


	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 1

Neiva, 10 de junio de 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Juan Fernando Castro Chávez, con C.C. No. 1075260239, autor(es) Informe de pasantía titulado Implementación y aplicación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) en la actualización, control y caracterización de la zona arrocera del municipio de Palermo –Huila, presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola; autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:


Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.





- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: 

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Implementación y aplicación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) en la actualización, control y caracterización de la zona arrocera del municipio de Palermo –Huila.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Castro Chávez	Juan Fernando

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mayorga Bautista	Jorge Orlando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre





PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2015 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 49

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas_X_ Fotografías_X_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___ Láminas___
 Litografías___ Mapas_X_ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o
 Cuadros_X_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Adobe Reader

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)
2. Geodatabase
3. Tecnología GPS
4. Sistema de referencia





Inglés

- Geographic Information Systems (GIS)
 Geodatabase
 GPS technology
 Reference system.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Con el objetivo de lograr organización en los datos e información obtenidos durante el proceso de georeferenciación y permitiendo que ésta sea contenida en una geodatabase de fácil acceso, se decide aplicar un SIG (Sistemas de Información Geográfica) para la empresa Molinos Roa S.A en la zona arrocera aledaña al casco urbano del municipio de Palermo (Huila).

El proceso se llevó a cabo realizando medición de áreas lote a lote haciendo uso de la tecnología GPS, por sus siglas en inglés Global Positioning System, y con la toma de información en campo con ayuda de los agricultores. La información tomada con GPS es llevada a un computador con el software ArcGIS versión 10.1 donde se procesó para generar la base de datos atributiva que contiene información específica propia de cada track (nombre del agricultor, vereda, nombre del lote, tenencia, tipo de riego, cultivo, edad

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3

del cultivo y área) y la base de datos espacial en donde se representa el área georeferenciada y se procesa el contenido cartográfico que tiene como sistema de referencia el DATUM MAGNA-SIRGAS, el cual es oficial para la cartografía Nacional.

De esta manera se presenta la compilación de datos que sirven como referencia para posibles estrategias de producción, apoyadas en la organización de la información que estará al alcance de entidades relacionadas con el sector arrocero, además de conocer con exactitud el área potencial cultivable en arroz en el municipio de Palermo.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In order to achieve organizational data and information obtained during georeferencing and allowing it to be contained in a geodatabase easily accessible, it was decided to implement a GIS (Geographical Information Systems) for the company Molinos Roa SA in the rice area surrounding the urban area of Palermo (Huila).

The process was carried out measurements of areas performing batch to batch using GPS technology, for its acronym in English Global Positioning System, and making information field with the help of farmers. Information taken with GPS is brought to a computer with the ArcGIS software version 10.1 where it was processed to generate the base of attributive data contains proprietary information specific to each track (name of the farmer, sidewalk, batch name, tenure, type of irrigation , cultivation, crop age and area) and spatial database where the area is represented and georeferenced map content whose reference system in the datum MAGNA-SIRGAS, which is official for the National Mapping is processed.

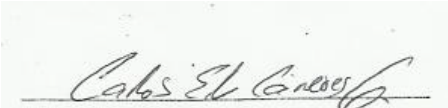
Thus the collection of data that serve as reference for possible production strategies, supported by the organization of the information will be available to entities related to the rice sector, in addition to know precisely the potential cultivable area is presented rice the city of Palermo.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Nelson Humberto Ortiz Palma

Firma: 

Nombre Jurado: Carlos Eduardo Cáceres Gonzáles

Firma: 

**IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICO (SIG) EN LA ACTUALIZACIÓN, CONTROL Y
CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS ARROCERAS DEL MUNICIPIO DE
PALERMO-HUILA.**

**Presentado Por:
JUAN FERNANDO CASTRO CHÁVEZ**

Proyecto final de pasantía en Molinos Roa S.A

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2015**

**IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICO (SIG) EN LA ACTUALIZACIÓN, CONTROL Y
CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS ARROCERAS DEL MUNICIPIO DE
PALERMO-HUILA.**

JUAN FERNANDO CASTRO CHÁVEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Agrícola**

Director:

JORGE ORLANDO MAYORGA BAUTISTA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2015**

“A la vida para que se demore un poquito más”

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las bendiciones recibidas. A mis padres, hermano y familia, quienes no dudaron ni un segundo en apoyarme a lo largo de toda la carrera. A mi novia una mujer increíble. A todos mis amigos de la Universidad, en especial a los del código 20091 por estos años compartidos y de mucho estudio. A la empresa Molinos Roa S.A donde realicé este proyecto de pasantía. A los profesores, al director del proyecto Jorge Orlando Mayorga, a los jurados Carlos Eduardo Cáceres y Nelson Humberto Ortiz. A Gelmo Tierradentro, funcionario de la Universidad y gran amigo de la familia.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1.1 GEOREFERENCIACIÓN	14
1.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	14
1.3 COMPONENTES DE UN SIG	14
1.3.1 Subsistemas	15
1.3.2 Elementos	15
1.4 MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS	15
1.5 MODELO DE DATOS GEODATABASE EN ARCGIS	16
1.6 SISTEMA DE REFERENCIA	17
1.7 SISTEMA DE COORDENADAS	17
1.7.1 Sistema de coordenadas geográficas	18
1.7.2 Sistema de coordenadas cartesianas	19
1.8 TECNOLOGÍA GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)	19
1.8.1 Navegadores GPS	19
1.8.2 Estructura del GPS	20
1.8.3 Sistema Global de Posicionamiento por Satélite (GPS)	20
2. METODOLOGÍA	21
2.1 LOCALIZACIÓN	21
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	22
2.3 METODOLOGÍA UTILIZADA.	22
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1 INFRAESTRUCTURA	24
3.1.1 Vías	24
3.1.2 Sistema de riego	24
3.1.3 Mecanización	24
3.2 CARTOGRAFÍA SOCIAL	25
3.3 ANÁLISIS SOCIAL	27
3.4 GEODATABASE	29
3.5 MODELO DE DATOS	30
1.1 GENERACIÓN DE MAPAS	35
4. CONCLUSIONES	40
5. BIBLIOGRAFIA	41
ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. EJES COORDENADOS DE UN SISTEMA DE REFERENCIA	17
FIGURA 2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS (LATITUD-LONGITUD)	18
FIGURA 3. UBICACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE PALERMO	21
FIGURA 4. DIAGRAMA JERÁRQUICO PARA MANEJO DEL CULTIVO DE ARROZ	28
FIGURA 5. DISEÑO DE LA GEODATABASE	29
FIGURA 6. MAPA GENERAL DE LA ZONA	36
FIGURA 7. MAPA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	37
FIGURA 8. MAPA DE TENENCIA DE LA TIERRA.....	38
FIGURA 9. MAPA DE EDAD DE LOS CULTIVOS	39

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA1. DISTRIBUCIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA.....	25
GRÁFICA2. RENDIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO A CARGO DEL DOCTOR GUSTAVO PERILLA.....	26

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS.....	30
TABLA 2. CURVAS DE NIVEL	30
TABLA 3. VÍAS	31
TABLA 4. POLÍGONOS DE HIDROGRAFÍA	31
TABLA 5. NEIVA.....	32
TABLA 6. MUNICIPIO DE PALERMO	32
TABLA 7. LOTES DE ARROZ	33
TABLA 8. HIDROGRAFÍA.....	34

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	44
ANEXO B. ESTADO DE LAS INSTALACIONES ANTIGUAS DEL SISTEMA DE RIEGO.....	45
ANEXO C. NAVEGADORES GPS UTILIZADOS EN CAMPO.	45
ANEXO D. MAPAS ADICIONALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	45

RESUMEN

Con el objetivo de lograr organización en los datos e información obtenidos durante el proceso de georeferenciación y permitiendo que ésta sea contenida en una geodatabase de fácil acceso, se decide aplicar un SIG (Sistemas de Información Geográfica) para la empresa Molinos Roa S.A en la zona arrocerá aledaña al casco urbano del municipio de Palermo (Huila).

El proceso se llevó a cabo realizando medición de áreas lote a lote haciendo uso de la tecnología GPS, por sus siglas en inglés Global Positioning System, y con la toma de información en campo con ayuda de los agricultores. La información tomada con GPS es llevada a un computador con el software ArcGIS versión 10.1 donde se procesó para generar la base de datos atributiva que contiene información específica propia de cada track (nombre del agricultor, vereda, nombre del lote, tenencia, tipo de riego, cultivo, edad del cultivo y área) y la base de datos espacial en donde se representa el área georeferenciada y se procesa el contenido cartográfico que tiene como sistema de referencia el DATUM MAGNA-SIRGAS, el cual es oficial para la cartografía Nacional.

De esta manera se presenta la compilación de datos que sirven como referencia para posibles estrategias de producción, apoyadas en la organización de la información que estará al alcance de entidades relacionadas con el sector arrocerá, además de conocer con exactitud el área potencial cultivable en arroz en el municipio de Palermo.

Palabras claves: Sistemas de Información Geográfica (SIG), geodatabase, tecnología GPS, Sistema de referencia.

ABSTRACT

In order to achieve organizational data and information obtained during georeferencing and allowing it to be contained in a geodatabase easily accessible, it was decided to implement a GIS (Geographical Information Systems) for the company Molinos Roa SA in the rice area surrounding the urban area of Palermo (Huila).

The process was carried out measurements of areas performing batch to batch using GPS technology, for its acronym in English Global Positioning System, and making information field with the help of farmers. Information taken with GPS is brought to a computer with the ArcGIS software version 10.1 where it was processed to generate the base of attributive data contains proprietary information specific to each track (name of the farmer, sidewalk, batch name, tenure, type of irrigation , cultivation, crop age and area) and spatial database where the area is represented and georeferenced map content whose reference system in the datum MAGNA-SIRGAS, which is official for the National Mapping is processed.

Thus the collection of data that serve as reference for possible production strategies, supported by the organization of the information will be available to entities related to the rice sector, in addition to know precisely the potential cultivable area is presented rice the city of Palermo.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), GPS technology, geodatabase, reference system.

INTRODUCCIÓN

El arroz es reconocido por ser el segundo cereal de mayor producción a nivel mundial, superado únicamente por el maíz, teniendo como una de sus principales características el gran aporte alimenticio y considerado como alimento básico en muchas regiones del mundo, debido a las calorías y proteínas que ofrece a la hora de ser consumido. Más del 85% de la producción de arroz proviene de Asia, tan solo siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia) producen y consumen el 80% del arroz del mundo. (<http://www.minag.gob.pe/>). Según la FAO¹, para el 2004, declarado año internacional del arroz, Colombia ocupaba el puesto 19 en la producción mundial de arroz. Para el año 2011, se ubicó en el lugar número 24 (FINAGRO, 2013).

En el país los departamentos de mayor participación son Meta, Casanare, Tolima y Huila, representando el 74% de la producción total² de arroz para el año 2013, tendencia que se ha mantenido desde 2004. Huila con una producción promedio de 238.696 toneladas que representan el 10%, se ubica como el cuarto productor a nivel nacional también con un área promedio de siembra³ de 31.581 has, esto debido a los buenos rendimientos de 6.7 ton/ha (el más alto del país). (DANE-FEDEARROZ).

El municipio de Palermo cuenta con alrededor de 5.000has aptas para el cultivo de arroz y es reconocida su zona denominada El Juncal, en cercanía a la ciudad de Neiva, por su participación en la producción a nivel departamental con un área de siembra para arroz de 2.500 has aproximadamente, de acuerdo a datos proporcionados por funcionarios de Insumos Roa⁴. La producción de arroz en Palermo es la segunda del departamento aportando el 20% de la totalidad y solo es superada por Campoalegre que representa el 35% del cereal producido en el departamento (AGRONET). Es importante mencionar que a pesar del poco apoyo ofrecido por el gobierno a los agricultores del sector, el departamento del Huila se ha posicionado entre los 4 grandes productores de arroz en el país durante los últimos 13 años.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en la última década en herramientas de trabajo esenciales en el planeamiento urbano y en la gestión de recursos. Su capacidad para almacenar, recuperar, analizar, modelar y representar amplias extensiones de terreno con enormes volúmenes de datos espaciales les han situado a la cabeza de una gran cantidad de aplicaciones.

¹Food and Agriculture Organization, organización específica de la ONU, creada el 16 de octubre de 1945, en la ciudad de Quebec.

² En la producción total se incluye la producción de arroz riego, secano manual y secano mecanizado.

³ El área promedio de siembra va desde el año 2007 a 2013.

⁴Informe dado por el Ing. Juan Carlos Ramos Motta, Gerente de Insumos Roa, seccional Huila.

(ARAQUE IBAÑEZ, A. 2012). La implementación de nuevas tecnologías en el proceso de producción ha permitido que el uso del suelo sea optimizado, a través de la utilización de programas con los que se logra analizar satelitalmente la superficie terrestre y determinar zonas que por sus características hidrográficas, topográficas y edáficas son aptas para el cultivo.

Una de las nuevas herramientas con mayor acogida en la actualidad y que es parte fundamental de los SIG, es la georeferenciación, que además de proporcionar con exactitud la ubicación de un determinado objeto, lugar o zona dentro de un mapa, permite indicar detalladamente medidas tales como perímetro, área y distancia que son de utilidad para determinar la cantidad de suelo que se aprovecha, el área sembrada, cosechada y en producción que denotan estadísticamente las zonas de mayor influencia y participación agrícola de una vereda, región, departamento, país y a nivel mundial.

Para justificar la importancia de los SIG y el papel que estos juegan hoy en día, es habitual citar el hecho de que aproximadamente un 70 % de la información que manejamos en cualquier tipo de disciplina está georeferenciada. Es decir, que se trata de información a la cual puede asignarse una posición geográfica, y es por tanto información que viene acompañada de otra información adicional relativa a su localización. (OLAYA, 2011)

En ausencia de la georeferenciación y digitalización, realizar un mapeo de cualquier zona implicaría necesariamente el desplazamiento a la zona con equipos de topografía, lo cual sería dispendioso por la dificultad de acceso y recorrido de algunas zonas, además del mayor tiempo que requeriría realizar el levantamiento de la información. Con lo anterior no se pretende desvalorar el trabajo cuando se realiza a través de visita a campo, ya que es necesaria para verificar aspectos de un lote como el nombre del propietario, cultivo actual, edad y si se ha presentado cambios en su forma, esto porque las imágenes satelitales incluidas en los programas en ocasiones pueden estar desactualizadas en meses o incluso años.

Como en toda labor siempre será necesario el uso de mecanismos complementarios, para el tema que nos ocupa, georeferenciar con GPS aunado a la digitalización y las visitas a campo nos permitirá la obtención de datos más precisos y por consiguiente garantizar mejores resultados.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 Georeferenciación

La georeferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específica que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en SIG.⁵

1.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un sistema de información geográfica es un sistema digital de manejo de las bases de datos georeferenciadas. Está diseñado para la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos espaciales. (Mancebo Quintana. Et. al. 2008)

El SIG, de acuerdo a Víctor Olaya (2011), en su concepción actual es una herramienta integradora que busca abarcar en su ámbito todas las funcionalidades que se requieren para el trabajo con variables y elementos espacialmente localizados. Un SIG ha de permitir la realización las siguientes operaciones:

- Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales.
- Análisis de dichos datos. Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí).
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc.

1.3 Componentes de un SIG

Una forma de entender el sistema SIG es como formado por una serie de subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares.

5ArcGISResources – Georeferenciación y sistemas de coordenadas.

1.3.1 Subsistemas

- 1.3.1.1 **Subsistema de datos.** Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- 1.3.1.2 **Subsistema de visualización y creación cartográfica.** Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
- 1.3.1.3 **Subsistema de análisis.** Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

Otra forma distinta de ver el sistema SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen.

1.3.2 Elementos

- 1.3.2.1 **Datos.** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- 1.3.2.2 **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- 1.3.2.3 **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores
- 1.3.2.4 **Hardware.** El equipo necesario para ejecutar el software.
- 1.3.2.5 **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

1.4 Modelo de datos geográficos

Se entiende por modelo de datos al conjunto de información que define las tablas en que ésta se va a almacenar, así como las relaciones existentes entre ellas y el resto de características que permiten conocer exhaustivamente la estructura de la información.

En el caso de los proyectos de información geográfica esta definición sigue siendo válida si bien es necesario ampliarla, puesto que no basta con describir la forma de estructurar la información alfanumérica sino también la gráfica. Por lo tanto el

modelo de datos de un proyecto de información espacial es el conjunto de información en el que se describen tanto los contenidos del proyecto, como la forma de estructurarlos para que sea factible su manejo en formato digital. El modelo comprende tanto información sobre las tablas y sus relaciones, como sobre los elementos gráficos que lo componen, especificando cómo se van a representar geoméricamente cada una de las entidades y cómo se van a agrupar en distintas capas. (García Liseth & Otálvaro Diana, 2009, p. 19)

1.5 Modelo de datos Geodatabase en ArcGIS

La geodatabase, es la estructura nativa de almacenamiento de datos para ArcGIS que se almacenan en un sistema de archivos de carpeta, una base de datos Microsoft Access o una base de datos de sistema de gestión relacional multiusuario (DBMS), como IBM DB2, IBM Informix, Microsoft SQL Server, Oracle (García, L.; Otálvaro, D. Op.Cit., p.22)

Los componentes de la geodatabase son: datasets, feature classes, object classes relationship classes, definidos de la siguiente forma:

- Feature class: es una colección de características con el mismo tipo de geometría: punto, línea o polígono.
- Feature dataset: es una colección de feature classes que comparten un sistema de coordenadas común.
- Raster dataset: pueden ser dataset simples o compuestos con múltiples bandas para distintos espectros o valores categóricos
- TIN dataset: contiene un conjunto de triángulos que abarcan exactamente un área con un valor z para cada nodo que representa algún tipo de superficie.
- Object class: es una tabla que tiene un comportamiento. Las filas de la matriz representan objetos y las columnas atributos. Tiene información descriptiva acerca de los objetos que se relacionan con características geográficas pero que no están en el mapa.
- Relationship class: es una tabla que almacena relaciones entre características u objetos en dos feature class o tablas.

1.6 Sistema de referencia

Un sistema de referencia es el conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que permite definir, en cualquier momento, la orientación, ubicación y escala de tres ejes coordenados $[x,y,z]$. Dado que un sistema de referencia es un modelo (una concepción, una idea) éste es realizado (materializado) mediante puntos reales cuyas coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado, dicho conjunto de puntos se denomina *marco de referencia (Reference Frame)*. En otras palabras un *marco de referencia* es la realización práctica o la materialización de los conceptos teóricos introducidos en el sistema de referencia. Tal materialización se da a través de la determinación de puntos fiduciales (de alta precisión). (Sánchez, 2004)

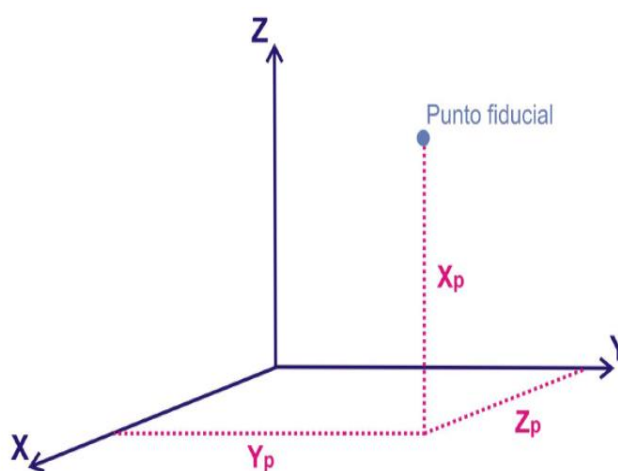


Figura 1. Ejes coordenados de un sistema de referencia
Fuente: Sánchez, 2004

1.7 Sistema de coordenadas⁶

Todo mapa está referido por lo menos a un sistema de coordenadas universal, cuyo objeto es el de dar su ubicación geográfica y con ella la de todos los puntos y detalles contenidos en el mismo, además de facilitar la explotación de las características métricas del mapa. Es de señalar que esto no se cumple en todos los casos y que hay mapas que no llevan esta referencia, por ejemplo, los mapas de ilustración y propaganda. En relación con la cartografía formal lo que se discute en este apartado está relacionado con la ubicación espacial en un marco

⁶http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/Sistema_de_Coordenadas.pdf

geográfico de referencia, y en este sentido se tratarán el sistema geográfico o curvilíneo y el sistema rectangular o cartesiano.

1.7.1 Sistema de coordenadas geográficas

En un sistema de coordenadas geográficas (GCS)⁷ se utiliza una superficie esférica de tres dimensiones para definir ubicaciones en la Tierra. Con frecuencia, a los GCS, se los llama incorrectamente datum, pero un datum es solo una parte de un GCS. Un GCS incluye una unidad angular de medida, un meridiano base y un datum (basado en un esferoide).

Para hacer referencia a un punto se utilizan sus valores de latitud y longitud. La longitud y la latitud son ángulos medidos desde el centro de la Tierra hasta un punto de la superficie de la misma.

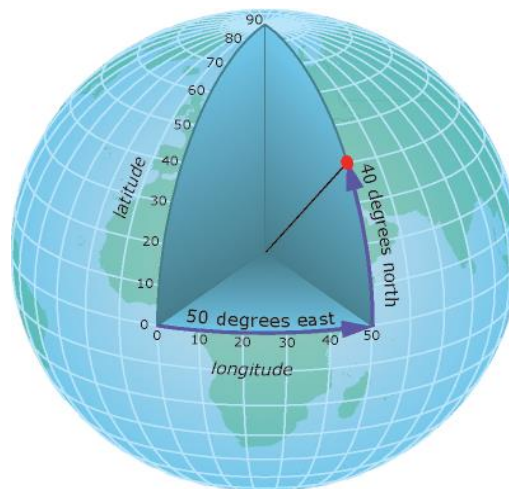


Figura 2. Coordenadas geográficas (latitud-longitud)

Fuente: ArcGIS Resources

La longitud mide ángulos en una dirección este-oeste. Las mediciones de longitud comúnmente se basan en el meridiano de Greenwich, que es una línea imaginaria que realiza un recorrido desde el Polo Norte, a través de Greenwich, Inglaterra, hasta el Polo Sur. Este ángulo es de longitud 0. El oeste del meridiano de Greenwich por lo general se registra como longitud negativa y el este, como longitud positiva

⁷ Por sus siglas en inglés Geographic Coordinate System

1.7.2 Sistema de coordenadas cartesianas⁸

Un sistema de coordenadas proyectadas es cualquier sistema de coordenadas diseñado para una superficie llana, como un mapa impreso o una pantalla de ordenador.

Los sistemas de coordenadas cartesianas en 2D y 3D brindan el mecanismo para describir la ubicación y la forma geográfica de las entidades utilizando los valores x e y.

El sistema de coordenadas cartesianas utiliza dos ejes: uno horizontal (x), que representa el este y el oeste, y otro vertical (y), que representa el norte y el sur. El punto de intersección de los ejes se denomina el origen. Las ubicaciones de los objetos geográficos se definen en relación al origen, utilizando la notación (x,y), donde x se refiere a la distancia del eje horizontal, e y se refiere a la distancia del eje vertical. El origen se define como (0,0).

1.8 Tecnología GPS (Global Positioning System)

1.8.1 Navegadores GPS

Es un sistema de radionavegación basado en la emisión de señales desde una constelación de 24 satélites. Se encuentra completamente operativo desde 1995, y fue diseñado y promovido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, con fines principalmente militares, aunque también es posible el acceso público a una versión degradada, de menos precisión, de las señales que emiten los satélites. El origen militar del GPS explica muchas de sus características actuales.

El GPS permite a un número ilimitado de usuarios calcular con gran precisión y de forma continua tres parámetros:

- **Posición 3D:** coordenadas y altura del usuario.
- **Tiempo:** Los satélites emiten información temporal en UTC (Universal Time Coordinates).
- **Velocidad del móvil:** Esta información requiere de un equipo receptor especial.

⁸<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>

1.8.2 Estructura del GPS

El sistema del GPS consta de 3 segmentos cuyas funciones y características principales son las siguientes:

- **Segmento espacial:** Lo forman el conjunto de satélites en órbita. En total son 24 distribuidos en 6 órbitas y cada una de ellas hay 4 satélites.
- **Segmento de control:** Tiene su base en tierra, y se encarga de hacer el seguimiento y la predicción de las órbitas, verificar la integridad de las señales, calcular las correcciones de los relojes, etc.
- **Segmento de usuario.** Lo conforman los equipos receptores, de navegación, temporización, vigilancia, etc.

1.8.3 Sistema Global de Posicionamiento por Satélite (GPS)⁹

El funcionamiento del GPS se basa en una señal codificada que es enviada por un conjunto de satélites. Dicha señal es captada y procesada por un receptor terrestre indicándonos nuestra posición (latitud, longitud y altitud) y la hora.

Para poder procesar adecuadamente la señal es necesario que esta sea enviada simultáneamente al menos por cuatro satélites.

El sistema global de posicionamiento por satélite no depende de la gravedad terrestre por lo que está resultando de gran utilidad para definir único Datum global (WGS-84) y de esa forma, evitar los problemas que presenta el uso de múltiples Datums locales.

⁹http://jferrer.webs.ull.es/Apuntes05/Tema_7.pdf

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización

Este proyecto se realizó en la zona arrocera circundante con el centro poblado del municipio de Palermo, Huila, Colombia; entre los meses de Julio y octubre del año 2014, más exactamente en el sector de San Francisco y sus alrededores el cual cuenta con un área aproximada de 14.780 has, en donde se estableció que la cantidad de lotes destinados al cultivo de arroz que conforman el sector es de 209, para un área total de 2.695 has.

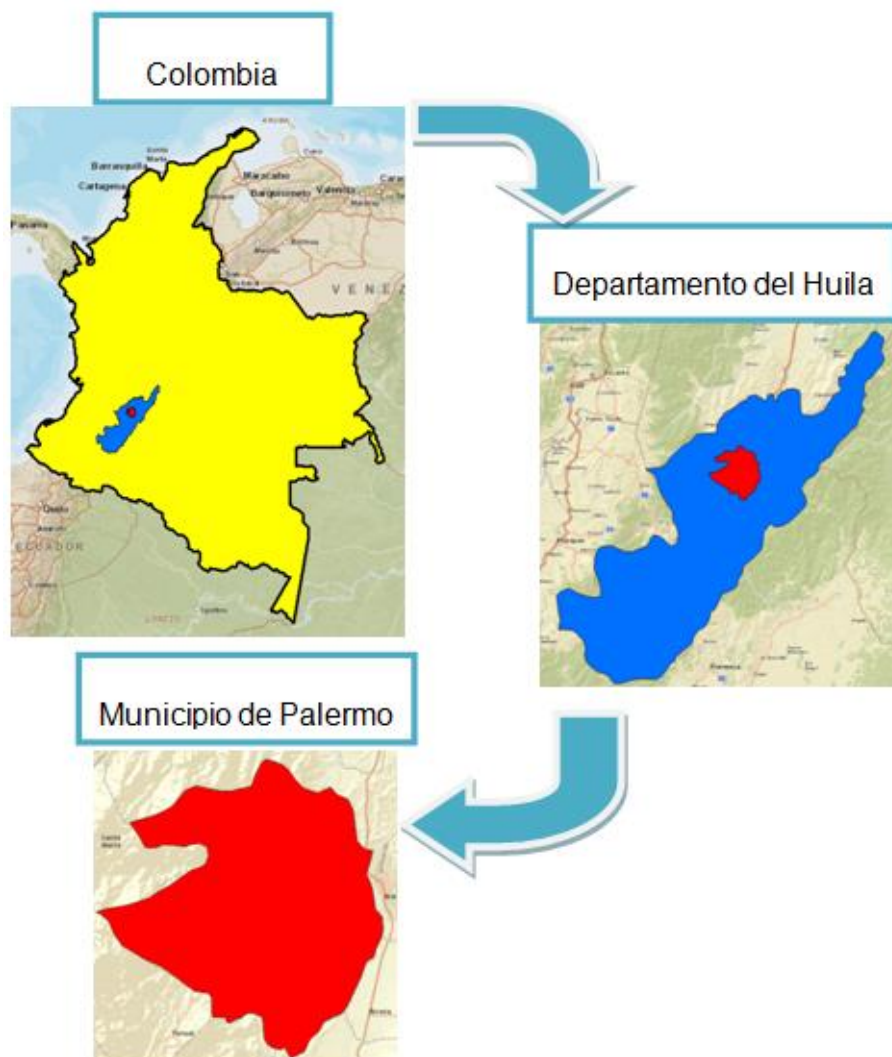


Figura 3. Ubicación general del municipio de Palermo.
Fuente: Castro, 2015

2.2 Descripción de la zona

La zona arrocera del municipio de Palermo ha sido un punto estratégico en la producción de arroz a nivel departamental, pues cuenta con cerca de 5.900 has de las cuales 2.600 aproximadamente conforman la zona objeto de estudio, aledaña al casco urbano del municipio y aptas para el cultivo dado que sus características geográficas, ambientales, edáficas e hidrográficas lo permiten. El zona es atravesada por 2 importantes ríos, siendo principal el río Baché que en época de invierno tiene un caudal de 16,3 m³/s y de 7,83 m³/s en época de estiaje, del cual se extraen 4,79572 m³/s de acuerdo a concesiones de la CAM.

Por otro lado, el río Tune cuenta con un caudal en invierno de 2,46 m³/s y en época de estiaje es de 0,30457 m³/s, sin embargo de este se extraen en predios del municipio 0,40065 m³/s según concesiones de la CAM. (POT Palermo, 2013).

2.3 Metodología utilizada.

- ◆ **Visitas a campo.** Una vez identificada el área de estudio se procedió a ejecutar las actividades programadas, iniciando con visitas a campo durante 4 meses aproximadamente, visitas que en principio permitieron obtener información general de la zona en cuanto a número de lotes, ubicación y rutas de acceso a los mismos.
- ◆ **Track con navegadores GPS.** Para esta fase se utilizaron dos navegadores GPS de referencia Garmin 62s con una precisión de 3m (Ver Anexo D), se procedió a recorrer y tomar las lecturas de coordenadas geográficas correspondientes a cada uno de los lotes (210 en total) realizando un Track que registra el perímetro de cada uno de ellos.
- ◆ **Recolección de información.** Para la recolección de la información se diseñó un formato simple dirigido a obtener información correspondiente al lote y al agricultor, además de algunos datos como el tipo de riego aplicado y la forma en que se llevan a cabo las labores agrícolas. (Ver anexo A)
- ◆ **Observación de características de la zona.** Paralelo a la realización de las mediciones de los lotes, se efectuó una caracterización de algunos de los rasgos más importantes de la zona en cuanto a las condiciones de vida de los habitantes teniendo en cuenta la calidad de sus viviendas, estado de los sistemas de riego y de las vías de acceso.
- ◆ **Procesamiento de la información.** Consistió en unificar los datos recolectados mediante el formato diseñado (Anexo A) y los tracks realizados a cada uno de los lotes. Dicha información fue descargada y procesada en el Software ArcGIS versión 10.1.

- ◆ **Cartografía social.** Para esta fase fue necesaria la colaboración de empleados del Molino Roa, tanto de los administrativos como de los agrónomos. El propósito fue reconstruir y saber a grandes rasgos la variación en el tiempo del área de siembra de la zona, producción de la misma y rendimientos. Así como también las condiciones sociales de sus pobladores.

- ◆ **Diseño de la Geodatabase y modelo de datos.** Este proceso se llevó a cabo haciendo uso de los software Microsoft Visio 2013 y ArcGIS 10.1 para permitir la organización y mejor manejo de los datos obtenidos.

- ◆ **Generación de cartografía.** Con la información procesada y debidamente georeferenciada y apoyado con la cartografía base (323-I-D, 323-II-C, 323-III-B, 323-IV-A, 323-II-D y 323-IV-C) se generó la cartografía temática correspondiente a los lotes dedicados al cultivo del arroz del municipio de Palermo (Huila).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El paisaje, plano en su mayoría y de gran importancia para el cultivo de arroz en el departamento del Huila, se encuentra rodeado de dos importantes ríos, el Baché y el Tune que garantizan la estabilidad del cultivo, pues gran parte de los agricultores de la zona utilizan como técnica de irrigación el riego por gravedad, que de acuerdo a la información suministrada por el agrónomo Milton Mauricio Martínez¹⁰, es un factor que los beneficia económicamente, ya que los costos de producción disminuyen notoriamente, alrededor de 700.000 pesos por hectárea en comparación con el riego por bombeo.

3.1 Infraestructura

3.1.1 Vías: Las vías terciarias de la zona se encuentran en estado de trocha, pero se realizan labores constantes de arreglo y mantenimiento mediante el uso de maquinaria pesada, financiadas por los agricultores, por lo tanto, a pesar de no estar pavimentadas normalmente se encuentran en buen estado y son fácilmente transitables. Estas labores de conservación son de gran importancia, pues el flujo de transporte pesado es constante en época de cosecha.

3.1.2 Sistema de riego: A nivel hidráulico, en la zona oriental de la vereda alguna vez existieron canales de riego y elementos para el control de flujo como canaletas parshal, ataguías, entre otros, pero debido al paso de los años y al poco mantenimiento que se le realizaba, hoy en día nada más se encuentra un rastro de concreto deteriorado y la guía de los canales sin revestimiento y con gran cantidad de vegetación, lo que obstaculiza el flujo de agua y hace poco eficiente el riego.

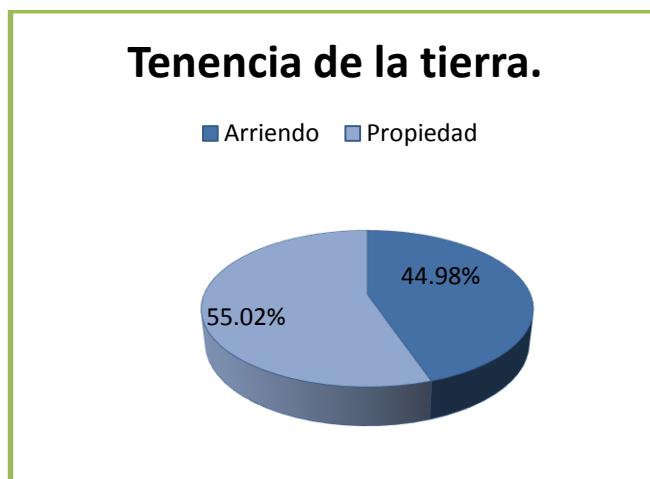
En el flanco occidental, el riego se efectúa en aprovechamiento de la gravedad y se realizan labores de mantenimiento de los canales, unas veces haciendo uso de maquinaria pesada y en otras ocasiones de forma manual con ayuda de palas, labor que desempeñan periódicamente los encargados de cada lote (regadores).

3.1.3 Mecanización: En cuanto a la operación de maquinaria por parte de los agricultores para efectuar sus labores, es importante resaltar la aplicación de nuevas tecnologías y la preocupación por constantes mejoras en la actualización de su campo automotor. Esto se debe al interés de los grandes productores de la zona, en sacar ventaja de las múltiples y novedosas ofertas que se encuentran en el mercado. Un

¹⁰ Milton Mauricio Martínez. Agrónomo de molinos Roa y casa comercial Vecol.

claro ejemplo de la necesidad de modernización de las técnicas aplicadas al cultivo de arroz, es la invitación periódica que realiza Molinos Roa a los agricultores del sector, consistente en el desplazamiento a lugares como la Hacienda Pajonales (Ambalema, Tolima) con el fin de dar a conocer nuevas variedades de semillas y maquinaria con tecnología de punta.

Como se mencionó anteriormente, la cantidad de lotes georeferenciados fueron 209, de allí se pudo determinar el número de personas entre propietarios y arrendatarios que participan activamente en el proceso de siembra de arroz, lográndose establecer que 94 de los 209 lotes al momento de la visita se encontraban arrendados, lo que corresponde al 44.98% y el 55.02% restante estaban siendo cultivados de momento por sus propietarios.



Gráfica 1. Distribución de la tenencia de la tierra
Fuente: Castro, 2015.

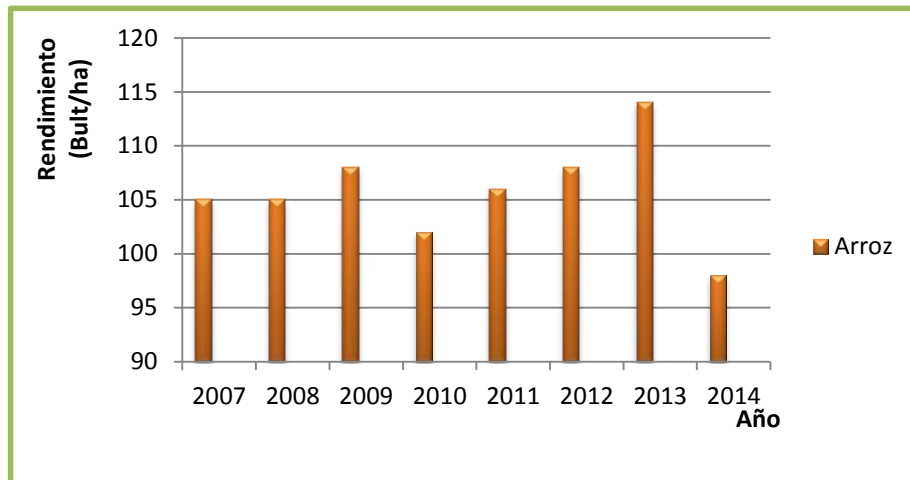
3.2 Cartografía social

De acuerdo a información proporcionada por agricultores de la zona y a funcionarios de Molinos Roa S.A, mediante la aplicación de la cartografía social, observaciones de la zona y de imágenes satelitales; se estableció que no han ocurrido cambios significativos en el área de siembra a lo largo de los años, pero a pesar de esto existen actualmente 120 has en las cuales se ha descontinuado la producción por más de cinco años, siendo una de las razones principales la escases de agua generada por el cambio climático y en segunda medida la perdida de propiedades y características de algunas tierras.

Un factor que también ha sufrido transformaciones es el rendimiento en la producción de arroz por hectárea cultivada, el cual ha disminuido a causa de un

factor repetitivo como lo es el cambio climático que afecta notoriamente el sector arrocero, otros factores son el aumento significativo en los costos de producción, la afectación por bacterias, la introducción de semilla nueva, entre otros.

Según información otorgada por el Doctor Gustavo Perilla¹¹, en la zona de San Francisco el promedio de rendimiento ha sido de 105,9 bultos/ha teniendo en cuenta que los registros van desde el año 2007 hasta el 2014 y distribuidos de la siguiente manera:



Gráfica 2. Rendimiento de la zona de estudio a cargo del Doctor Gustavo Perilla.
Fuente: Castro, 2015.

La razón por la cual se vio significativamente atenuada la producción en el año inmediatamente anterior (2014), es consecuencia del uso de una nueva variedad de semilla denominada SH01 de Semillas del Huila S.A principalmente, y en menor proporción la utilización de la variedad Arcoíris. Esto debido a que las variedades en mención fueron afectadas por las altas temperaturas, a su vez que el manejo para el control de ácaros en las plantaciones presentó complicaciones debido a que la aplicación de insecticidas no dio resultado, lo anterior aunado a la susceptibilidad en general de la planta.

Para una mayor productividad el cultivo de arroz requiere de suficiente radiación solar y temperaturas relativamente altas, así como de un adecuado suministro de agua durante toda la temporada de desarrollo. Así, la temperatura, la radiación solar y las precipitaciones afectan directamente los procesos fisiológicos de la planta, lo que de una u otra manera incide en la producción del grano e

¹¹ Dr. Gustavo Perilla, Agrónomo de Molinos Roa a cargo de la supervisión y control de aproximadamente 600 has en la zona de San Francisco (Bolivia, Ginebra, Tune y Palmasola)

indirectamente en la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo.
(GOBERNACIÓN DEL HUILA)

Las fincas correspondientes a la familia Díaz y Pérez, ubicadas del lado occidental del río Baché, que conforman un área total aproximada de 900 has, según versiones de Álvaro Díaz (padre) y Jorge Díaz (hijo), éste último funcionario de Molinos Roa, el rendimiento durante los últimos 10 años ha sido en promedio de 103 bultos/hectárea.

En la zona no se lleva a cabo un proceso de siembra continuo, debido a la poca disponibilidad de agua, ya que allí la modalidad de riego utilizada principalmente es por gravedad. Por lo tanto se habla de que al año la producción es de 1.2, lo que quiere decir que no se alcanza a cosechar dos veces en el mismo año, debido a factores como el tiempo de preparación del suelo, las quemadas que van de 2 a 3 por cosecha (para garantizar rendimiento), el tiempo de maduración de acuerdo a la variedad empleada, tiempo empleado en labores de cosecha y cualquier imprevisto que se presente. Para lograr obtener la producción anual es entonces necesario realizar la siguiente operación.

$$1.2 \times 103 \times 900 = 112.240 \text{ bultos al año}$$

3.3 Análisis social

El sector de San Francisco es reconocido por pertenecer en su mayoría a grandes familias y grupos agrícolas, entre los que se encuentran Agrícola Laureles, Guamitos, Palmasola y la familia Díaz, Pérez, entre otros, quienes desde tiempo atrás vienen realizando sus labores de siembra en estas tierras y garantizan la producción de arroz cada año. La participación de estos productores hace que el sector sea muy organizado, que se realice mantenimiento constante a las vías y sobre todo que se mantenga una producción constante del cereal. Se observó que en su mayoría la calidad de vida de los propietarios es alta, lo que hace que muchos de ellos no vivan en sus fincas sino en la ciudad de Neiva principalmente o en el municipio de Palermo.

Por otro lado, los trabajadores encargados (administradores) de las fincas, se ven en la necesidad de vivir en cercanía al cultivo o en su defecto en el pueblo más cercano, pues deben estar pendientes para que todas las labores que se realizan durante las etapas de siembra, mantenimiento, producción y cosecha del cultivo se lleven a cabo de la mejor manera, labores tales como las de riego, fumigación y abonado, que son desempeñadas generalmente por personas distintas, contratadas específicamente para la realización de cada una de estas actividades.

El siguiente diagrama permite dar al lector una idea más clara del orden jerárquico que se maneja y del personal que actúa directamente en las labores agrícolas para la siembra de arroz principalmente.



Figura 4. Diagrama jerárquico para manejo del cultivo de arroz¹²
Fuente: Castro, 2015

Las condiciones son distintas cuando se trata de producir en tierras arrendadas o cuando se es propietario de pocas hectáreas, pues no se contrata un administrador, sino que directamente el propietario está al tanto y de esta manera se consigue reducir gastos de producción.

Es el caso de las fincas o lotes ubicados al borde de la vía que conduce de Palermo al municipio de Teruel y que no están asociados con otros agricultores, debido al aislamiento por las características topográficas de la zona. Un factor constante al momento de realizar las visitas en este lugar, fueron las continuas quejas de los diferentes propietarios en cuanto a los descuentos que los compradores les aplican a la hora de pagar por sus cosechas, argumentando que la calidad del producto era baja, con demasiadas impurezas, que presentaba mucha humedad o porque el arroz estaba partido o defectuoso.

Allí las condiciones para sembrar son un poco más complicadas debido a que el riego se maneja por bombeo, lo que representa un aumento en los costos de producción.

¹² Diagrama a tener en cuenta cuando la tierra pertenece en grandes proporciones a una sola persona o familia.

3.4 Geodatabase

Buscando la organización de los datos obtenidos en campo y procesados a través del Software ArgGIS versión 10.1 fue necesario implementar una geodatabase que lleva por nombre PALERMO la cual contiene el Feature Dataset Cartografía_Base de donde se desprenden ocho (8) Feature Class denominados de la siguiente manera: Coordenadas, curvas de nivel, hidrografía, hidrografía polígonos, Palermo, Neiva, lotes arroz y vías. Cada uno de los Feature Class tiene su correspondiente simbología de acuerdo a las características como se podrá observar a continuación:

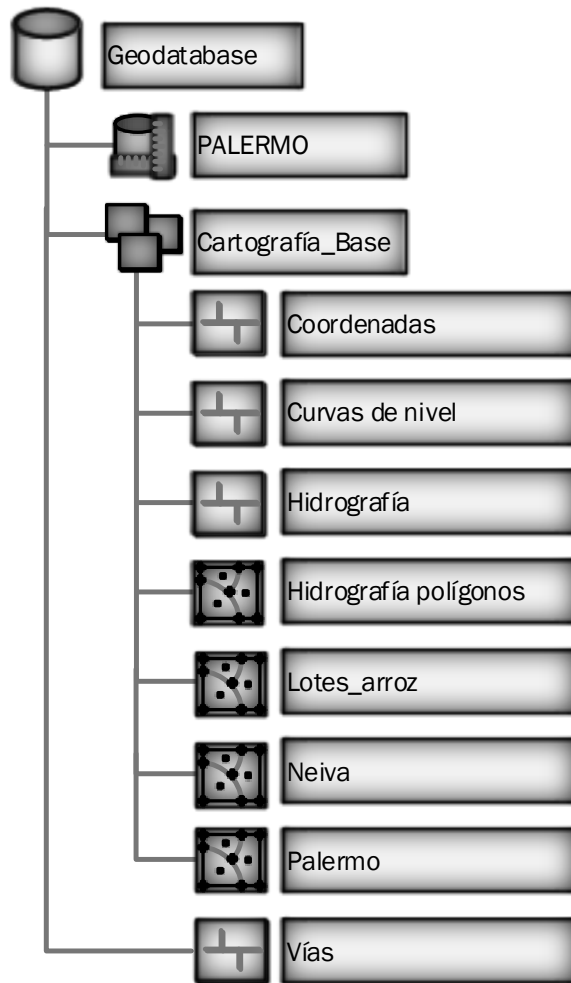


Figura 5. Diseño de la Geodatabase
Fuente: Castro, 2015

3.5 Modelo de datos

El propósito de la realización del modelo de datos fue para definir el conjunto de información a almacenar en tablas y así determinar las relaciones existentes entre ellas y su relación. Esto se hace para conocer exhaustivamente la estructura de la información.


		<i>Simple featureclass</i>						<i>Geometry Polyline</i>	
Coordenadas								<i>Contains M values</i>	<i>No</i>
								<i>Contains Z values</i>	<i>No</i>
<i>Fiel name</i>	<i>Data type</i>	<i>Allow nulls</i>	<i>Default value</i>	<i>Domain</i>	<i>Precision</i>	<i>Scale</i>	<i>Lenght</i>		
<i>OBJECTID</i>	<i>Object ID</i>								
<i>Shape</i>	<i>Geometry</i>	<i>Yes</i>							
<i>ENTITY</i>	<i>Text</i>	<i>Yes</i>					<i>14</i>		
<i>LAYER</i>	<i>Text</i>	<i>Yes</i>					<i>32</i>		
<i>COLOR</i>	<i>Long Integer</i>	<i>Yes</i>							
<i>Shape_Length</i>	<i>Double</i>	<i>Yes</i>							

Tabla 1. Coordenadas
Fuente: Castro, 2015


		<i>Simple featureclass</i>						<i>Geometry Polyline</i>	
Curvas de nivel								<i>Contains M values</i>	<i>No</i>
								<i>Contains Z values</i>	<i>No</i>
<i>Fiel name</i>	<i>Data type</i>	<i>Allow nulls</i>	<i>Default value</i>	<i>Domain</i>	<i>Precision</i>	<i>Scale</i>	<i>Lenght</i>		
<i>OBJECTID</i>	<i>Object ID</i>								
<i>Shape</i>	<i>Geometry</i>	<i>Yes</i>							
<i>ENTITY</i>	<i>Text</i>	<i>Yes</i>					<i>14</i>		
<i>LAYER</i>	<i>Text</i>	<i>Yes</i>					<i>32</i>		
<i>ELEVATION</i>	<i>Double</i>	<i>Yes</i>							
<i>COLOR</i>	<i>Long Integer</i>	<i>Yes</i>							
<i>Shape_Length</i>	<i>Double</i>	<i>Yes</i>							

Tabla 2. Curvas de nivel
Fuente: Castro, 2015


		Simple featureclass						Geometry	Polyline
Vías								Contains M values	No
								Contains Z values	No
Fiel name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Lenght		
OBJECTID	Object ID								
Shape	Geometry	Yes							
ENTITY	Text	Yes					14		
LAYER	Text	Yes					32		
COLOR	Long Integer	Yes							
Shape_Length	Double	Yes							

Tabla 3. Vías
Fuente: Castro, 2015

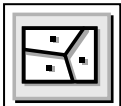
		Simple featureclass						Geometry	Polygon
Hidrografía_Polígonos								Contains M values	No
								Contains Z values	No
Fiel name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Lenght		
OBJECTID	Object ID								
Shape	Geometry	Yes							
ELEVATION	Double	Yes							
COLOR	Long Integer	Yes							
ENTITY	Text	Yes					14		
LAYER	Text	Yes					32		
NEWFIELD	Double	Yes							
LAYER	Text	Yes					32		
ENTITY	Text	Yes					14		
COLOR	Long Integer	Yes							
AREA	Double	Yes							
Shape_Length	Double	Yes							
Shape_area	Double	Yes							

Tabla 4. Polígonos de Hidrografía
Fuente: Castro, 2015

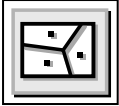
		Simple featureclass					Geometry	Polygon
Neiva							Contains M values	No
							Contains Z values	No
Fiel name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Lenght	
OBJECTID	Object ID							
Shape	Geometry	Yes						
ENTITY	Text	Yes					14	
LAYER	Text	Yes					32	
COLOR	Long Integer	Yes						
Shape_Length	Double	Yes						
Shape_Area	Double	Yes						

Tabla 5. Neiva
Fuente: Castro, 2015

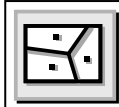
		Simple feature class					Geometry	Polygon
Palermo							Contains M values	No
							Contains Z values	No
Fiel name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Lenght	
OBJECTID	Object ID							
Shape	Geometry	Yes						
ENTITY	Text	Yes					14	
LAYER	Text	Yes					32	
COLOR	Long Integer	Yes						
NEWFIELD1	Double	Yes						
Shape_Length	Double	Yes						
Shape_Área	Double	Yes						

Tabla 6. Municipio de Palermo
Fuente: Castro, 2015

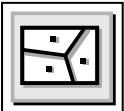
Fiel name	Data type	Allow nulls	Default value	Domain	Precision	Scale	Lenght
 Simple featureclass Lotes_Arroz Contains M values No Contains Z values No							
OBJECTID	Object ID						
Shape	Geometry	Yes					
TYPE	Text	Yes					10
IDENT	Text	Yes					24
LAT	Double	Yes					
LONG	Double	Yes					
X_PROJ	Double	Yes					
Y_PROJ	Double	Yes					
ALTITUD	Double	Yes					
LTIME	Text	Yes					20
VEREDA	Text	Yes					50
MUNICIPIO	Text	Yes					50
AREA	Double	Yes					
FINCA	Text	Yes					50
AGRICULTOR	Text	Yes					50
ARRIENDO	Text	Yes					5
PROPIO	Text	Yes					5
EDAD_ddg	Text	Yes					10
CULTIVO	Text	Yes					15
RANGO	Text	Yes					50
BOMBEO	Text	Yes					5
GRAVEDAD	Text	Yes					5
Shape_Length	Double	Yes					
Shape_Area	Double	Yes					

Tabla 7. Lotes de arroz
 Fuente: Castro, 2015


	<i>Simple featureclass</i>						<i>Geometry Polyline</i>
	Hidrografía						<i>Contains M values No</i>
							<i>Contains Z values No</i>
<i>Field name</i>	<i>Data type</i>	<i>Allow nulls</i>	<i>Default value</i>	<i>Domain</i>	<i>Precision</i>	<i>Scale</i>	<i>Length</i>
<i>OBJECTID</i>	<i>Object ID</i>						
<i>Shape</i>	<i>Geometry</i>	<i>Yes</i>					
<i>ENTITY</i>	<i>Text</i>	<i>Yes</i>					<i>14</i>
<i>LAYER</i>	<i>Text</i>	<i>Yes</i>					<i>32</i>
<i>COLOR</i>	<i>Long Integer</i>	<i>Yes</i>					
<i>Shape_Length</i>	<i>Double</i>	<i>Yes</i>					

Tabla 8. Hidrografía
Fuente: Castro, 2015

De esta manera tenemos las 8 tablas correspondientes a las 8 Feature Class que integran la geodatabase del proyecto.

3.6 Diagrama de la Geodatabase

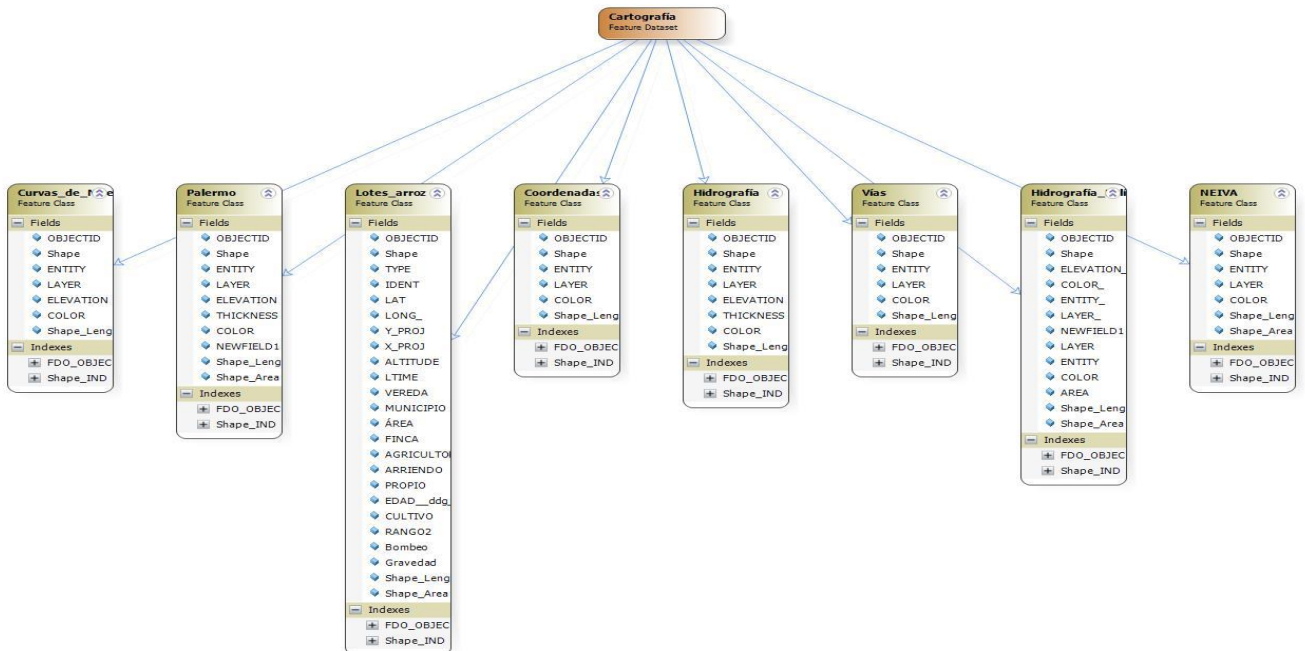


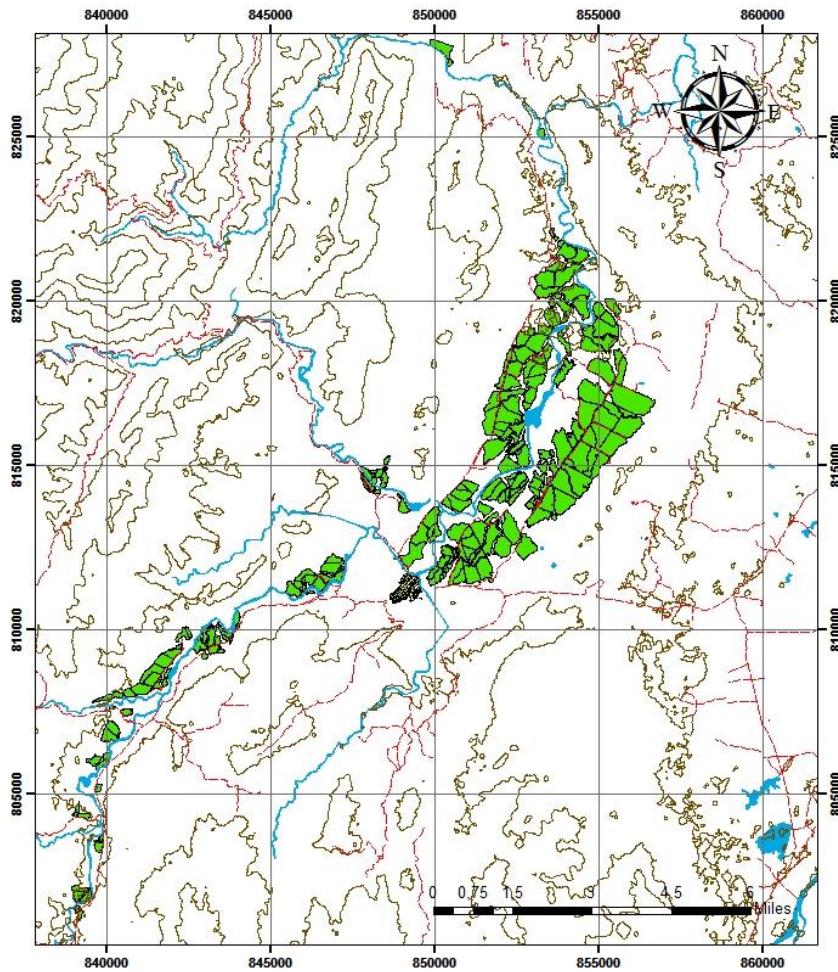
Figura 6. Diagrama de la Geodatabase
Fuente: Castro, 2015

En el anterior diagrama, está el diseño de la geodatabase y el contenido de la misma. En él se observan los Feature Class desplegados y el contenido de cada uno que permite determinar qué tipo de información vamos a encontrar una vez despleguemos la geodatabase en el software ArcGIS y vayamos a la tabla de atributos.

3.7 Libro de mapas

Luego de obtener la información en campo a través de los navegadores GPS, esta se trasladó a un computador portátil para descargar los datos de trabajo, posteriormente se realizó el procesamiento de dichos datos a través del software ArcGIS versión 10.1. Allí se estableció el sistema de coordenadas proyectadas el cual fue MAGNA Colombia Bogotá. Pero debido a que la información por defecto obtenida por los navegadores GPS estaba en un sistema de coordenadas geográfico (WGS84), se realizó la transformación al sistema de coordenadas proyectadas y de esta manera facilitar los cálculos de distancia y área.

A continuación se presentan los mapas realizados basados en la información obtenida en campo, entre ellos se encuentran el mapa general, mapa de acuerdo a la tenencia de la tierra, al tipo de riego, y al estado de los cultivos a la fecha.




 Universidad Surcolombiana	
MAPA: TENENCIA DE LA TIERRA No. de Lotes: 209 Área Total: 2.619 has Escala: 1:140.000	
Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota Projection: Transverse Mercator Datum: MAGNA False Easting: 1,000,000.0000 False Northing: 1,000,000.0000 Central Meridian: -74.0775 Scale Factor: 1.0000 Latitude Of Origin: 4.5962 Units: Meter	
CONVENCIONES	
 Vías	
 Curvas de nivel	
 Ríos Importantes	
 Casco Urbano de Palermo	
 Lotes (Zona de estudio)	
ELABORÓ: JUAN FERNANDO CASTRO CH.	
FECHA: 19/01/15	

Figura 7. Mapa general de la zona
Fuente: Castro, 2015

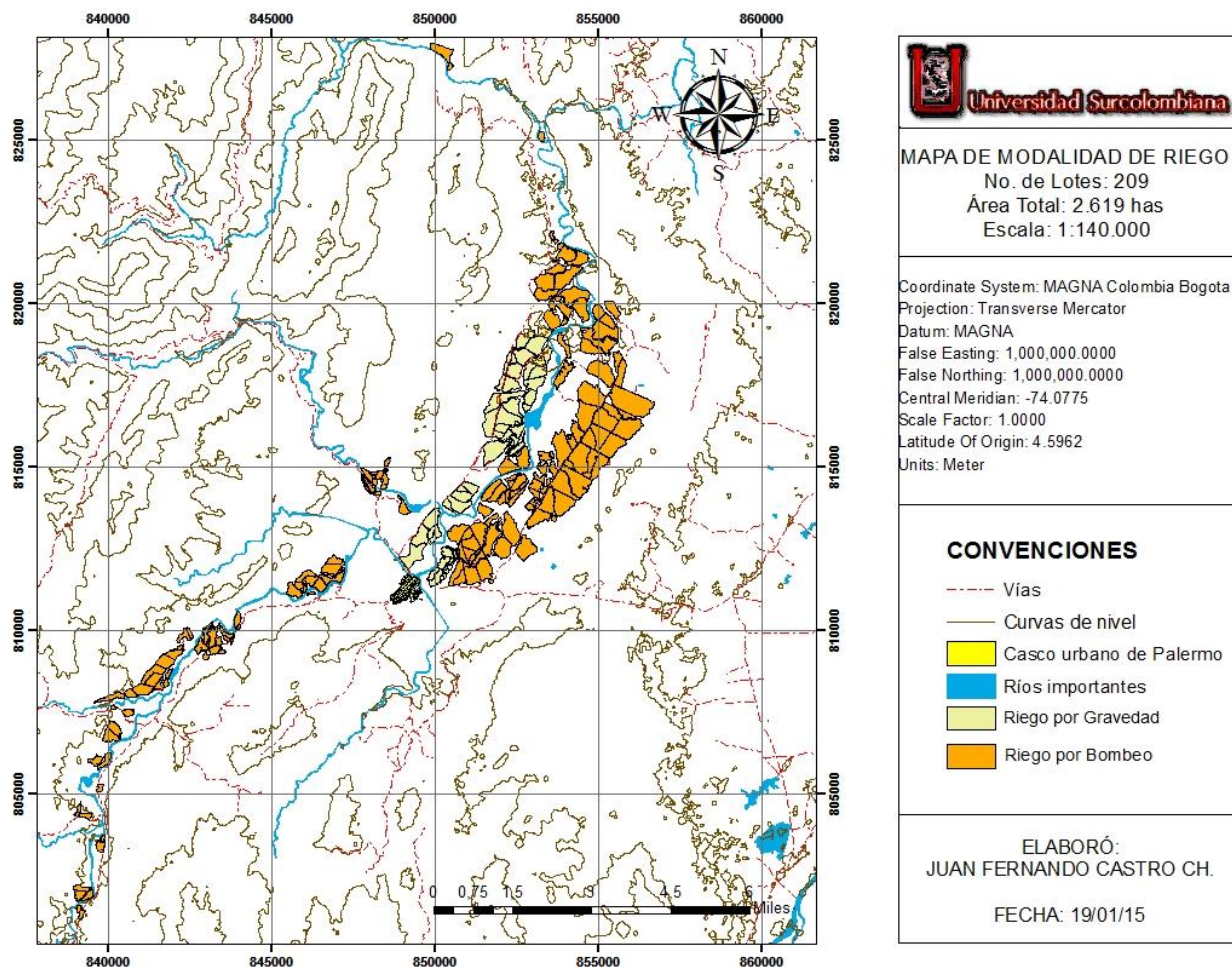


Figura 8. Mapa de modalidades de riego
Fuente: Castro, 2015

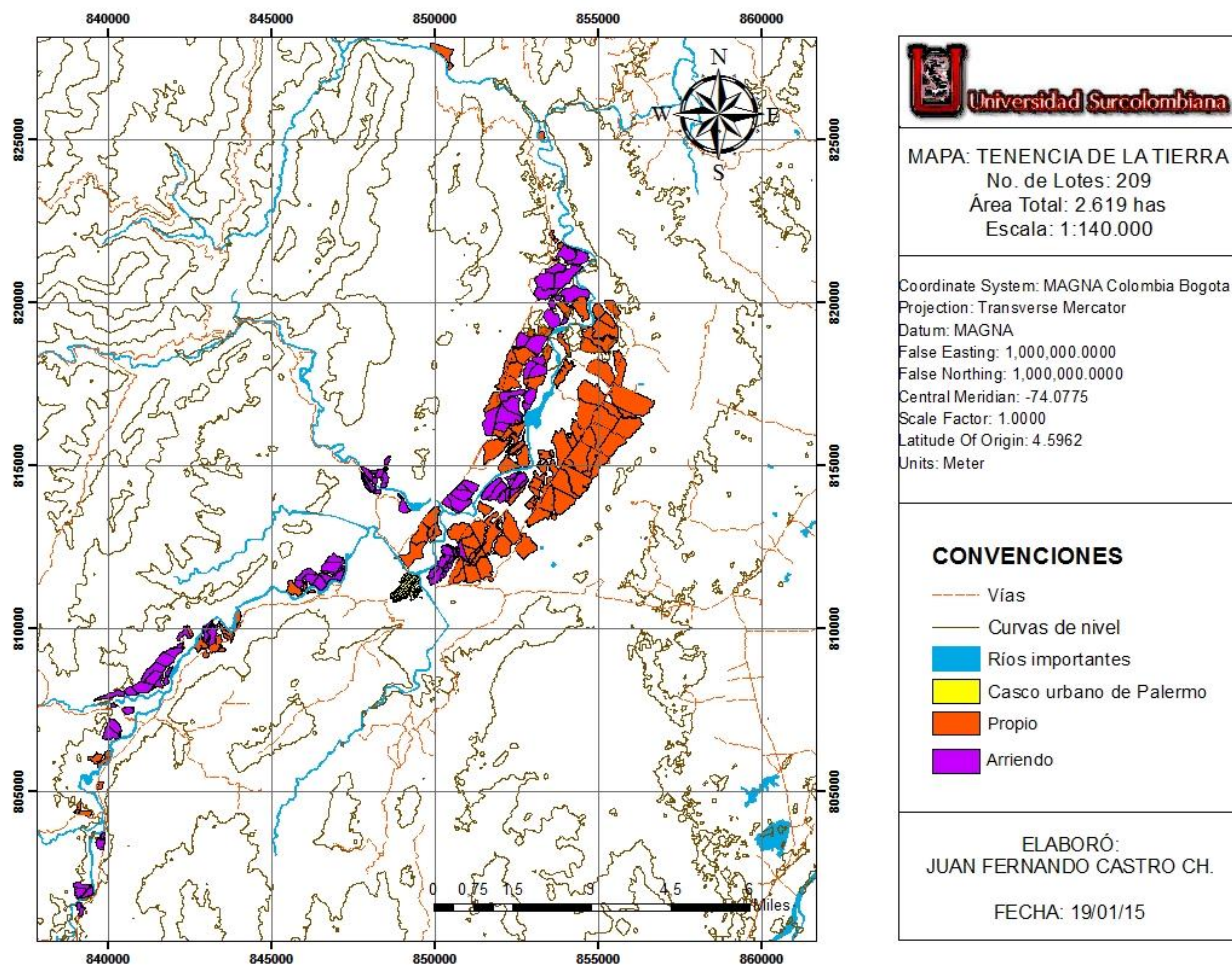


Figura 9. Mapa de tenencia de la tierra
 Fuente: Castro, 2015

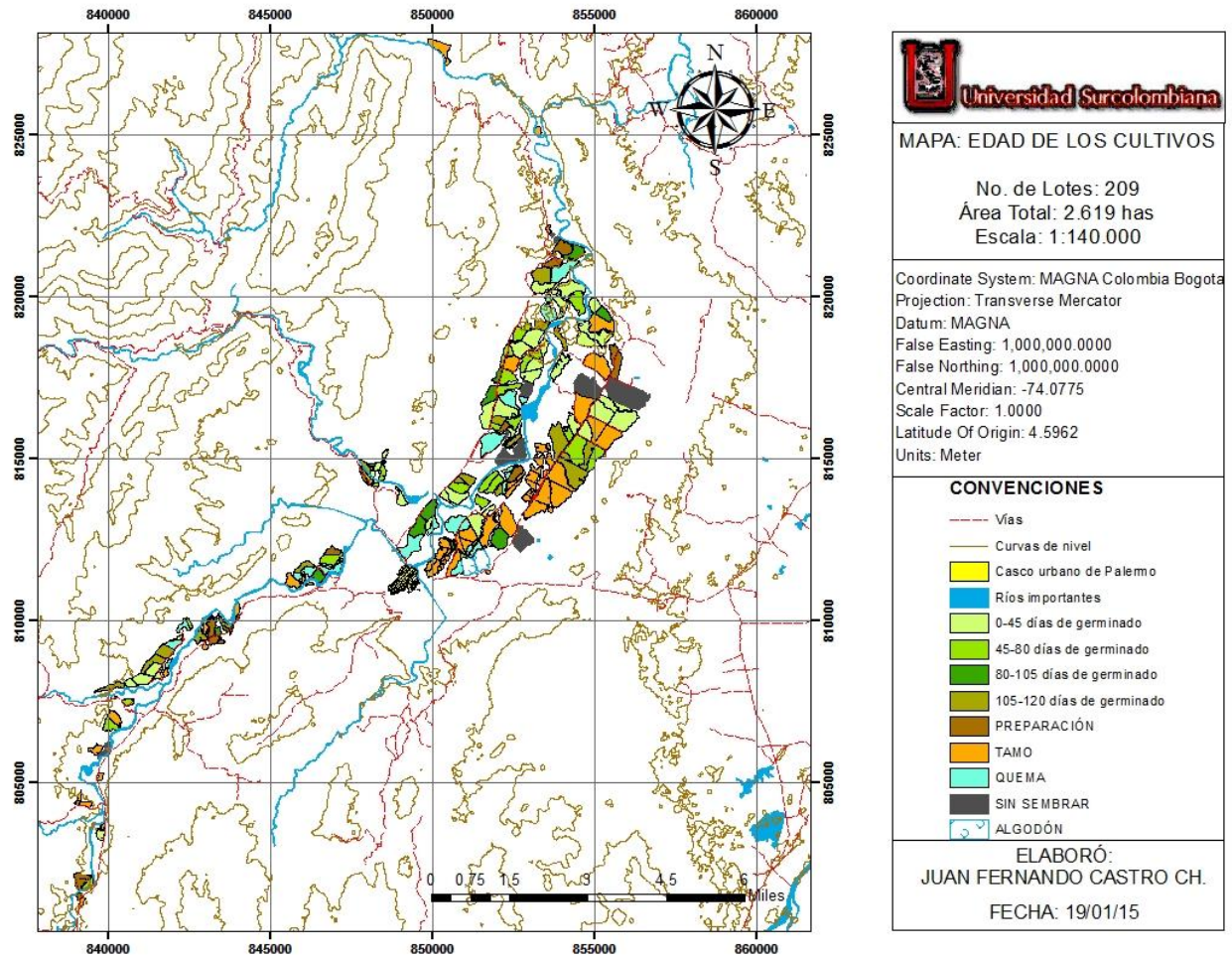


Figura 10. Mapa de edad de los cultivos
 Fuente: Castro, 2015

En el anterior mapa, la fecha de edad de los cultivos corresponde al tiempo en el que fue tomada la medición. Esto es entre los meses de agosto y octubre del año inmediatamente anterior (2014).

Se realizó este mapa con el objetivo de indicar el proceso de actualización constante de la información y así tener una programación más precisa de las fechas en que los agricultores van a realizar su siembra hasta que llega la época de corte. Así se pretende tener un mayor control de la cantidad de arroz que puede llegar a los molinos y tener medidas de choque en caso de observar que en determinada época del año va a haber abundancia o escases.

4. CONCLUSIONES

La implementación y aplicación del SIG trajo como beneficios que la información fuera recolectada de manera precisa, almacenada de forma organizada, permitiendo que su consulta sea más rápida y efectiva.

La vereda San Francisco y la zona aledaña al casco urbano del municipio de Palermo (Huila), tiene gran reconocimiento a nivel departamental por la producción anual de arroz, gracias a sus 2.600 has aproximadamente repartidas en 209 lotes aptos para labores de siembra y producción.

Las características topográficas de la zona que permiten que el riego en el flanco occidental de la vereda San Francisco se realice por gravedad, son una gran ventaja económica para los agricultores, con respecto a los que deben realizar la irrigación por bombeo, ya que de esta manera los costos de producción se reducen aproximadamente en 700.000 pesos por hectárea.

Con la integración de la georeferenciación, el diseño de modelo de datos y la aplicación de la geodatabase se pudo establecer que la información obtenida en campo y debidamente procesada fue más útil, pues ésta estuvo al alcance de todos de manera práctica y organizada.

La generación de mapas temáticos de la mano de una descripción general de la zona fueron de gran apoyo para emprender estrategias de mercadeo y conocer de antemano las características que allí prevalecen, además permitieron dar una visión más amplia de la problemática social, económica y organizacional del sector.

5. BIBLIOGRAFIA

ARAQUE IBAÑEZ, A. 2012. *Sistema de Información Geográfica para la Gestión y la Toma de Decisiones Difusa en entornos Oleícolas*. Universidad de Jaén. Departamento de Informática. España. P-30

CONCEJO MUNICIPAL DE PALERMO. *Plan de Ordenamiento Territorial*. 2013.

DANE. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2012) *Encuesta nacional de arroz mecanizado semestre I de 2012*. Agosto.

ESRI. ArcGIS Resources. Georeferenciación y sistemas de coordenadas. Consultado 14 enero de 2015 [En línea] <<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>>

GARCÍA RUIZ, Liseth A & OTÁLVARO ARANGO, Diana M. *Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales*. Medellín. 2009. P 13-53. Universidad de Antioquia. Facultad de ingeniería. Postgrados de ambiental.

IGAC, INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. *Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia*. Bogotá. 2004. P 3-29

Longley, P.A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D.J.; Rhind, D.W.; et. al.. *Geographic Information Systems (GIS)*. 1991.

Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Valentín Criado, A. C.; Martín Ramos, B.; Martín Fernández, L. (2008) *LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*. Madrid, España.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. AGRONET-Agromapas. Consultado 18 de diciembre de 2014 [En línea] <<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Agromapas.aspx>>

OLAYA FERRERO, Víctor. *Hidrología computacional y modelos digitales del terreno*. Madrid, España. 2004. p 9-13

OLAYA FERRERO, Víctor. *Sistemas de información Geográfica. Tomo I*. Madrid, España. 2011. [En línea] <ftp://ftp.ehu.es/cidira/profs/iipbaiza/Libro_SIG.pdf>

ONF ANDINA. *Evaluación de la cobertura vegetal en el departamento del Huila para el periodo 2005-2010 y análisis de las causas de deforestación*. Neiva, 2014. P 30-32.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO (Food and Agriculture Organization). [En línea] < <http://www.fao.org/statistics/es/>> [Citado el 19 de febrero de 2015]

PARDO CORZO, David J & LEÓN GARCÍA, Miguel A. *Modelo de datos para el SIG ambiental de la corporación autónoma regional del Cesar (CORPOCESAR) articulado con los sistemas de gestión de proyectos y trámites ambientales*. Bucaramanga. 2011. P 29-70 Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería fisicomecánica.

Recursos Gabriel Ortiz. *Qué son los Sistemas de Información Geográfica. Tipos de SIG y modelos de datos*. Consultado el 17 diciembre de 2014 [En línea] <<http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=012>>

SÁNCHEZ R. Laura. *Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia*. IGAC 2004

SÁNCHEZ R. Laura. *Tipos de Coordenadas manejadas en Colombia*. División de geodesia de la subdirección de geografía y cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. Bogotá. Mayo de 2004.

TORRES MOLINARES, Cecibel., et al. *Procedimiento para levantamiento de mapas georeferenciados*. Universidad tecnológica de Panamá. 2006.

ANEXOS

Anexo A. Formato de recolección de información

No. Lote	Agricultor	Tenencia	Municipio	Vereda	Lote	Cultivo	Edad cultivo	Área (ha)	Tipo de riego	Fecha Track
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Anexo B. Estado de las instalaciones antiguas del sistema de riego.



Tubería corroída y en mal estado



Instalaciones de medición de flujo obsoletas



Instalaciones de medición de flujo obsoletas

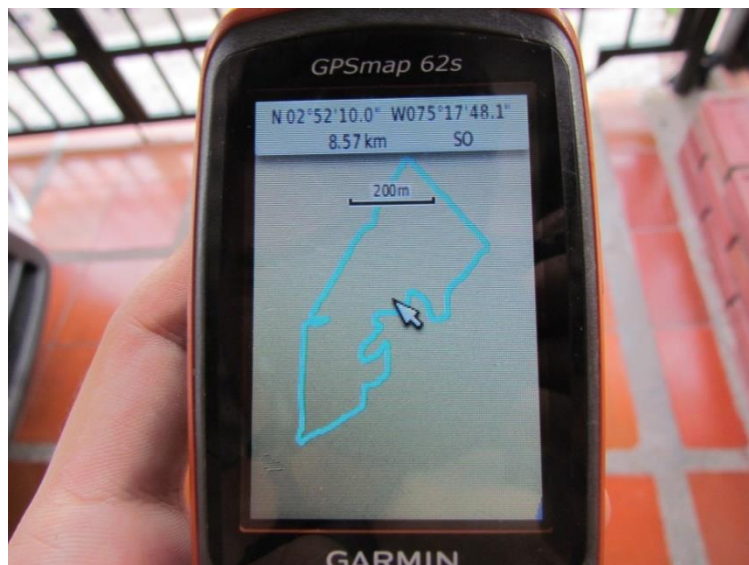


Vegetación obstruyendo el flujo del agua

Anexo C. Navegadores GPS utilizados en campo.

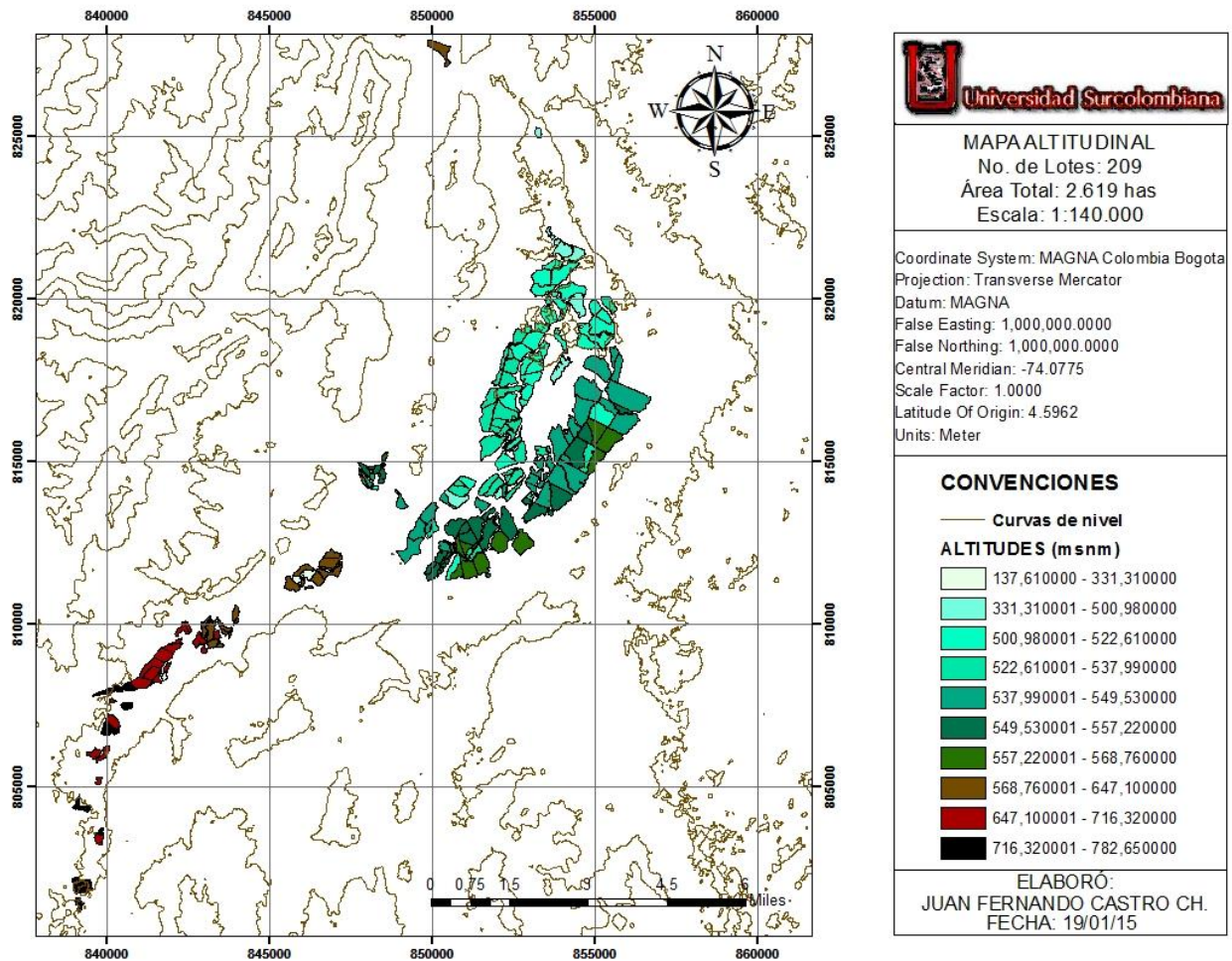


Navegador GPS #1



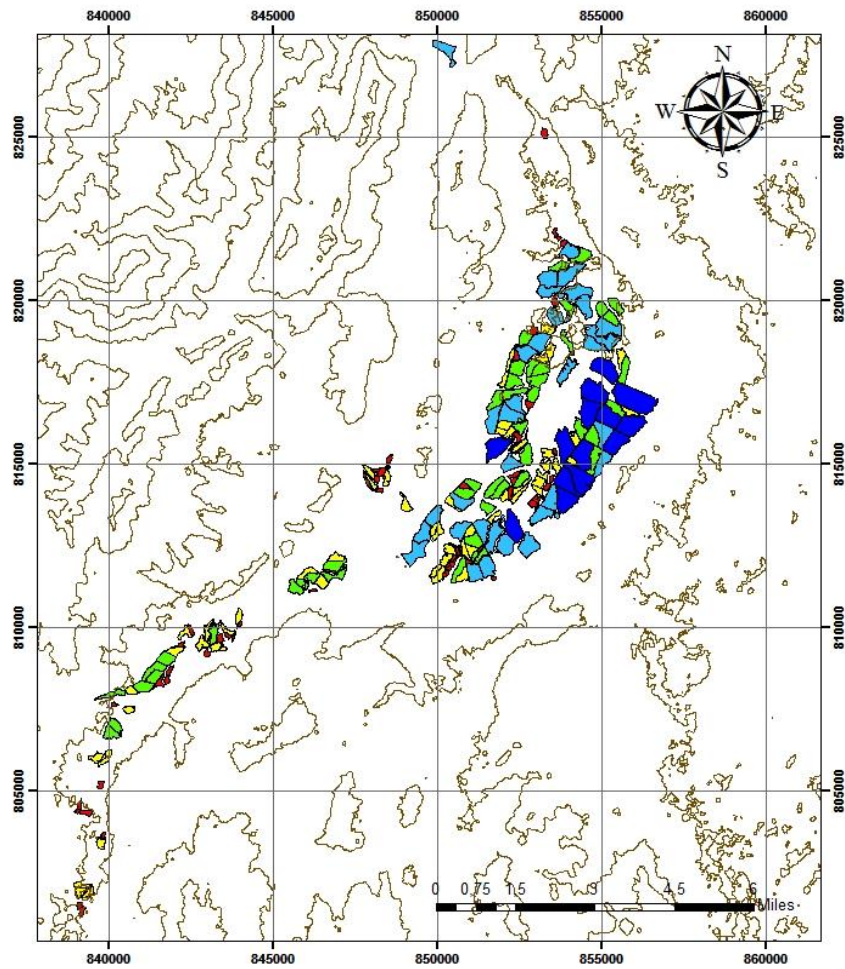
Navegador GPS #2

Anexo D. Mapas adicionales de la zona de estudio



Mapa altitudinal de la zona de estudio

Se realizó un mapa de altitud basado en los datos calculados por los navegadores GPS durante los recorridos de cada uno de los lotes. Aunque no debe considerarse la altura real del terreno debido a que este tipo de navegadores presentan un error considerable, sí puede dar indicios de las características de la zona en cuanto a su topografía



Universidad Surcolombiana

MAPA: Rango de áreas

No. de Lotes: 209
 Área Total: 2.619 has
 Escala: 1:140.000

Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 False Easting: 1,000,000.0000
 False Northing: 1,000,000.0000
 Central Meridian: -74.0775
 Scale Factor: 1.0000
 Latitude Of Origin: 4.5962
 Units: Meter

CONVENCIONES

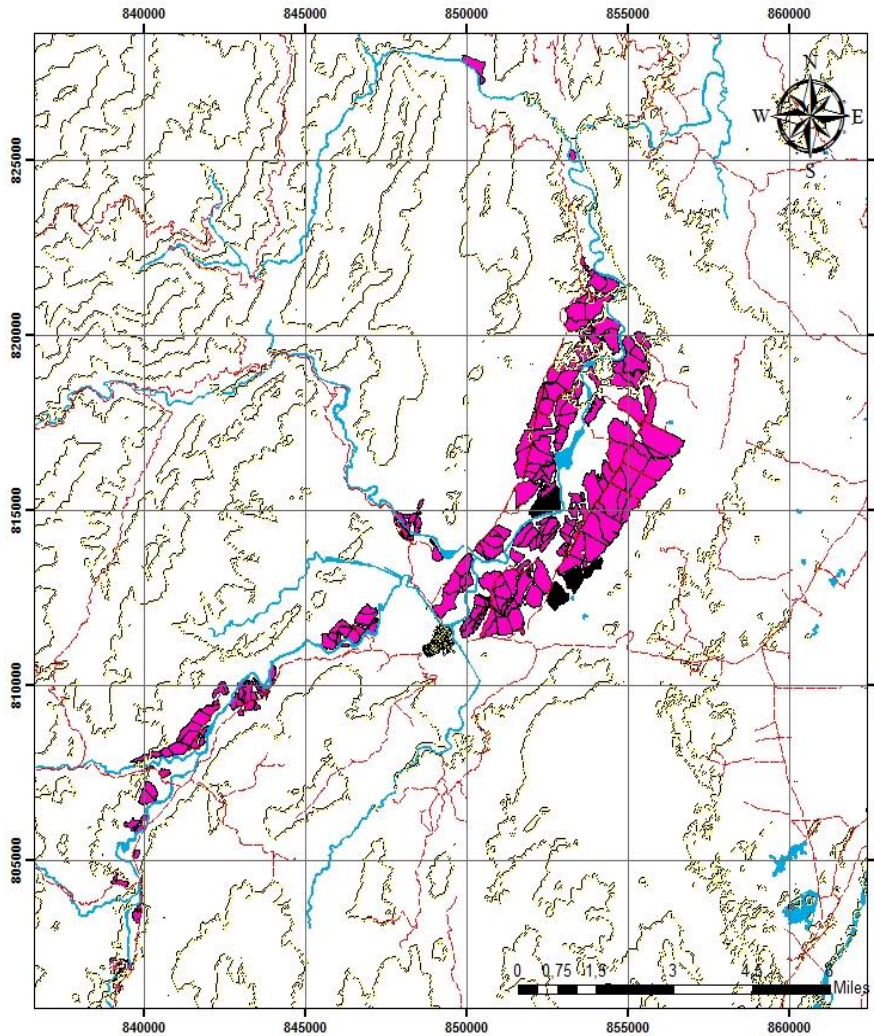
— Curvas de nivel

ÁREAS (has)

Red	0,354554 - 5,030549
Yellow	5,030550 - 10,800344
Green	10,800345 - 19,140843
Light Blue	19,140844 - 31,699000
Dark Blue	31,699001 - 77,243271

ELABORÓ:
 JUAN FERNANDO CASTRO CH.
 FECHA: 19/01/15

Mapa clasificadorio de áreas



MAPA DEL ÁREA CULTIVADA
 No. de Lotes: 209
 Área Total: 2.619 has
 Escala: 1:140.000

Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 False Easting: 1,000,000.0000
 False Northing: 1,000,000.0000
 Central Meridian: -74.0775
 Scale Factor: 1.0000
 Latitude Of Origin: 4.5962
 Units: Meter

- CONVENCIONES**
- Vías
 - Curvas de Nivel
 - Ríos Principales
 - Casco Urbano de Palermo
 - Área sin Cultivar +5 años
 - Lotes de arroz

ELABORÓ:
 JUAN FERNANDO CASTRO CH.
 FECHA: 19/01/15

Mapa de Área cultivada