981	6,981	0	6,981	6,981	197,778	0	232,683
Vegetación secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,077	44,077
TOTAL	8,327	133,346	35,328	106,757	67,467	13,259	37,147	64,629	1,615	214,660	45,430	197,781	44,077	969,825
Iteration Period 2034														
	Arroz	Bosque	Caucho	Mosaico	Otros	Otros cultivos transitorios	Palma de aceite	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pasturas	Plantación forestal	Sabana nativa	Vegetación secundaria	TOTAL
Arroz	8,327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,327
Bosque	1,333	120,013	0	2,667	0	0	0	0	0	9,334	0	0	0	133,346
Caucho	0	0	35,329	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,328
Mosaico	0	0	0	96,080	0	0	0	0	0	10,676	0	0	0	106,757
Otros	0	0	0	0	67,467	0	0	0	0	0	0	0	0	67,467
Otros cultivos transitorios	0	0	0	0	0	13,259	0	0	0	0	0	0	0	13,259
Palma de aceite	0	0	0	0	0	0	37,148	0	0	0	0	0	0	37,147
Pastos arbolados	0	0	0	0	0	0	0	64,630	0	0	0	0	0	64,629
Pastos enmalezados	0	0	0	0	0	0	0	0	1,615	0	0	0	0	1,615
Pasturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214,661	0	0	0	214,660
Plantación forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45,431	0	0	45,430
Sabana nativa	0	0	5,934	0	0	0	5,934	5,934	0	5,934	5,934	168,110	0	197,781
Vegetación secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,077	44,077
TOTAL	9,661	120,012	41,262	98,748	67,467	13,259	43,081	70,563	1,615	240,604	51,364	168,114	44,077	969,825

Figura 23 - Tablas de escenarios de simulación

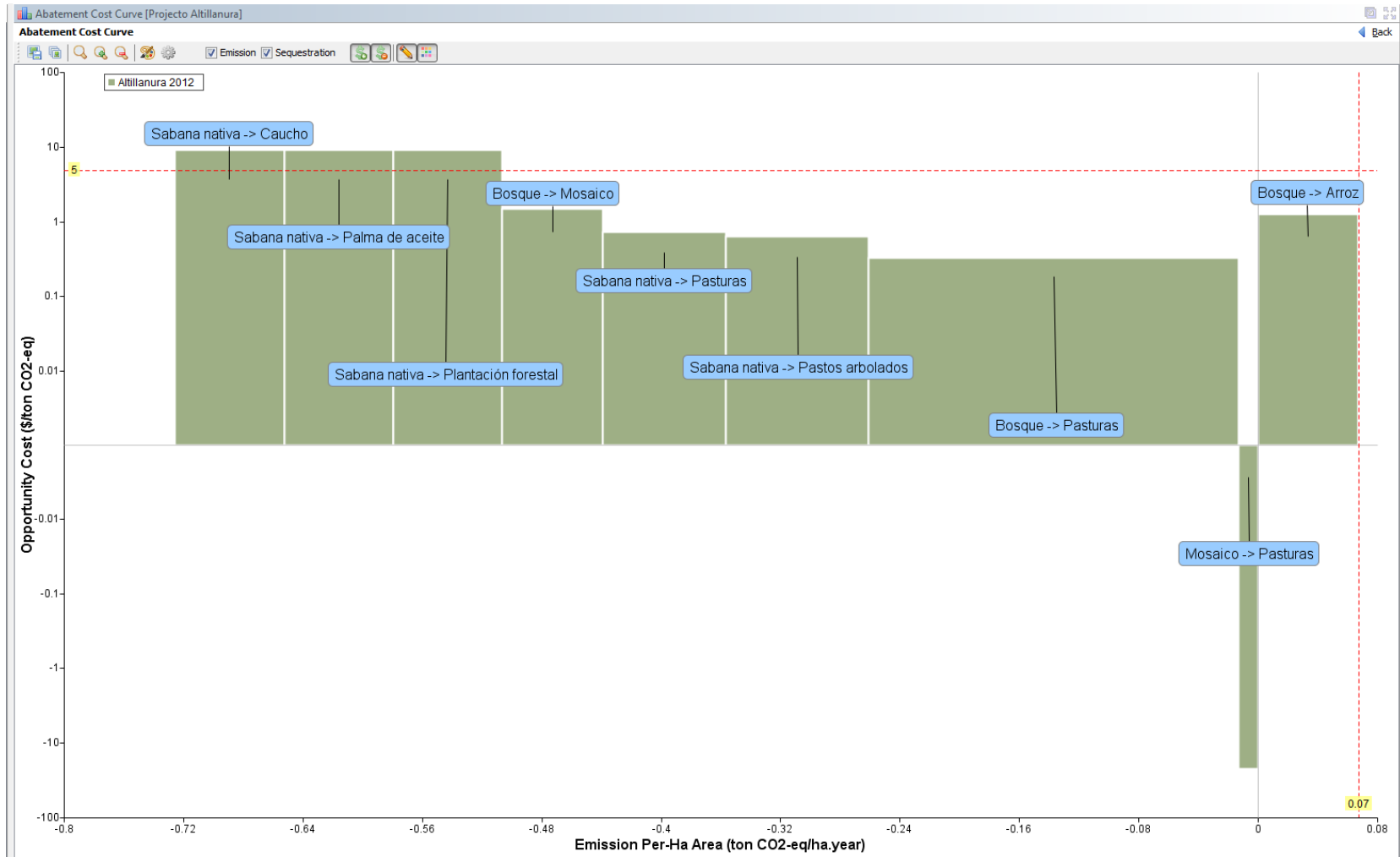


Figura 24 - Análisis de Costo de oportunidad

5. CONCLUSIONES

Con los Sistemas de Información Geográfica la exploración, acceso y distribución de los datos geospaciales inventariados para el proyecto tendrán un mayor efecto cuando los usuarios puedan editar, medir, consultar, reclasificar la información geoespacial existe. Para este estudio las nuevas tecnologías de SIG en la web son el medio para facilitar la socialización y/o difusión de los resultados.

Dado el potencial de Altillanura plana del Meta y debido a la falta de información sobre los cambios históricos del uso de la tierra a nivel de finca se espera continuar trabajando en la zona en una siguiente fase, esto con el fin de mejorar la información en las fincas seleccionadas para el proyecto.

Las mediciones de campo de las reservas de C en los sitios seleccionados en los diferentes sistemas de usos de la tierra no han sido suficientes para la escala inicial de estudio a nivel de finca. La información sobre captura de C en los suelos ayudan a un mejor manejo de la tierra. Los datos de C aquí presentados representan un patrón general por lo que se necesita mejorar el número de las muestras.

La metodología utilizada para este trabajo debe considerarse como una primera propuesta con base en los requisitos de información definida por las diferentes herramientas como también por el apoyo de los expertos en los temas de cambio climático, secuestro de carbono, coberturas y/o usos de la tierra entre otros con conocimiento y experiencia en la Altillanura Plana del Meta. Es importante la continuidad de las actividades para el fortalecimiento y/o mejoramiento de los productos.

6. REFERENCIAS

- Arcgis Resource Center. Trabajar con ArcGis server. Resource Center. Biblioteca para profesionales. ArcGIS Server: Introducción, Servicios de mapas, Extensiones. *Desktop Help 10.0*. Recuperado de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/00r90000001n000000/>
- Amézquita, E et al. (2004). Use of deep-rooted tropical pastures to build-up an arable layer through improved soil properties of an Oxisol in the Eastern Plains (Llanos Orientales) of Colombia. (pp 269-277).
- Baccini, A. et al.. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change*. DOI:10.1038/NCLIMATE1354.
- Basamba, T et al. (2013). "...son importantes para la optimización de la producción de cultivos": Efecto de sistemas de labranza en el rendimiento de maíz en un Oxisol de la sabana colombiana: Fraccionamiento de materia orgánica y fósforo del suelo. En E. Amézquita et al (Ed.), *Sistemas Agropastoriles: Un enfoque Integrado para el manejo Sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia* (pp. 166-188). Cali, Valle del Cauca: Impreso en CIAT.
- Carvajal, A. et al. (2009). Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes Andinos Colombianos. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. / J. Soil. Sci. Plant Nutr.* 9(3): 222-235.
- Cuesta, P. et al. (2005). "...para obtener altos rendimientos y buena calidad nutritiva del forraje": El Análisis de suelos: Toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera: CORPOICA. (2005). *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina en las regions Caribe y Valle Interandinos*. (pp. 2-11). Recuperado de <http://www.CORPOICA.org.co/sitioweb/archivos/publicaciones/produccinyutilizacion.pdf>
- Etter, A. Introducción a la ecología del Paisaje. 1991. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, Bogotá, Colombia.

- Federal Geographic Data Committee –FGDC- (2000). Content Standard for Digital Geospatial Metadata Workbook Versión 2.0, Federal Geographic Data Committee, Washington D. C.
- Fisher, M et al. (1994). Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature (London)*, **371**: 236-238.
- [Fotografía de Julián Moll-Rocek]. (Puerto López. 2012). Archivos fotográficos del Meta. CIAT-DAPA, Cali, Valle del Cauca.
- Harja, D et al. (2011) . REDD Abacus P: User Manual and Software. Recuperado de <http://www.worldagroforestry.org/sea/abacus>.
- Hyman, G. (16 de marzo de 2012). ASB researchers facilitate REDD roundtable group meeting in Pucallpa, Perú. Recuperado de <http://dapa.ciat.cgiar.org/asb-researchers-facilitate-redd-roundtable-group-meeting-in-pucallpa-peru/>
- Ibrahim, M et al. (2007) . Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Recuperado de <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/Articulos/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20biomasa%20arborea.pdf>
- ICRAF. 2014. Glosario. Traducción del Manual de Usuario REDD Abacus SP. (pp 75-80) Palmira, Valle del Cauca. Colombia
- IDEAM. 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra, Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1998. Principios Básicos De Cartografía Temática. Santa Fe de Bogota D.C.
- Lozano, M. et al.(2006). Sistemas Silvopastoriles con uso de fertilizantes: Opción tecnológica para el Valle Cálido del Alto Magdalena (pp. 9-11). Bogotá, Colombia: Producción Editorial.
- MADR-CORPOICA-CIAT. 2012. Informe técnico: Modelo para la adaptación y mitigación de sistemas de producción de la región en el contexto del cambio climático: inhibición biológica de la nitrificación y secuestro de carbono en sistemas pastoriles y agrosilvopastoriles. Palmira, Valle del Cauca. Colombia

- Muhammad, I et al. 2008. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Recuperado de <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/Articulos/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20biomasa%20arborea.pdf>
- Prosis ESRI. (Productor). (2013). Conozca ArcGis Online para Organizaciones, [Videos]. Recuperado de <http://www.prosis.com/videos/videos.php?opcion=1>
- Rippstein, G. et al. (2001). Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia (pp. 198-222). Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, A. (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, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, A et al. (2012). 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. (pp. 9-26).
- Sánchez, L (2004). Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como Datum oficial de Colombia. Bogotá, Colombia. IGAC.
- Smith, P et al. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B, 363:789-813.
- Suelos CIAT. (09 de mayo de 2013). Con el monocultivo, el suelo pierde un 30% de carbono (INTA). Recuperado de <http://ciatblogs.cgiar.org/suelos/2013/05/09/con-el-monocultivo-el-suelo-pierde-un-30-de-carbono-inta/>
- Tomlinson, R. (2008). Pensando en el SIG. Redlands, USA: ESRI Press.
- White D and Minang P, eds. 2010. Estimating the Opportunity costs of REDD+ A training manual. Washington, USA: World Bank Institute. De <http://wbi.worldbank.org/wbi/learning-product/estimating-opportunity-costs-redd>

7. GLOSARIO

Almacenamiento de carbón: el total de carbón almacenado (cantidad absoluta) en ecosistemas terrestres en un tiempo específico, como biomasa vegetal, ya sea viviente o muerta (superficial y debajo del suelo) y en el suelo, acompañado usualmente de cantidades insignificantes de biomasa animal.

Asentamientos: esta categoría incluye todo terreno urbanizado, incluso la infraestructura de transporte y asentamientos humanos de cualquier tamaño a menos que ya estén incluidos en alguna de las demás categorías. Esto debe ser consistente con la selección de las definiciones nacionales.

Balance de carbono. el saldo de los intercambios de carbono entre los reservorios de carbono o dentro de un circuito específico (ej., atmósfera –biósfera) del ciclo del carbon

Biomasa: la masa total de organismos vivientes incluyendo plantas y animales de un área determinada comunmente expresados en peso al seco en $g\ m^{-2}$ o $K\ ha^{-1}$. El material orgánico proveniente de organismos vivientes (especialmente considerados como combustible) a excepción de la turba incluye productos, por productos y desperdicios derivados de dicho material. Para investigaciones mas ecológicas y para los propósitos de este manual, biomasa es un atributo de la vegetación que se refiere al peso del material vegetal de un área determinada. Otra concepción común del término biomasa, es la de producción, en cuanto a la cantidad de vegetación que es producida en un área.

Biomasa aérea: biomasa sobre la superficie de la tierra: árboles y otro tipo de vegetación.

Biomasa subterránea: biomasa ubicada debajo de la superficie del suelo, raíces de plantas y biota del suelo.

Cambio en el almacenamiento de carbono: el almacenamiento de carbono en un depósito puede cambiar debido a las diferencias entre las entradas y salidas de carbono. Cuando las salidas son mayores a las entradas, el almacenamiento de carbono disminuye y de esta forma el depósito actúa como una fuente a la atmósfera. Cuando las pérdidas son menores a las entradas, el depósito hace el papel de sumidero.

Cobertura de tierra: es la clasificación de la superficie biofísica de la tierra. Comprende vegetación, suelos, piedras, agua y áreas construidas por humanos.

Costo: el costo se refiere al valor en usos alternativos de los factores de producción de una firma (costos laborales, costos de materiales, costos de capital). Estos pueden ser fijos, o variables.

Costos de oportunidad (REDD+): hace referencia a la diferencia entre las ganancias netas de conservar, mejorar un bosque o convertirlo en un uso de la tierra típicamente más valioso. Los análisis de costo de oportunidad permiten hacer cálculos sobre la manera en que los diferentes actores y sectores de la economía nacional se verían afectados por las políticas y pagos de REDD. Son una parte muy importante de el proceso de planeación nacional.

Depósito de carbono: es una reserva o subsistema con la capacidad de acumular o hacer emisiones de carbono. Ejemplos de depósitos de carbono son la biomasa forestal, productos de madera, los suelos y la atmósfera. Las unidades son kg ha⁻¹ o mg ha⁻¹.

Deforestación: la mayoría de las definiciones describen la deforestación como la conversión permanente a largo plazo de tierra forestal, a tierra no forestal. En un anexo a una decisión echa por el UNFCCC Conference of Parties (COP), la cual sirve como punto de reunión de las partes del protocolo de Kyoto, deforestación se define como “la conversión de bosque a otro sistema de uso de la tierra directamente inducida por humanos, ó la reducción a largo plazo del dosel de los árboles debajo del umbral mínimo del 10%”. Algunas definiciones también estipulan la altura mínima de los árboles y el área mínima, también que la agricultura no puede ser el uso dominante. Pero las definiciones sobre el dosel mínimo, altura y área de los árboles varían de país en país.

Emisiones: la liberación de gases de invernadero y/o sus repercusiones en la atmósfera sobre un área específica en determinado período de tiempo (UNFCCC Artículo 1.4).

Ganancias: el retorno neto o los ingresos, menos los costos.

Gases de efecto invernadero: son gases de traza radiactivos en la atmósfera que atrapan la radiación infrarroja. La tierra absorbe ondas cortas del sol, los rayos ultravioletas y emite radiación infrarroja de onda larga al espacio exterior. La absorbción de radiación produce calentamiento. La cantidad de energía infrarroja que sale de la tierra al espacio exterior se ve fuertemente influenciada por la composición de la atmósfera terrestre tal como dióxido de carbóno (CO₂), Metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y clorofluocarbónos (CFC) absorben parte de la radiación infrarroja saliente.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): en español: “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático”, conformado en 1988 cómo un cuerpo especial del programa ambiental de la ONU y la World Meteorological Organization para proveer evaluación a los responsables políticos de los resultados

arrojados en la investigación en curso sobre el cambio climático. El IPCC es responsable de proporcionar la base científica y tecnológica de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), principalmente a través de la publicación de los informes de evaluación periódicos.

Materia orgánica (Material orgánico): material que proviene de un organismo alguna vez viviente. Puede descomponerse, es producto de la descomposición, o está compuesto de materiales orgánicos.

Materia orgánica del suelo (MOS): es la masa de materia orgánica del suelo en una unidad de masa seca de suelo. Suele expresarse en % del peso.

VPN: cálculo usado para estimar la rentabilidad de una tierra que ha sido usada durante muchos años.

Protocolo de Kyoto: es un acuerdo logrado en 1997 bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Los países se comprometieron a reducir sus emisiones de dióxido de carbono y otros cinco gases de efecto invernadero. El protocolo de Kyoto ahora compromete a más de 170 países globalmente, pero solo al 60% en términos de emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal (REDD y REDD+): hace referencia a un mecanismo que actualmente es negociado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo. **REDD+** incluye un aumento de las reservas de carbono forestales, eso es “degradación negativa” o “traslado” en tierra clasificada como bosque. Tal como fue utilizado en este libro, **REDD+** no incluye aforestación ni reforestación (A/R).

Reforestacion: la reforestación es la conversión inducida directamente por humanos de tierra no forestal en tierra forestal, por medio de plantación, siempre y/o cualquier tipo de promoción humana de las fuentes de semillas naturales en tierra que alguna vez fue forestal, pero fue convertida en tierra no forestal. En el primer período de compromiso del protocolo de Kyoto, las actividades de reforestación fueron definidas como reforestación en tierras que fueron no forestales el 31 de diciembre de 1989, pero tuvieron cobertura forestal en algún momento durante los últimos 50 años.

Rentas: también conocido como renta económica, o excedente del productor. El valor que los productores obtienen cuando el precio actual excede el precio mínimo que un vendedor aceptará. En el contexto de REDD+, la renta es la diferencia entre el precio internacional del carbón y los costos de REDD+.

Reserva de carbono: el total del carbono almacenado (cantidad absoluta) en ecosistemas terrestres en un momento específico como biomasa de plantas vivas o muertas (aérea y subterránea), junto con cantidades generalmente insignificantes como biomasa animal. Las unidades utilizadas son Mg ha⁻¹.

Reservorio de carbono: un reservorio o subsistema que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Algunos ejemplos de reservorios de carbono son la biomasa forestal, los productos de la madera, los suelos y la atmósfera. Se utilizan unidades de masa (kg ha⁻¹ o Mg ha⁻¹). Reservorio, depósito o almacenamiento son conceptos equiparables

Resolución espacial: es el tamaño de los píxeles o celdas de una cuadrícula que representan áreas en la superficie terrestre. Una elevada resolución espacial permite la identificación de objetos más detallados en la superficie.

Secuestro de carbón: el proceso de aumentar el contenido de carbono de un reservorio de carbono distinto de la atmósfera.

Sistema de uso de la tierra: características dinámicas e interacciones en actividades a lo largo del tiempo y el espacio sobre la superficie terrestre. La palabra sistema se refiere a una secuencia cíclica de cambios que hacen parte de un uso de la tierra, tal como la cosecha en rotación del barbecho en sistemas de agricultura migratoria.

Sumidero: cualquier proceso, actividad o mecanismo que remueva un gas invernadero, aerosol o precursor de un gas invernadero de la atmósfera (CMNUCC Artículo 1.8)

Sequestración: el proceso de incrementar el contenido de carbón de un depósito de carbón distinto a la atmósfera. Es preferible usar el termino “sumidero”

Sistema Agroforestal: esta categoría incluye todo tipo de tierra con una vegetación leñosa perennes (árboles, arbustos, palmas, etc) consecuente con los umbrales usados para definir este tipo de terrenos en el inventario nacional de gases de efecto invernadero, subdividido en administrado y no administrado, también por tipo de ecosistema tal como se especifica en las directrices del IPCC. También incluye sistemas con vegetación por debajo del umbral, pero se espera que lo excedan.

Turberas: la turbera es una tierra rica en plantas parcialmente descompuestas, mantiene un nivel de carbón orgánico > al 18% y un grosor > de 50cm. La turbera es intrínseca a muchos humedales alrededor del mundo. El grosor de la turbera tropical oscila entre 1m y 7m, y en ciertos lugares puede ser de 20m. Musgo, hierbas, arbustos y árboles pueden contribuir a la acumulación de restos orgánicos, incluyendo los tallos, hojas, flores, semillas, nueces, piñas, raíces, corteza y madera. Las turbas se forman en pantanos o turberas comunmente denominados humedales, páramos, musgos, ciénagas y pantanos de

turba. A lo largo del tiempo, la acumulación de turba crea el sustrato, influye en las condiciones de las aguas subterráneas, y modifica la morfología de la superficie del humedal.

Uso de la tierra: es la clasificación de las actividades humanas, ocupaciones y asentamientos de la superficie terrestre. Ejemplo: Cosechas anuales, cultivo de árboles, plantaciones, urbanismo, áreas de conservación, etc.

8. ANEXOS

Anexo 1 - Plantilla de Metadatos

Anexo 1 - Plantilla de Metadatos

```

<metadata>
  <idinfo>
    <citation>
      <citeinfo>
        <title>
          </title>
        <geoform>vector digital data</geoform>
      </citeinfo>
    </citation>
    <descript>
      <abstract>Estos datos hacen parte del proyecto de desarrollo agrícola en la región de la
      Altillanura plana del Meta</abstract>
      <purpose>Sitios de muestra de carbono arriba y abajo a un metro de profundidad del
      suelo de los sitios estudiados en la zona de la Altillanura Plana del Meta en los municipios
      de Puerto López y Puerto Gaitán. </purpose>
    </descript>
    <spdom>
      <bounding>
        <westbc>-72.553740</westbc>
        <eastbc>-71.259693</eastbc>
        <northbc>4.625151</northbc>
        <southbc>4.203553</southbc>
      </bounding>
    </spdom>
    <keywords>
      <theme>
        <themekt>ISO 19115 Topic Categories</themekt>
        <themekey>environment</themekey>
      </theme>
      <place>
        <placekt>None</placekt>
        <placekey>Colombia; Altillanura plana del Meta; Meta; Puerto López; Puerto
      Gaitán</placekey>
      </place>
    </keywords>
    <acconst>None</acconst>
    <useconst>Estos datos son de uso exclusivo por los investigadores del proyecto de
    desarrollo agrícola en la región de la Altillanura plana del Meta (convenio técnico-
    científico entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la Corporación de
    Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y el Centro Internacional de Agricultura
    Tropical (CIAT)).</useconst>
    <datacred>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la Corporación de
    Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y el Centro Internacional de Agricultura
    Tropical (CIAT)</datacred>
  
```

```

    <native>Microsoft Windows 7 Version 6.1 (Build 7601) Service Pack 1; ESRI ArcGIS
10.0.4.4000</native>
  </idinfo>
  <spdoinfo>
    <direct>Vector</direct>
    <ptvctinf>
      <sdtsterm>
        <sdtstype>Entity point</sdtstype>
        <ptvctcnt>109</ptvctcnt>
      </sdtsterm>
    </ptvctinf>
  </spdoinfo>
  <spref>
    <horizsys>
      <geograph>
        <latres>8.9831528411952133e-009</latres>
        <longres>8.9831528411952133e-009</longres>
        <geogunit>Decimal Degrees</geogunit>
      </geograph>
      <geodetic>
        <horizdn>D WGS 1984</horizdn>
        <ellips>WGS 1984</ellips>
        <semiaxis>6378137.0</semiaxis>
        <denflat>298.257223563</denflat>
      </geodetic>
    </horizsys>
  </spref>
  <eainfo>
    <detailed>
      <enttyp>
        <enttyppl>sitios_muestreo_aracely_2011</enttyppl>
      </enttyp>
      <metainfo>
        <metd>20130202</metd>
      </metainfo>
    </detailed>
  </eainfo>
  <metc>
    <cntinfo>
      <cntorgp>
        <cntorg>CIAT</cntorg>
        <cntper>Silvia Elena Castaño</cntper>
      </cntorgp>
      <cntpos>GIS</cntpos>
    </cntinfo>
  </metc>
  <metstdn>FGDC Content Standard for Digital Geospatial Metadata</metstdn>

```

```
<metstdv>FGDC-STD-001-1998</metstdv>  
<mettc>local time</mettc>  
<metac>Está prohibido su uso comercial. Para su distribución se requiere por escrito el  
permiso del CIAT. Los usuarios deben reconocer MADR, CORPOICA y CIAT como la  
fuente utilizada en la creación de los informes, publicaciones, nuevos conjuntos de datos ,  
los productos derivados, o servicios resultantes de la utilización de este conjunto de datos .  
</metac>  
</metainfo>  
</metadata>
```