

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**CREACIÓN DE UN MODELO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICOS (SIG) PARA UNA FINCA, CASO CAMPO EXPERIMENTAL Y  
DE PRÁCTICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS.**

**POR:**

**MARTÍNEZ ARGUETA ALMA AMPARO.  
ZELADA GUEVARA CARLOS ALDEMARO.  
HERRERA MARTÍNEZ MÓNICA EVELYN.**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2005.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA.

Dra. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ.

SECRETARIA GENERAL.

Lic. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ING. AGR. JORGE ALBERTO ULLOA ERROA

DECANO

ING. AGR. SANTOS ALIRIO SANDOVAL.

SECRETARIO.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA.

JUAN ROSA QUINTANILLA.

DOCENTES DIRECTORES:

ING. AGR. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ MARTÍNEZ.

ING. AGR. MSc. CARLOS ARMANDO VILLALTA RODRIGUEZ.

## RESUMEN

El siguiente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la facultad de Ciencias Agronómicas, utilizando como área de investigación El Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas "La Providencia", Localizada en el Municipio de San Luis Talpa, cantón Tecualuya, Departamento de la Paz.

El estudio se desarrollo durante un año y medio comprendido desde abril de 2004 hasta Agosto del 2005.

El objetivo del estudio fue crear un Modelo de Sistemas de Información Geográfico (SIG) a nivel de finca. Para este caso, se desarrollo en el Campo Experimental y de Prácticas, la generación de mapas digitales a partir de información primaria colectada en el campo e información secundaria existente de esta finca.

Para crear el modelo se realizó una colecta de toda la información histórica existente en formato de papel (análogo): mapa de levantamiento topográfico de la finca elaborado en 1987 escala de 1:2000, mapa de Clasificación de uso potencial de suelo de 1975 a una escala de 1: 4000.

Toda la información secundaria colectada fue necesario convertirla a formato digital, utilizando escáner, teclados y digitalización en pantalla en el caso de curvas a nivel cada 1 metro; la división de lotes e infraestructura como caminos y construcciones fueron levantadas con equipo GPS para obtener datos actualizados; finalmente se obtuvo el mapa base digital a utilizar en el Sistemas de Información Geográfica; toda la cartografía digital base se elaboró utilizando el programa de AutoCAD.

La información sobre el sistema de producción de la finca, fue recolectada con base al "Plan de Trabajo 2004-2005" elaborado por el Equipo de trabajo del Campo Experimental y de Prácticas donde se incluye registros de producción agrícola y pecuaria, así como infraestructura, maquinaria, distribución de las áreas de producción y del Recurso Humano.

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios:** todo poderoso por permitir en nuestras vidas obtener un triunfo mas, gracias por todas las fuerzas necesarias que cada uno necesitamos a lo largo de nuestra carrera y que hoy por su misma bendición nos has concedido coronarla y emprender con valor y dignidad nuestro futuro como profesionales.

**A Nuestra Familia:** por ser el apoyo moral y económico de nuestra carrera y sobre todo por su dedicación y empeño de vernos realizados como profesionales.

**A Nuestros Docentes Directores:** Ing. Miguel Hernández, Ing. Carlos Villalta por el aporte de conocimientos que cada uno nos brindo para realizar nuestro trabajo de graduación y culminarlo con satisfacción.

**Un especial Agradecimiento:** Ing. Víctor Ortiz por ofrecernos su tiempo en las giras de campo, al Ing. Rodrigo Montes, al Ing. Cesar Urbina (MAG), Ing. Salomón, Ing. Rene Arévalo (CENTA), Lic. Karina Guardado (Fac.CCNM), Ing. Pavón, Ing. Pérez Ascencio, Ing. Coreas, Arq. Lizama. (REDES). Ing. Riquelmy (PROCAFE). Por ser cada uno de ellos el enlace de aportarnos toda la información necesaria para la elaboración del documento y que a lo largo de la investigación enriquecieron nuestros conocimientos.

**A los trabajadores de la estación Experimental** por su apoyo y tiempo brindado en la realización de las actividades de Campo. En especial a los de seguridad por acompañarnos en el recorrido de todo el campo. A Lisseth Ponce por toda su colaboración y apoyo desinteresado para culminar nuestro proyecto con satisfacciones.

**A NUESTRA ALMA MATER:** Por brindarnos nuestra formación Profesional a lo largo de nuestra carrera y en especial a todos los docentes que año con año nos formaron para que hoy día seamos gente de provecho y podamos servir a nuestra sociedad.

Alma Amparo Martínez Argueta.  
Carlos Aldemaro Zelada Guevara.  
Mónica Evelyn Herrera Martínez.

## DEDICATORIA

**A DIOS:** Por ser el que me guiara por el camino correcto para culminar mi carrera, por ser mi apoyo y fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida, y sobre todo por su bendición que me ha concedido tener un triunfo más. Gracias por todas las bendiciones que me has dado a lo largo de mi vida.

**A la Virgen Maria:** Por llevarme por el camino correcto que toda mujer necesita a lo largo de su vida, por enseñarme a ser humilde y por darles a mis padres la sabiduría de guiarme en la vida y poder ser una persona de provecho a la sociedad.

**A mis Padres:** Rosa Esperanza de Martínez, Juan Gilberto Martínez Navarrete por todos los sacrificios que hicieron para darme todo lo necesario para que culminara mi carrera con éxitos, a ellos en especial que Dios los bendiga por ser unos padres ejemplares y que hoy vean el fruto de todo su esfuerzo, a los cuales dedico mi trabajo de graduación.

**A mis Hermanos:** Dinora, Hugo, Irwin a ellos gracias por su apoyo incondicional y sus consejos que recibí para terminar mis estudios superiores a Cristian Giovanni que aunque ya no este con nosotros siempre te recordamos (QDDG).

**A mi gran Amigo:** Oscar Joaquín Ortiz por ser la persona que día a día estuviera a mi lado apoyándome, tanto en los momentos buenos y malos de mi vida, gracias por toda tu sinceridad por ser de verdad un amigo y un hermano, por todos los momentos que pasamos para que culminara mi trabajo de graduación, por ser un integrante más en este proyecto que Dios te bendiga siempre.

**A mis amigos:** Xochilt Guardado , Ricardo Ernesto, José Oswaldo, por ser las personas que me impulsaran a seguir adelante y por demostrarme que a pesar de todo la vida siempre tendrá cosas buenas y malas, gracias por su amistad , a chepito por todos sus consejos, Daniel por todo su apoyo , Shanita, Becki, Fabio, Cledy, Nubia, Oviedo, Silver, Claudia, Omar, Evelia, Karina, Geovanni, Willito, Adalid, Moisés, Katia, Carolina, Tina, Swami, Monico, Karla, Ada, Norma, Néstor, Gustavo, Marlene, Angelita, Lisseth Ponce( Unidad de Posgrado) por ser amiga en todo momento apoyarme y darme fuerzas para seguir adelante, gracias por todos sus consejos.

**A mis amigos del exterior.** Javier Burgos (Bolivia), Fernanda (Argentina), Juan José (Uruguay), Jaime Batres (México-El Salvador), gracias por todo su apoyo incondicional que me brindaron aún en la distancia; para que culminara con éxito mis estudios, gracias por todos sus consejos, por lo mucho que aprendí de cada uno de ustedes y por que Dios me permito ser parte de sus vidas, y poder crecer más como ser humano; siempre tendrán un lugar especial en mi vida.

**A mis compañeros de tesis:** Mónica Evelyn Herrera Martínez y Carlos Aldemaro Zelada Guevara por llegar a la recta final con nuestro proyecto.

**A muchas personas más:** que de una u otra manera estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera que me regalaron su afecto y cariño, que Dios las bendiga siempre y aunque no aparezcan sus nombres; dentro de mí corazón tienen un lugar muy importante.

**Alma Amparo Martínez Argueta.**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS PADRE:** Por brindarme la oportunidad de ser una persona productiva y darme a los padres más comprensivos y atentos.

**A MI PADRE:** Juan Carlos Zelada, por ser el que me ha enseñado a ser humilde y darme a entender que cada sacrificio tiene sus frutos y que las metas que nos forjamos deben ser ganadas con mucho esmero y responsabilidad.

**A MI MADRE:** Ana Silvia Guevara, por darme la vida, por estar siempre pendiente de todas mis acciones y apoyarme en mis decisiones. Gracias por enseñarme que la vida es dura y que solo con las buenas costumbres se aprende a valorar las cosas por pequeñas que fuesen.

**A MIS TIAS Y TIOS:** Daysi, Arturo, Daniel, Alfredo (Q.D.D.G) por creer en mí y en especial a mi tía Leonor por defenderme en todo, por cuidarme y apoyarme en todo.

**A MI ABUELA:** Berta Campos, por brindarme su sabiduría, cariño, amor y respeto.

**A MI NOVIA:** Violeta E. Flores Peña, por su amor y apoyo incondicional. Por creer siempre en mí y formar parte importante de mi vida personal y profesional con sus consejos leales y firmes a la verdad. Te amo.

**A MIS COMPADRES:** José Manuel Rodríguez y Lisseth Marisol de Rodríguez por creer y confiar en mí, por considerarme parte de su familia y brindarme su apoyo incondicional.

**A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** Mauricio Cortez, Mauricio Escobar, Sra. De Fuentes, por mantener contacto desde los años de escuela. Raúl (Abuelo) Alex, Roldan (Plaga), Melkin, Fabio, “Los Tanchicos” (Enma y Geovani), Yim.

**A MIS COMPAÑERAS DE TESIS:** Por permitir a su servidor ser parte del equipo de investigación y estar siempre juntos en las buenas y malas.

**CARLOS ALDEMARO ZELADA GUEVARA.**

## DEDICATORIA

**A DIOS:** Por permitir culminar mis estudios con mucho éxito.

**A MIS PADRES:** Dora de Herrera y José Herrera por darme siempre un apoyo incondicional y guiarme en cada momento de mi vida para llegar a un camino correcto.

**A MIS HERMANOS:** José Roberto y Rafael por que siempre han estado conmigo y han sido gran parte de la ayuda que he recibido.

**A MI FAMILIA:** Mis primos, tíos, abuelos, cuñadas, sobrinas por que siempre han sido parte esencial en mi vida.

**A MIS AMIGOS:** Xochilt, Andrés, Silver, Ricardo, Gustavo, Julio Cesar (Beto), Oscar, Oscar Arnulfo (Che), Cledy, Fabio, David, Roger, Zavala y todos aquellos que se me olviden y me han ayudado en cada momento que los he necesitado.

**A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:** Alma y Aldemaro por permitir terminar este trabajo con mucho éxito, gracias compañeros.

**A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO EN APA:** Ing. Oscar Figueroa Albanes, Ismenia Lemus, Don Ernesto, Carlitos, por que siempre me apoyaron en el transcurso de este trabajo.

Este trabajo esta dedicado para todas aquellas personas que me apoyaron en este largo camino y que al fin lograron estar presente cuando se culmino este trabajo.

**Mónica Evelyn Herrera Martínez.**

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	2
2.1 Antecedentes de Los Sistemas de Información Geográfica.....	2
2.2 Los Sistemas de Información Geográfica en El Salvador.....	4
2.3 Generalidades de los Sistemas de Información Geográfica.....	7
2.3.1 Concepto de SIG.....	7
2.3.2 Otras definiciones de SIG.....	7
2.3.3 Componentes de un SIG.....	7
2.3.3.1 Hardware.....	7
2.3.3.2 Software.....	7
2.3.3.3 Información.....	8
2.3.3.4. Personal.....	8
2.3.3.5 Métodos.....	8
2.3.3.6 Importancia del SIG.....	9
2.3.4 Funcionalidad del SIG.....	9
2.3.4.1 Construir datos Geográficos:.....	9
2.3.4.2 Modelo cartográfico.....	9
2.3.4.3 Análisis de mapas.....	10
2.3.4.4También se pueden preparar aplicaciones.....	10
2.3.5 Aplicaciones del SIG.....	10
2.3.5.1 Caso de Estudio 1: zonificación agroecológica en el manejo de recursos naturales en el Brasil. ....	11
2.3.5.2 Caso de estudio 2: En Sistema de información geográfica para mercadeo de cafés especiales en la república dominicana.....	11
2.3.6 Limitaciones del SIG.....	13
2.3.6.1 Entrada de Datos.....	13
2.3.6.2 Análisis y gestión de los datos.....	14
2.3.6.3 Obtención de los resultados.....	15
2.3.7 Tecnologías Relacionadas con el SIG.....	16

2.3.7.1. Mapeo de escritorio.....	16
2.3.7.2 Herramientas CAD.....	17
2.3.7.3 Sensores remotos.....	17
2.3.7.4 Sistemas manejadores de bases de datos .....	17
2.4 Diferencias entre SIG y CAD.....	17
2.5 Sistemas de Posicionamiento Global. ....	18
2.5.1 Conceptos Generales de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). ....	18
2.5.2 Función del GPS.....	19
2.5.3 Tipos de Señales. ....	19
2.5.4 Componentes del GPS. ....	19
2.5.4.1 Antena.....	19
2.5.4.2 Receptor.....	19
2.5.4.3 Conector de datos.....	19
2.6 Utilidad del GPS. ....	19
2.7 Usos del GPS.....	20
2.7.1 GPS en Agrimensura. ....	20
2.8 Corrección Diferencial. ....	21
2.8.1 Concepto de corrección diferencial.....	21
2.8.2 Corrección diferencial en tiempo Real.. ....	21
2.8.3 Corrección diferencial a post proceso.....	21
2.8.4 Corrección Diferencial inversa.. ....	22
2.9 Tipos de Corrección Diferencial.....	22
2.9.1 Corrección de pseudodistancia.....	22
2.9.2 Corrección por posición.....	22
2.10 Topología.....	23
2.10.1 Concepto de Topología.....	23
2.10.2 Topología en el Campo del SIG.....	23
2.10.3 Formas de Topología de ArcGIS.....	24
2.10.3.1 Topologia de mapas o implícita.....	24
2.10.3.2 Topologia de reglas .....	24
2.10.3.3 Reglas topológicas.....	25

2.10.3.4	Proceso de validación..	25
2.10.3.5	Áreas no validas.....	25
2.10.3.6	Errores topológicos.....	25
2.11	Modelos de Datos TIN.....	26
2.11.1	Concepto de Datos TIN. ....	26
2.11.2	Características de Modelos de Datos TIN: .....	26
2.11.3	Creación de los Modelos de Datos TIN. ....	27
2.11.4	Ventaja principal de este método.....	27
2.11.5	Aplicaciones.....	28
2.12	Conceptos básicos asociados al SIG. ....	28
2.12.1	Cartografías.....	28
2.12.2	Mapa .....	28
2.12.3	Tipos de Mapas. ....	28
2.12.3.1	Mapas temáticos .....	28
2.12.3.2	Mapa topográfico .....	29
2.12.3.3	Ortofoto .....	29
2.13	Bases de Datos en Access.....	29
2.13.1	Concepto de una Base de Datos. ....	29
2.13.2	Utilidad de una Base de Datos. ....	29
2.13.3	Como crear una base de datos en Access. ....	30
2.13.3.1	Tablas .....	30
2.13.3.2	Vista de tablas .....	30
2.13.3.3	Guardar la tabla .....	30
2.13.3.4	Clave principal .....	30
2.13.3.5	Tipos de clave principal.....	30
2.13.3.5.1	Claves principales de Autonumérico.....	30
2.13.3.5.2	Claves principales de Campo simple.....	31
2.13.3.5.3	Claves principales de Campos múltiples.....	31
2.13.3.6	Relación de Tablas. ....	31
2.13.3.7	Consultas a la base de datos.....	32

2.13.3.8 Formularios.....	32
2.13.3.9 Informes.....	32
2.14 Clasificación de Suelos.....	32
2.14.1 Conceptos Generales de Aptitudes de Tierra.....	32
2.14.2 Sistema de Clasificación de tierras por su capacidad de uso por Ing. José Miguel Tablas Doubón.....	33
2.14.2.1 Clase .....	34
2.14.2.2 Sub clase .....	34
2.14.2.3. Unidad de capacidad .....	34
2.14.2.4 Unidad de mapeo .....	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1 Generalidades del Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas.....	36
3.1.1 Ubicación Geográfica.....	36
3.1.2 Distribución de Áreas del Campo Experimental.....	37
3.1.3 Área Administrativa y Financiera.....	38
3.1.4 Área Académica.....	38
3.1.5 Área Productiva.....	39
3.1.5.1 Área Pecuaria.....	39
3.1.5.2 Área Agrícola.....	41
3.1.6 Infraestructura .....	41
3.1.7 Área de la Maquinaria Agrícola.....	42
3.2 Recopilación de la Información.....	43
3.3 Recopilación de Información Secundaria de la Propiedad.....	44
3.4 Metodología para el Muestreo de Suelos.....	45
3.5 Procesamiento de la información.....	47
3.5.1 Escaneos de Mapas.....	47
3.5.2 Digitalización de Mapas.....	49
3.5.3 Georeferenciación de los mapas históricos .....	53
3.5.4 Elaboración del mapa de Uso Actual del Suelo para el año 2004.....	53
3.5.5 Base de datos.....	53
3.5.5.1 Base de datos Access.....	53

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1 Mapa General de la Propiedad.....	54
4.2 Mapa de Uso Actual de la Finca.....	56
4.3 Mapa Geológico. ....	508
4.4 Mapa de Erosión. ....	60
4.5 Mapas División de Lotes. ....	62
4.6 Mapa Agrológico.....	64
4.7 Mapa de Conflicto de Uso. ....	67
4.8 Modelo Digital de Elevación. ....	689
4.9 Mapa de pendientes .....	71
4.10 Muestreo de suelo .....	74
4.11 Bases de datos .....	74
V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII BIBLIOGRAFIA.....	77
VIII. GLOSARIO.....	80
IX ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Para metros de suelo (ACCES)	
Cuadro2. Distribución y uso de la tierra del Campo Experimental .....	877
Cuadro3. Establecimiento de cultivos por Lotes. ....	899
Cuadro 4. Resumen del área agrícola.....	91
Cuadro5. Resumen del Hato Ganadero de La Estación Experimental para el año 2004. ....	91
Cuadro 6. Infraestructura del Campo Experimental. ....	92
Cuadro 7. Maquinaria Agrícola de La Estación Experimental “LA Providencia” .....	93
Cuadro 8. Maquinaria para Henilaje. ....	93
Cuadro 9. Funciones de la Maquinaria .....	94
Cuadro10. Parámetros de las Muestras de Suelos de La Estación Experimental. ....	96
Cuadro11. Base de datos en Access de: Clase, Sub-clase, Unidad de Capacidad, Unidad de Mapeo de los diferentes lotes del Campo Experimental. ....	97
Cuadro12. Base de Datos del Ganado del Campo Experimental. ....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Mapa digital de Ubicación de Actividades Productivas, Docencia e Investigación. ....	37
Figura.2 Ubicación del área de Bovinos, Silos y Establos.....	39
Figura 3. Levantamiento Fotogramétrico del Campo Experimental .....	47
Y de Prácticas “La Providencia”. ....	47
Figura 4. Clasificación Agrológica de Suelos .....	48
Figura5. Mapa de Erosión.....	48
Figura 6. Mapa Geológico.....	49
Figura7. Perímetro con coordenadas cartográficas .....	50
Figura8. Curvas a nivel con distancias de 1 y 5mts .....	50
Figura 9. División de Lotes.....	51
Figura10. Ubicación de Infraestructura .....	51
Figura11. Líneas Guías para Muestreo de Suelos a 140mts/Muestra. ....	52
Figura 12. Puntos muestreados con GPS de navegación.....	52
Figura 13. Mapa general del Campo Experimental y de practicas "La Providencia".....	55
Figura14. Mapa de uso Actual del suelo del Campo Experimental y de Prácticas “La Providencia” .....	57
Figura15. Mapa geológico del Campo Experimental y de Prácticas “La Providencia”. ....	519
Figura16. Mapa de erosión del Campo Experimental y de Prácticas “La Providencia” .....	61
Figura17. División de lotes del Campo Experimental y de Prácticas “La Providencia” .....	63
Figura18. Mapa de Clasificación agrológico de suelos por clase del Campo Experimental “La providencia” .....	65
Figura19. Mapa de clasificación agrológico por uso de Suelo del Campo Experimental “La Providencia”. ....	66
Figura20. Mapa de uso de conflicto del Suelo del Campo Experimental “La Providencia”. ....	678

Figura 21. Mapa de Elevación del Campo Experimental y de practicas "La Providencia" .....	70
Figura 22. Mapa de pendientes del Campo Experimental y de practicas "La Providencia" .....	72
Figura 23. Componentes de los Sistemas de Información Geográfica.....	86
Figura 24. Funciones de los componentes de los Sistemas de Información Geográfica.....	86

## **I. INTRODUCCIÓN.**

Los Sistemas de Información Geográfica - SIG son instrumentos desarrollados para el manejo de datos e información espacialmente georeferenciada. Normalmente integran funciones de administración de bases de datos con herramientas analíticas y técnicas para el análisis geográfico de la cartografía computarizada (OIRSA, 2000).

Hoy en día, estos sistemas son de gran importancia y aplicables a muchas áreas como: transporte terrestre, fincas, medio ambiente, empresas transnacionales, entre otros, ya que con el SIG se puede realizar un análisis mas amplio acerca de lo que se tiene en cualquier área a la que ha sido aplicada; así mismo ayuda y orienta a tomar la mejor decisión. (SABORIO, 1996).

El documento cuenta con información detallada de los recursos que posee la finca sus diferentes áreas, lotes, infraestructura, área pecuaria y agrícola entre otros.

El objetivo de dicha investigación es tener una base de datos sistematizada y actualizada del Campo Experimental y de Prácticas para que sea utilizada en la investigación científica, formación académica del estudiante de Ciencias Agronómicas y Veterinaria así como también fortalecer la toma de decisiones que ayuden a maximizar su desarrollo productivo y académico.

Con este modelo también se busca proporcionar herramientas para fortalecer un ordenamiento de la finca en donde cada área o rubro que se explota posea una base de datos donde se puedan hacer consultas como: dónde?, cómo? y cuánto?; además consultar con base a requerimientos específicos de los cultivos, y se podrá determinar que lugar es el más apto para su establecimiento, de acuerdo a las propiedades físicas del suelo.

Otra herramienta aplicable al SIG es el GPS diferencial; con el cual se logra georeferenciar las infraestructuras como: lotes, caminos, potreros, etc. Esto con el fin de obtener mejor precisión de los detalles con que cuenta la estación.

## **II. MARCO TEORICO.**

### **2.1 Antecedentes de Los Sistemas de Información Geográfica.**

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Una manera sencilla de hacerlo era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos. (INSTITUTO HUMBOLT, 2003).

A finales de los 70s el uso de la computadora progresó en la información cartográfica, avanzando de esta manera en la topografía, fotogrametría y Teledetección Remota provocando esfuerzos de desarrollo en las diferentes disciplinas en relación a la cartografía llegando de una manera mas completa a articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica. El uso de los Sistemas de Información Geográfica ha aumentado enormemente en las décadas de los ochenta y noventa; ha pasado del total desconocimiento a la práctica cotidiana en el mundo de los negocios, en las universidades y en los organismos gubernamentales, laboratorios de investigación y la industria privada, usándose para resolver diversos problemas (CESGA, 2003).

Aunque los SIG datan casi de 40 años, realmente los impactos de las nuevas tecnologías están teniendo mayores efectos en nuestros días principalmente y sobre todo en nuestro país y siendo tan importante en el análisis espacial, el SIG representa "el mayor paso hacia el manejo de la información geográfica desde el mapa" (SABORIO, 1996).

Dada su importancia en otras áreas del manejo de los recursos ambientales, se puede anticipar que el SIG será el instrumento natural para asistir el planeamiento y la toma de decisiones dentro de la gestión de los recursos naturales. Aunque el SIG tiene el potencial de contribuir al manejo de los recursos ambientales en una gran variedad de formas, un número de aplicaciones genéricas se pueden reconocer según OIRSA 2000, en los siguientes aspectos:

#### Inventario

Muchas de las primeras aplicaciones a los SIG en materia de recursos naturales se enfocaron en la habilidad de la computadora en almacenar datos, y permitir la recuperación selectiva de registros sobre consultas simples. En tales aplicaciones el SIG puede ayudar a ordenar y recuperar rápidamente los datos sobre bases de localizaciones y otras relaciones espaciales. (OIRSA, 2000).

#### Análisis de cambios

El uso del SIG en análisis de series de tiempo, se ha venido incrementando, unido a las técnicas de los sensores remotos y del procesamiento de imágenes, que ha servido para monitorear los cambios en los sistemas de recursos naturales.

En particular, el uso de la tierra, así como análisis de erosión y deposición, cambios en cobertura, inundaciones, e incluso contaminación (derrame de productos químicos), entre otros. Frente a un escenario real y dinámico, el científico o administrador de los recursos ambientales, requiere acceso a una tecnología que pueda contabilizar los cambios de los sistemas, abre importantes posibilidades para un mejor entendimiento de la dinámica de los recursos naturales y probablemente de los impactos ligados a la toma de decisiones y políticas. (OIRSA, 2000).

### Manejo y distribución de recursos ambientales

Teniendo en cuenta que los recursos naturales son fuente importante de producción de alimentos, así como de productos forestales, recreación, reservas biológicas, así el manejo de recursos naturales puede ser visto como una categoría especial de distribución de recursos. Si se incluyen aplicaciones de ubicación de sitios como la pesca, actividades agrícolas y la acuicultura igualmente han sido foco de aplicaciones SIG. (OIRSA, 2000).

### Prevención y manejo de desastres

Incluyen aplicaciones de valoraciones socioeconómicas extremas y el efecto de las inundaciones, sequías, incendios o vulnerabilidad debido al efecto del levantamiento del nivel del mar; además, valiéndose del Sistema de Posicionamiento Global GPS, se puede medir el porcentaje de plagas y enfermedades que afecta a los diferentes cultivos que se estén explotando en las fincas y tener la forma de cómo controlar para que no se convierta en un desastre socio – económico. (OIRSA, 2000).

## **2.2 Los Sistemas de Información Geográfica en El Salvador.**

Los Sistemas de Información Geográficos en El Salvador hicieron su aparición a principios de los años noventa. Muchos de ellos fueron componentes de proyectos de cooperación técnica internacional principalmente en las ramas de agricultura, medio ambiente, desarrollo energético, infraestructura vial y levantamientos catastrales. Lógicamente éstos se situaban dentro de las estructuras gubernamentales relacionadas con estos temas. En los sectores privados había ciertas compañías distribuidoras de energía y de construcción que contaban con sistemas de información geográfica que eran operados por manejadores gráficos utilizando la Georeferenciación sin realizar análisis de información alguna.

La implementación en cierto grado masiva de los SIG se da posteriormente y a raíz de los fenómenos climáticos, vulcanológicos y de origen tectónico que develaron en cierta forma la vulnerabilidad ambiental del país. Dichos fenómenos, partiendo del catastrófico paso del huracán Mitch a nivel regional en el año 1998 y los últimos terremotos del 2001. (FUENTES, 2003).

Uno de los primeros esfuerzos para utilizar los sistemas de información geográfica fue realizado por el proyecto Agricultura Sostenible en Zonas de Laderas ejecutado por la FAO y el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. Se elaboraron mapas de uso de los suelos en cuencas y microcuencas los departamentos de Morazán, Cabañas y la parte norte del Departamento de Usulután, así como estudios de zonificación agrológica y socioeconómica y se diseñaron escenarios de desarrollo agrícola sostenible en usos actuales y potenciales. Conjuntamente con el Proyecto de Protección del Medio Ambiente elaboraron el mapa de conflicto de uso de suelo identificando las áreas con uso agrícola inadecuado, el primer resultado de análisis con SIG presentado en el país. (FUENTES, 2003).

La Fundación PROCAFE desarrolló un sistema de información geográfica para delimitar zonas cafetaleras y propiedades, clasificación de las categorías del café y estimar la productividad de cafetales. Se diversificó a levantamiento de las redes viales terrestres y mapa de la red hídrica a nivel nacional. Como consecuencia de reestructuración y cambio de visión institucional, este sistema de información geográfica desapareció. El Ministerio de Agricultura y Ganadería realizó la determinación del uso actual del suelo de 1986, basado en imágenes de satélite y desarrolló información para el programa ambiental y un modelo para la agricultura sostenible en la cuenca alta del río Lempa con la Ley de Medio Ambiente en 1998 se creó el Sistema de Información Ambiental. (FUENTES, 2003).

**Wilfredo Fuentes Henríque**, Técnico en Sistemas de Información, generó el mapa de cuencas a escala 1:50,000 de todo el país y de las cuencas tri-nacionales de los ríos Lempa, Paz y Goascorán. Realizó el Mapa de Vegetación y Ecosistemas Terrestres y los primeros discos compactos sobre gestión ambiental. El Sistema de Información Ambiental del MARN conjuntamente con el Instituto Geográfico Nacional y el Instituto Geográfico de Francia está realizando el mapa del uso de la tierra en la cuenca tri-nacional del Río Lempa basándose en la interpretación de imágenes de satélite con quince metros de resolución.

El nivel gubernamental y las alcaldías necesitaron ante las emergencias un sistema que les diera información eficaz y rápida para aminorar los daños y maximizar los esfuerzos en futuros eventos.

Al ocurrir las catástrofes sísmicas de enero y febrero de 2001, las informaciones de campo sobre deslizamientos de tierras, derrumbes, grietas y represamientos de ríos ingresaron en una base de datos y se georeferenciaron. Se tomaron fotografías que eran anexadas al SIG. (FUENTES, 2003). El SIG sirvió para los planes de reconstrucción, de adecuación y mitigación de riesgos, identificación de zonas de desastres, de vulnerabilidad y otros.

## **2.3 Generalidades de los Sistemas de Información Geográfica.**

### **2.3.1 Concepto de SIG.**

Un conjunto de equipos informáticos, de programas, de datos geográficos y técnicos organizados para recoger, almacenar, actualizar, manipular, analizar y presentar eficientemente todas las formas de información georeferenciada. (Clarke, 1990). (Citado por CESGA. 2003).

### **2.3.2 Otras definiciones de SIG.**

Un sistema para capturar, almacenar, comprobar, integrar, manipular, analizar y visualizar datos que están espacialmente referenciados a la tierra. (Chorley, 1987). (Citado por CESGA. 2003). Sistemas automatizados para la captura, almacenamiento, composición, análisis y visualización de datos espaciales. (Clarke, 1990). (Citado por CESGA. 2003).

### **2.3.3 Componentes de un SIG.**

#### **2.3.3.1 Hardware.**

El SIG corre en un amplio rango de tipos de computadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación. (INSTITUTO HUMBOLT, 2003).

#### **2.3.3.2 Software.**

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales del software SIG son:

- Sistema de manejo de base de datos
- Una interfase gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.

- Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

#### **2.3.3.3 Información.**

El componente más importante para un SIG es la información. Se requieren de buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma mas acertada posible. La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener organizar y manejar los datos debe ser política de la organización.

#### **2.3.3.4 Personal.**

La tecnología SIG es de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial.

#### **2.3.3.5 Métodos.**

Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y prácticas operativas exclusivas en cada organización.

### **2.3.3.6 Importancia del SIG.**

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía y para analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo tiende a contribuir a tomar mejores decisiones. Un SIG en sentido completo gestiona una base de datos espacial. Permite la creación y estructuración de los datos partiendo de fuentes de información como los mapas, la teledetección, bases de datos existentes, etc. Además de posibilitar el análisis, visualización y edición en mapas de la base de datos, un SIG cuenta con herramientas que permiten crear nuevos datos derivados de los existentes. (INSTITUTO HUMBOLT. 2003).

### **2.3.4 Funcionalidad del SIG.**

#### **2.3.4.1 Construir datos Geográficos:**

Mediante datos geométricos existentes en CAD, o capturándolos por digitalización, vectorización de imágenes, GPS, etc., el sistema permite depurarlos y estructurarlos topológicamente, asociándolos con bases de datos alfanuméricos. De esta forma se obtienen datos espaciales listos para su uso en el análisis. (INSTITUTO HUMBOLT. 2003)

#### **2.3.4.2 Modelo cartográfico:**

Creación de nuevos mapas a partir de mapas existentes: Combinando atributos del terreno como pendiente, vegetación, tipo de suelo, etc. Mediante un modelo matemático se puede crear nuevas variables, como un índice de erosionabilidad, de riesgo de incendios, etc. (INSTITUTO HUMBOLT. 2003).

#### **2.3.4.3 Análisis de mapas:**

Estructurados en combinación con bases de datos asociadas. Se pueden interrogar para seleccionar los datos de interés, ver los resultados interactivamente eligiendo la simbología en función de los atributos asociados y producir cartografía de calidad.

#### **2.3.4.4 También se pueden preparar aplicaciones:**

A medida, como un plan de control de incendios, de evaluación de impactos ambientales, un modelo que prevea una inundación, aplicaciones verticales como un sistema de gestión municipal o una aplicación para una empresa eléctrica, etc. (INSTITUTO HUMBOLT. 2003).

#### **2.3.5 Aplicaciones del SIG.**

La utilización de herramientas como el Sistema de Información Geográfica (SIG), permite la generación de información y análisis espacial, para optimizar la gestión de una finca con aprovechamiento agropecuario; dicha aplicación trata de resolver el problema de ubicación de los diferentes rubros al ser un factor decisivo en el éxito o fracaso de la gestión. En la elaboración de la base de datos se obtiene en primer lugar la cartografía (planimetría y altimetría) de la finca mediante restitución de planos, asegurando así la calidad de la información gráfica de partida. (Lucini; Ferrer; Salinas, 2002).

El desarrollo del SIG, conlleva al análisis e interpretación de gran cantidad de datos biofísicos, socioeconómicos, estadísticos, espaciales, producción de una finca. (FAO, 2001). Un SIG puede jugar un papel vital en el logro de una administración más eficiente y productiva de una propiedad, dando como resultado el mejoramiento de la toma de decisiones. (MAG, sf).

### **2.3.5.1 Caso de Estudio 1: zonificación agroecológica en el manejo de recursos naturales en el Brasil.**

A nivel nacional, el Brasil ha desarrollado algunos sistemas de monitoreo de los recursos ambientales y de determinadas prácticas agrícolas, en los cuales los SIG tienen un rol central. Las áreas indígenas, los parques nacionales, las divisiones políticas y administrativas, bien como las áreas de protección ambiental, constituyen hoy planos de información en los SIG de varias ONGs y organizaciones federales. Mucha información puede ser comprada en CDs en varias instituciones, como por ejemplo en el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Un ejemplo interesante de las aplicaciones de los SIG en el manejo de los recursos naturales, en escala nacional, es el monitoreo orbital de las quemas o fuegos agrícolas, operacional desde 1991. Un total de casi 300 000 puntos de fuego son detectados y cartografiados anualmente.

El sistema detecta diariamente las quemas ocurridas en el país, de junio a noviembre, con base en el uso de imágenes orbitales del satélite NOAA-AVHRR, apoyadas en un tratamiento de datos cartográficos en SIG.

Para cada punto es asignada su coordenada geográfica (latitud y longitud). Esa base de datos diarios es geocodificada y permite que sean generados mapas semanales, mensuales y anuales de las quemas a nivel nacional, regional y provincial. (Miranda, 1996).

### **2.3.5.2 Caso de estudio 2: En Sistema de información geográfica para mercadeo de cafés especiales en la república dominicana.**

El café ha entrado en una crisis generada por sobreoferta y cambio en los acuerdos del mercado internacional. Esta situación se ha reflejado en precios internacionales del grano, afectando directamente los ingresos de los productores y la generación de divisas.

Los actores del sector cafetalero dominicano han buscado alternativas para implementar un sistema de información que permita mejorar el posicionamiento del café dominicano en los compradores y consumidores a nivel nacional e internacional. La estrategia de mercadeo es la señalización de los atributos de calidad del café dominicano a través de diferentes medios, entre los que está el servidor cartográfico por Internet.

Para contribuir con esta estrategia, El Consejo Dominicano del Café, el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, la Asociación Dominicana de Cafés Especiales, con el apoyo técnico de United States Geological Survey y EROS Data Center y el apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos, llevaron a cabo un proyecto de Sistemas de Información Geográfica para mercadeo de cafés especiales en tres zonas cafetaleras dominicanas.

Estas zonas se eligieron porque producen cafés de características organolépticas y/o un proceso de producción respetuoso del ambiente, apreciadas en los mercados internacionales.

El Sistema de Información Geográfica en Café tiene como objetivo promover la calidad del producto y mejorar las conexiones productor - comprador y generar informaciones para mejorar la planificación y la investigaciones relacionadas con la producción de cafés especiales en el país. Además de la función principal de contribuir al posicionamiento del café, la página tiene la capacidad de hacer análisis geográficos y consultas a través de la red. Por ejemplo, las fincas que están ubicadas en un rango de altura determinado. Las respuestas se presentan en forma de mapas y tablas. (ESCARRAMAN, 2003).

### **2.3.6 Limitaciones del SIG.**

Un SIG es un gran sistema informático cuya implementación en una organización es siempre gradual y costosa. Se requiere siempre la adecuación del sistema al trabajo requerido, mediante programación (frecuentemente realizada por el suministrador del SIG) y recopilación de los datos necesarios (suministrados por otras organizaciones o introducidos por el cliente). Para su explotación es necesaria la concurrencia de programadores junto con los profesionales del área de estudio en cuestión. No son pues, herramientas de usuario final, es decir, para profesionales conocedores del SIG: un SIG es una herramienta propia de una organización, no una herramienta personal. (INSTITUTO HUMBOLT. 2003).

Los SIG proporcionan al gestor: a) Entrada de datos, b) Análisis y gestión de datos, c) Obtención de resultados.

#### **2.3.6.1 Entrada de Datos.**

Los datos geográficos están constituidos por datos espaciales y sus correspondientes atributos. Los datos a capturar estarán generalmente registrados en mapas o planos que contienen una o varias coberturas o capas temáticas. Los datos espaciales pueden ser de tres tipos: puntuales, lineales y superficiales. Para dar entrada a los datos espaciales en el SIG hay que digitalizarlos, es decir transformarlos en datos numéricos. Los datos puntuales se pueden digitalizar por sus coordenadas UTM. Los datos lineales por sus puntos de comienzo y fin (nodos) y una serie de puntos de paso intermedios. Por último los elementos superficiales (polígonos) se pueden caracterizar por una serie de elementos lineales que cierran su perímetro.

La obtención de las coordenadas se puede hacer mediante un tablero de digitalización o un escáner. Todo lo anterior constituye el modo vectorial de almacenamiento de datos, pero también se pueden almacenar éstos en forma ráster. En este caso la imagen de la zona de interés (foto, imagen de satélite, etc.) se descompone en celdillas, generalmente cuadradas, que se localizan por su posición (fila y columna).

Los atributos en el caso de elementos puntuales pueden ser el propio objeto de que se trata (pozo, fuente, torreta de vigilancia), al que se pueden asociar otros datos (profundidad, caudal, altura).

En el caso de elementos lineales, los atributos pueden ser el tipo de elemento (vía, cortafuego, arroyo) al que se asocian otros (tipo de vía, ancho de cortafuegos, estacionalidad del arroyo). Generalmente la longitud del elemento queda calculada automáticamente por el SIG.

Los elementos superficiales (polígonos), que son los elementos básicos de un mapa temático, pueden llevar como atributo el código del tema, si se trata de una cobertura simple, o los códigos de los distintos temas que han dado lugar a una cobertura compuesta. El SIG asocia de forma automática a cada polígono su área y su perímetro.

#### **2.3.6.2 Análisis y gestión de los datos.**

La potencia de los SIG en la gestión se manifiesta en las enormes posibilidades de manejo y análisis de datos, abordando las siguientes temáticas:

Proporcionar los atributos de cualquier unidad superficial seleccionada por su situación espacial.

Crear coberturas que resulten de la unión, de la intersección o de operaciones de tipo lógico con los atributos.

- Optimizar el cálculo de redes en función de distancias, tiempo o costos.
- Interpolar y efectuar operaciones estadísticas con los atributos.
- Operar con gran facilidad en la modificación de atributos y en la creación de nuevas coberturas.
- Generar zonas de influencia alrededor de puntos y de líneas.

### **2.3.6.3 Obtención de los resultados.**

Los análisis realizados por los sistemas de información geográfica se pueden traducir en una gran variedad de documentos: Textos, tablas numéricas y, principalmente, mapas simples y mapas complejos, a la medida de los intereses y necesidades del cliente o promotor. Mediante los dispositivos convenientes de impresión (impresoras especiales o plotters).El usuario puede crear salidas gráficas seleccionando escalas, colores, tramas, símbolos para los distintos puntos, líneas y polígonos. Planos simples: Plano de situación, Plano general, Plano especial y Plano de la ordenación. Planos complejos: Plano del Estado Natural (Flora), Plano del Estado Natural (Fauna), Plano del Estado Natural (Suelos), Plano de calidades de la estación, Planos del estado fitosanitario, vías de saca y servicio, infraestructuras actuales, etc., Planos del Estado forestal y Plano del estado ganadero.

Los sistemas de información geográfica (SIG) han surgido como poderosas herramientas para la manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos, estadísticos, espaciales y temporales, que son necesarios para generar, de una forma flexible, versátil e integrada, productos de información, ya sean mapas o informes, para la toma de decisiones sobre el uso de tierras. Tomando en consideración limitaciones de fertilidad, salinidad y erosión de suelos y riesgos de degradación de tierras.

Muy buenos resultados se han conseguido en el desarrollo de herramientas SIG para la planificación de los recursos naturales, su gestión y control a diferentes escalas. El desarrollo de estas y otras aplicaciones informáticas conlleva el análisis e interpretación de gran cantidad de datos biofísicos y socioeconómicos, estadísticos, espaciales y temporales, con el objeto de producir diversas clases de productos informáticos en forma de imágenes, mapas y otros informes necesarios en la toma de decisiones.

Para ello son necesarias herramientas informáticas de análisis espacial que faciliten el fácil acceso a los datos y su manipulación, sistemas de evaluación, planificación y control de recursos naturales.

Los SIG integran bases de datos de las más diversas clases y fuentes, modelos de análisis de datos, sistemas de apoyo a la decisión, equipos y programas informáticos, y los recursos humanos en el marco institucional donde opere el sistema. La teledetección proporciona datos e imágenes de la cubierta vegetal y usos del territorio, permitiendo una rápida y eficiente monitorización de los cambios de usos que representa un elemento esencial en la evaluación de los riesgos de degradación y capacidad de uso sostenible de las tierras. (FAO, 2004).

### **2.3.7 Tecnologías Relacionadas con el SIG.**

Los sistemas de Información Geográfica comparten características con otros sistemas de información pero su habilidad de manipular y analizar datos geográficos los separa del resto. La siguiente sería una forma de clasificar los sistemas de información con los que se relaciona el SIG.

#### **2.3.7.1. Mapeo de escritorio.**

Utiliza la figura del mapa para organizar la información utilizando capas e interactuar con el usuario, el fin es la creación de los mapas y estos a su vez son la base de datos, tienen capacidades limitadas de manejo de datos, de análisis y de personalización.

### **2.3.7.2 Herramientas CAD.**

Se utilizan especialmente para crear diseños y planos de construcciones y obras de infraestructura, estos sistemas no requieren de componentes relacionales ni herramientas de análisis, Las herramientas CAD actualmente se han ampliado como soporte para mapas, pero tienen utilidad limitada para analizar y soportar bases de datos geográficos grandes

### **2.3.7.3 Sensores remotos.**

Conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia sin contacto material con los mismos (Lasselin y Darteyre, 1991) Los sensores remotos se definen como la técnica de adquisición y posterior procesamiento digital de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor. (MUNDO GEO, 2004)

### **2.3.7.4 Sistemas Manejadores de Bases de Datos.**

Los SMBD se especializan en el almacenamiento y manejo de todo tipo de información, incluyendo datos geográficos. Los SMBD están perfeccionados para almacenar y retirar datos, y muchos SIG se apoyan en ellos para este propósito. No tienen las herramientas comunes de análisis y de visualización de los SIG. (MUNDO GEO, 2004).

## **2.4 Diferencias entre SIG y CAD.**

Los sistemas CAD se basan en la computación gráfica, que se concentra en la representación y el manejo de información visual (líneas y puntos). Los SIG requieren de un buen nivel de computación gráfica, pero un paquete exclusivo para manejo gráfico no es suficiente para ejecutar las tareas que requiere un SIG y no necesariamente un paquete gráfico constituye una buena base para desarrollar un SIG.

El manejo de la información espacial requiere una estructura diferente de la base de datos, mayor volumen de almacenamiento y tecnología de soporte lógico (software) que supere las capacidades funcionales gráficas ofrecidas por las soluciones CAD.

Los SIG y los CAD tienen mucho en común, dado que ambos manejan los contextos de referencia espacial y de topología. Las diferencias consisten en el volumen y la diversidad de información y la naturaleza especializada de los métodos de análisis presentes en un SIG. Estas diferencias pueden ser tan grandes, que un sistema eficiente para CAD puede no ser el apropiado para un SIG y viceversa.

## **2.5 Sistemas de Posicionamiento Global.**

### **2.5.1 Conceptos Generales de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).**

- Son instrumentos Básicos en todo tipo de actividades de navegación, (Marítima, aérea, terrestre), la exploración y la investigación.
- Es el instrumento de recepción de las señales; además de ser un dispositivo electrónico capaz de captar las señales emitidas por una constelación de satélites, y en función de estas determinar con cierta precisión, una posición geográfica, rumbos, velocidad, recorrido, y distancia al punto de destino, además de otros parámetros relativos al error, sin ser afectado por situaciones climatológicas o atmosféricas.
- Es un sistema de navegación de satélites artificiales desarrollados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos que constan de un conjunto de Satélites en órbita terrestre conocida, que transmite ondas de radio, y un receptor terrestre, situado en el punto a determinar, que capta y registra las señales emitidas por los satélites. La posición horizontal se determina a partir de tales señales provenientes de un mínimo de tres satélites, como la intercepción única de tres señales emitidas por los satélites. (MAG, capacitación de GPS 2004.)

### **2.5.2 Función del GPS.**

El aparato recibe la señal de una constelación de satélites que se encuentran en órbita terrestre, para determinar la localización de quien los porta. En modo simple el satélite transmite una señal diciendo soy el satélite # X, mi posición actual es Y, luego el mensaje es enviado a la hora Z.

### **2.5.3 Tipos de Señales.**

En la actualidad, los satélites GPS emiten dos tipos de señales: una señal civil, con una precisión de hasta 30mts, y una segunda señal que únicamente pueden decodificar los militares y que tiene una precisión de 18mts. Además, el pentágono se reserva el derecho a introducir errores en cualquier momento en la señal civil para reducir su precisión a unos 90mts.

### **2.5.4 Componentes del GPS.**

#### **2.5.4.1 Antena.**

Es el componente de un sistema GPS que, centrado sobre el punto, colecta las señales provenientes de los satélites y las envía al receptor para el procesamiento.

#### **2.5.4.2 Receptor.**

(Procesa la señal, pueden tener 8, 12 o 24 canales).

#### **2.5.4.3 Colector de Datos.**

(Controla y almacena la base de datos).

### **2.6 Utilidad del GPS.**

Las ventajas de esta tecnología con respecto al método tradicional son evidentes. Con la utilización del GPS, La información generada puede ser procesada fácilmente en el mismo día, permitiendo la visualización del área

recorrida por el trabajador con el fin de garantizar que el área asignada fue cubierta. La incorporación de tecnología GPS de precisión en las plantaciones da la posibilidad de seguimiento del tiempo de iniciación y terminación del trabajo de campo y la determinación del área cubierta por el trabajador.

La presentación visual de la información, facilita así la posibilidad de contar con información rápida, eficiente y confiable; la determinación precisa de áreas problemas y sus coordenadas y finalmente, la optimización de los recursos humanos.

La utilización de un sistema de precisión GPS permite la recolección y el registro de información geográfica de interés. Esta información incluye: ubicación exacta de los lotes, de la plantación, cables de la red eléctrica, carreteras, empacadoras, canales de drenaje, árboles y otros obstáculos, así como sistemas de riego. El sistema permite además determinar las áreas totales y localizar con exactitud los linderos de los lotes. La tecnología de GPS utiliza un sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS) en tiempo real, con una precisión de 1 - 3 metros EMC (error medio cuadrático), incluyendo la captura de información geográfica y fotogrametría. (COLINA, C. 1994)

## **2.7 Usos del GPS.**

Estos aparatos son de gran aplicabilidad en las siguientes ramas:

- Recursos Naturales: Forestaría, Geología, Geografía, Biología.
- Ciencias Sociales: Arqueología e Historia.
- Agricultura: Muestreo de Plagas y Enfermedades.
- SIG: Hidrografía, Topografía, Minería, etc.

### **2.7.1 GPS en Agrimensura.**

La utilización de un sistema de precisión GPS permite la recolección y el registro de información geográfica de interés.

- ubicación exacta de los lotes y límites
- plantación diversas, árboles, Sistemas de Riego y Obstáculos.
- cables de la red eléctrica
- carreteras.
- canales de drenaje. (COLINA, C 1994).

## **2.8 Corrección Diferencial.**

**2.8.1 Concepto de corrección diferencial.** Es el proceso en el cual se sitúa un receptor en un punto conocido, llamado "estación base", y se utilizan estos datos recogidos para calcular las correcciones en cada instante dadas las coordenadas precisas de la estación. La posición incógnita de otro receptor ubicado en una "estación móvil" (denominado también estación remota o rover) puede mejorar la precisión de su posición aplicando aquellas correcciones.

**2.8.2 Corrección diferencial en tiempo Real.** En RTDGPS (Real Time DGPS) "la estación base" calcula e inmediatamente radiodifunde la corrección para cada satélite. Esta corrección es recibida por el móvil mediante un receptor de radio (FM, VHF o UHF) que la aplica a la posición que está calculando. El resultado es una posición diferencialmente corregida en el móvil.

**2.8.3 Corrección diferencial a post proceso.** En DGPS a post proceso la estación base registra todos los datos necesarios para cada satélite en un archivo. Posteriormente, un programa de corrección diferencial compara época a época los datos del fichero base con las coordenadas precisas de la "estación base" y, aplicando las correcciones al archivo de la "estación móvil" genera un archivo de posiciones corregidas.

**2.8.4 Corrección Diferencial inversa.** Se suele aplicar en control de flotas. Los datos recogidos por los distintos móviles se envían a un centro de control que dispone de correcciones diferenciales (o las obtiene mediante una "estación base") y las aplica a todos ellos obteniendo su posición corregida. En este tipo de tecnología el móvil desconoce su posición corregida.

## **2.9 Tipos de Corrección Diferencial.**

### **2.9.1 Corrección de Pseudodistancias.**

La "estación base" genera una corrección para cada una de las pseudodistancias observadas (PRC Pseudo Range Correction, Corrección a la pseudodistancia) y su variación con el tiempo (RRC Range Rate Correction), época a época, para los satélites observados. El equipo móvil aplica estas correcciones sobre los satélites que esté utilizando para calcular su posición.

Este es el método más correcto. Pseudodistancia es: La distancia desde el satélite a la antena GPS calculada a partir del tiempo recorrido de la señal de reloj. El satélite emite el código pseudo aleatorio y el receptor GPS a línea el código recibido con una réplica interna del código, esto permite conocer la diferencia de tiempo, lo que multiplicado por la velocidad de la luz nos determina la pseudodistancia.

### **2.9.2 Corrección por posición.**

Se utiliza cuando la estación móvil y base observan la misma constelación, o se supone que así sea. Se calcula la diferencia de latitud, longitud y altura elipsoidal en la "estación base" para aplicársela al móvil. Es el método más sencillo pero tiene el inconveniente de que sólo si en la base y en el móvil se usan los mismos.

## **2.10 Topología.**

### **2.10.1 Concepto de Topología.**

Es la representación de los detalles de las conexiones entre los diferentes objetos espaciales del modelo vector. Provee una definición precisa de los objetos y sus relaciones con otros objetos, permite obtener de manera inmediata cualquier relación de adyacencia, conectividad, proximidad, contención, intersección e inclusión.

Se entiende por topología de una red local la distribución física en la que se encuentran dispuestos los ordenadores que la componen. De este modo, existen tres tipos, llamados "puros", siendo los siguientes: Estrella, Bus, Anillo.

Generalmente la construcción de la Topología, esta atendida automáticamente por el programa, esta operación permite una importante flexibilidad en la digitalización de los objetos, el utilizador pica una red de nudos y líneas que no son redundantes, el programa construye automáticamente los vínculos entre las líneas y los nudos, construyendo los polígonos y asegurando los vínculos entre las líneas y polígonos.

### **2.10.2 La topología en el campo de los Sistemas de Información Geográfico.**

Considerada como una estructura de datos espaciales empleados principalmente para asegurar que entidades asociadas geoméricamente, forman una estructura topológicamente bien definida (los polígonos cierran, arcos que se suponen tiene que estar conectados).

Con el desarrollo de los sistemas de información geográficos orientados a objetos y la implementación de la Geodatabase, ha surgido una nueva visión de la topología, como un conjunto de reglas y relaciones entre los elementos de una misma o distintas capas de información, que junto con un número extenso de herramientas y tareas de edición forman una base de datos completa y útil en la toma de decisiones.

### **2.10.3 Formas de Topología de ArcGIS.**

Cuando se habla de topología en ArcGis es posible de hacerla de dos maneras diferentes: topología de mapa o implícita, y topología de reglas. (ESRI, sf).

**2.10.3.1 Topología de mapa o implícita.** Se trata de una topología sencilla que se puede aplicar sobre elementos simples (puntos, líneas y polígonos) y controla, durante una sesión de edición, las relaciones existentes entre aquellos elementos de un mapa elegidos por el usuario.

Permite editar de forma simultanea elementos con geometría coincidentes y puede aplicarse tanto a elementos de una misma capa como a los de distintas mantos. Gracias a la topología implícita, es posible realizar tareas como modificar los límites de las parcelas colindantes de una forma simultánea. (ESRI, sf).

En ArcGis este tipo de topología esta disponible para ArcView. ArcEditor y ArcInfo y sobre los formatos de geodatabase (personal y corporativa) y Shapfile.

**2.10.3.2 Topología de Reglas.** En esta forma de topología entran en juego reglas topológicas que dotan de flexibilidad al modelo de datos, ya que es el usuario quien decide qué reglas topológicas se aplican en cada caso, así como la forma de manejar los errores topológicos detectados tras un proceso de validación. (ESRI, sf).

Los conceptos más importantes a tener en cuenta en la topología de reglas son los siguientes:

**2.10.3.3 Reglas topológicas.** Se establecen para controlar las relaciones espaciales permitidas entre elementos de una misma capa o de varias, y se puede elegir entre 26 reglas diferentes dependiendo de las relaciones espaciales que se quiera comprobar. (ESRI, sf).

**2.10.3.4 Proceso de validación.** Durante el proceso de validación de la topología, se chequea que cada una de las reglas que han sido establecidas, se cumple en todos y cada uno de los elementos que participan en dicha topología, y se crea un registro de cada uno de los errores detectados. (ESRI, sf).

**2.10.3.5 Áreas no validas.** Las áreas no validadas (“dirty áreas”) son aquellas zonas que han sido editadas, actualizadas, o afectadas por la adición o borrado de elementos, dentro de una topología. Se generan áreas no validadas cada vez que un elemento es editado, borrado, creado, o modificado el subtipo, cuando se reconcilian versiones y, en general, cada vez que una determinada operación de mantenimiento realizada puede generar un error topológico. (ESRI, sf).

**2.10.3.6 Errores topológicos y excepciones.** Durante el proceso de validación, y cada una de las veces en las que no se cumple alguna de las reglas topológicas elegidas por el usuario, se crea un registro de error que se almacena en la base de datos. La Geodatabase es flexible a la hora de manejar los errores, que si bien pueden convivir como tales en la Geodatabase, es posible convertirlos en excepciones. (ESRI, sf).

## **2.11 Modelos de Datos TIN.**

### **2.11.1 Concepto de Datos TIN.**

Los TIN (triangulated Irregular Network; Red de triángulos irregulares) son modelos de datos que mantienen un modo de representación de la información geográfica a través de nodos con valores z; triángulos trazados a partir de los nodos.

### **2.11.2 Características de Modelos de Datos TIN:**

- Orientación del modelo, con la representación eficiente de superficies
- Fuentes de información, a través de: Datos de puntos extraídos de mapas e imágenes; Coordenadas de GPS; y Listas (tablas) de coordenadas (X, y, z).
- Almacenamiento de los datos espaciales, donde cada nodo de las caras de los triángulos almacena los valores x, y, z.
- Representación de los elementos, con lo que los valores z de los puntos determinan la forma general de la superficie. Líneas de ruptura: cambios en la superficie (ríos). Áreas de exclusión: polígonos con la misma elevación.
- Relaciones topológicas, cada triángulo se relaciona con sus vecinos.
- Análisis geográfico, que comprende los siguientes aspectos: Análisis de superficie (altitud, pendiente.); Derivación de isolíneas; Perfiles del terreno; y Análisis de intervisibilidad.
- Representación cartográfica, El modelo TIN es muy apropiado para la cartografía de superficies. Posibilidad de representación en perspectiva. (GEO, 2003).

### **2.11.3 Creación de los Modelos de Datos TIN.**

Las superficies TIN se crean a partir de puntos distribuidos de forma irregular, líneas y polígonos, cuyos datos se utilizan para construir una **red de triángulos irregulares (TIN)**. El método utilizado para calcular los triángulos es el de triangulación de Delauney (un círculo que pasa por tres nodos no debe contener otro nodo). La estructura de la información es topológica, o sea plana, con datos sobre los nodos de cada triángulo y los triángulos vecinos.

La localización de cada dato se define por un par de coordenadas x e y, mientras que el valor de la variable se representa por una tercera coordenada vertical, z. Si el muestreo es regular, los puntos forman una malla regular, si las localizaciones de los valores muestrales se distribuyen de forma irregular, entonces la variable se puede modelar por una red de triángulos irregulares (TIN).

Los nodos de una red TIN son los valores muestrales originales, que al ser conectados forman triángulos, cada uno de los lados de estos triángulos es un arco o cadena formado sólo por dos nodos, el inicial y el final. La red completa aproxima la topografía como si se tratase de una red, de caras planas, sobrepuesta a la superficie; la imagen producida es similar a la superficie de cristalización de facetas triangulares. Las estructuras TIN se generan con triángulos de Delauney (triángulos con ángulos próximos a 60°).

### **2.11.4 Ventaja principal de este método**

Puede variar la densidad de puntos muestrales de acuerdo con la complejidad de la superficie que se está modelando: las áreas planas necesitan menos datos para su modelado que las más quebradas. Por otro lado, esta estructura es eficiente para la visualización en bloques diagramas y para ciertos cálculos como la obtención de las pendientes, la orientación, etc. (GEO, 2003)

### **2.11.5 Aplicaciones:**

- Modelación de superficies (altitudes, temperaturas, densidades...)
- Análisis y visualización de datos continuos (análisis de intervisibilidad, escorrentía).

## **2.12 Conceptos básicos asociados al SIG.**

### **2.12.1 Cartografía:**

Es la ciencia que trata de la representación de la tierra sobre un mapa, al ser la tierra esférica ha de valerse de un Sistema de Proyecciones, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su establecimiento. (COLINA, C. 1994).

### **2.12.2 Mapa:**

Representación convencional, generalmente plana y con posiciones relativas, graficas de una porción de superficie terrestre o de fenómenos concretos y abstractos localizables en el espacio y que se elabora según a una determinada escala y proyección. (COLINA, C. 1994).

### **2.12.3 Tipos de Mapas.**

#### **2.12.3.1 Mapa temático:**

Mapa que, sobre una base topográfica elemental de referencia, destaca, mediante la utilización de diversos recursos de las técnicas cartográfica, correlaciones, valoraciones o estructuras de distribución de algún tema concreto y específico. Nota: convencionalmente el mapa topográfico y toda la cartografía general son considerados complementarios, incluso opuestos al mapa temático. (COLINA, C. 1994).

### **2.12.3.2 Mapa topográfico:**

Mapa que representa la planimetría y la altimetría de las formas y dimensiones de elementos concretos, fijos y duraderos de una zona determinada de la superficie de un terreno. (COLINA, C. 1994).

### **2.13.3.3 Ortofoto.**

Cartografía con fondo fotográfico que sirve de soporte gráfico de estudios de suelos, agua, propiedad rural, caminos y otros. En formato papel y digital (para uso en Workstation y/o en PC), la ortofoto es aplicable para localizar predios y explotaciones; trazado de líneas de distribución. (Electricidad, agua potable, poliductos, etc.) Y para identificar características físicas, humanas y productivas de una zona. (GEO 2003).

## **2.13 Bases de Datos en Access.**

### **2.13.1 Concepto de una Base de Datos.**

Es un programa que permite introducir y almacenar datos, ordenarlos y manipularlos. Organizarlos de manera significativa para que se pueda obtener información, relaciones de otro tipo de datos. (C.T.I., sf).

### **2.13.2 Utilidad de una Base de Datos.**

Las tres cosas básicas que debe permitir un gestor de base de datos son: introducir datos, almacenarlos y recuperarlos. Al mismo tiempo permiten otra serie de funciones que hacen de ellos herramientas incomparablemente superiores a los métodos tradicionales de almacenamiento de datos: archivadores, carpetas, cualquier gestor debe permitir: ordenar los datos, realizar búsquedas, mostrar distintas vistas de los datos, realizar cálculos sobre ellos, resumirlos, generar informes a partir de ellos, importarlos y exportarlos. (C.T.I. Sf).

### **2.13.3 Como crear una base de datos en Access.**

Para empezar a trabajar con una base de datos es necesario crear.

#### **2.13.3.1 Tablas.**

Donde se definen los campos que contendrán la información.

#### **2.13.3.2 Las Vistas de la tabla.**

Se pueden ver desde dos vistas distintas, en cada una de ellas no sólo cambia el aspecto de la tabla, sino que además varían el menú y la barra de herramientas.

#### **2.13.3.3 Guardar la tabla.**

Una vez haya definido la estructura de la tabla se pulsa el botón de Guardar y se le pone un nombre específico al archivo y llave principal. (C.T.I. Sf).

#### **2.13.3.4 La clave principal.**

La clave principal suele ser uno o varios de los campos de la tabla. El contenido de este campo identifica cada registro del campo de manera única. De modo que no se podrán introducir dos registros iguales o almacenar valores nulos en los campos de la clave principal. (C.T.I. sf).

#### **2.13.3.5 Tipos de clave principal.**

##### **2.13.3.5.1 Claves principales de Autonumérico.**

Un campo Autonumérico puede establecerse para que el programa introduzca automáticamente un número secuencial cuando se agrega un registro a la tabla. Designar un campo de este tipo como clave principal de una tabla es la forma más sencilla de crear una clave principal.

Cuando no se establece una clave principal antes de guardar una tabla recién creada, Microsoft Access pregunta si se desea que cree una clave principal automáticamente. Si se contesta afirmativamente, Microsoft Access creará una clave principal de Autonumérico.

#### **2.13.3.5.2 Claves principales de Campo simple.**

Si se tiene un campo que contiene valores exclusivos, como números de identificación o números de pieza, se puede designar ese campo como la clave principal. Si el campo seleccionado como clave principal tiene valores duplicados o Nulos, Microsoft Access no establece la clave principal. Se puede ejecutar una Consulta de buscar duplicados con el fin de determinar que registros contienen datos duplicados. Si no se puede eliminar fácilmente las entradas duplicadas mediante la edición de los datos, se puede agregar un campo Autonumérico y establecerlo como clave principal o bien definir una clave principal de campos múltiples.

#### **2.13.3.5.3 Claves principales de Campos múltiples.**

En situaciones en las que no se puede garantizar la exclusividad de un solo campo, se pueden designar dos o más campos como clave principal. La situación más común en la que surge este problema es en la tabla utilizada para relacionar otras dos tablas en una relación varios a varios. Si no se está seguro de poder seleccionar una combinación de campos apropiada para una clave principal de campos múltiples, probablemente resultará más conveniente agregar un campo Autonumérico y designarlo como la clave principal en su lugar.

#### **2.13.3.6 Relación de Tablas.**

Existen tres tipos de relaciones.

- Relación de uno a uno. Cada registro de la tabla A se relaciona sólo con un registro de una tabla B y cada registro de la tabla B se relaciona sólo con un registro de la tabla A.
- Relación de uno a varios. Cada registro de la tabla A está relacionado con varios registros de la tabla B y cada registro de la tabla B está relacionado con sólo un registro de la tabla A.
- Relación de varios a varios. Cada registro de la tabla A puede estar relacionado con más de un registro de la tabla B y cada registro de la tabla B puede estar relacionado con más de un registro de la tabla A. (C.T.I., sf).

### **2.13.3.7 Consultas a la base de datos.**

La consulta es una solicitud de información a la base de datos, donde se puede modificar la información de las tablas. Una consulta puede: Elegir tablas, Modificar los datos de las tablas, Elegir uno o varios campos, Seleccionar registros y Realizar cálculos. Los formularios. Permiten la introducción de datos en las tablas de una forma más sencilla y más limpia sirviendo de consultas mas especificas. (C.T.I. sf).

### **2.13.3.8 Formularios.**

Cualquier programa de base de datos permite mostrar los datos en pantalla de modos muy diferentes. Estos tienen motivos funcionales y estéticos .Los formularios permiten mostrar al mismo tiempo en la pantalla campos procedentes de distintas tablas relacionadas de forma que resulte mucho más sencillo trabajar con ellas. Al mismo tiempo se puede hacer que no aparezcan determinados campos. Por otro lado los formularios permiten dar una apariencia más agradable a la presentación de los datos que hace que el trabajo con ellos sea más cómodo, permitiendo insertar datos, modificarlos, o eliminar algún registro.

### **2.13.3.9 Informes.**

Los informes son presentaciones de los datos preparadas para imprimir. Los gestores de base de datos tienen la capacidad de ir intercalando los datos de la base sobre textos con cualquier formato de tal forma que generan de modo automático cartas, etiquetas postales, listados.

## **2.14 Clasificación de Suelos**

### **2.14.1 Conceptos Generales de Aptitudes de Tierra.**

Suárez de Castro, 1979. Afirma que la identificación de la finca se hace con el objetivo específico de suministrar a la persona que va a ejecutar la planificación de la finca, la información necesaria sobre el suelo y su capacidad para poder fijar el uso que debe dársele a cada terreno y el tratamiento que debe aplicársele.

Por lo tanto solo se anotan y se toma en cuenta las variaciones en características que afectan su uso, manejo y tratamiento y tales decisiones se refieren principalmente a factores internos del suelo (profundidad efectiva, textura de la capa superficial, permeabilidad, dureza y contenido de materia orgánica), y otras externas (pendiente, grado de erosión y uso actual) (Citado por CAMPOS, 1991).

-Aptitudes de la tierra. Según Faustino, 1988. Es la adaptabilidad de un tipo de tierras para una clase especificada de uso de la misma. El proceso de clasificación de aptitud de las tierras es la evaluación y agrupación de zonas especificadas de tierras en función de su aptitud para usos definidos. (Citado por CAMPOS, 1991).

-La evaluación de la tierra y su aptitud para distintos usos es probablemente el elemento más importante y esencial de todo conocimiento. La aptitud de la tierra será distinta según los diversos usos actuales o potenciales, según MAG, 1966. (Citado por CAMPOS, 1991). En base a lo anterior se encuentran diversas clasificaciones estructuradas de acuerdo a criterios basados en las características que influyen en el uso y manejo de las tierras.

#### **2.14.2 Sistema de Clasificación de tierras por su capacidad de uso por Ing. José Miguel Tablas Doubón.**

Este sistema simplifica la interpretación de los datos del suelo, permitiendo definir las posibilidades de uso en forma rápida y sencilla en la determinación de tierras aptas para cultivos de escarda, cultivos perennes, pastos, bosques para producción y tierras sin uso agrícola o de protección.

Este sistema agrupa las tierras en: tierras con pendientes menores del 12% y tierras con pendientes mayores del 12%, ya que el sistema es de orientación conservacionista. La clasificación comprende: clase, subclase, unidad de capacidad y unidad de mapeo.

#### **2.14.2.1 Clase.**

La clase esta enfocada a estudios de carácter muy general a general, utilizando para ello únicamente el símbolo de la clase de uso y la categoría; teniendo así 8 categorías, equivalentes al sistema americano, que se nominan tierras cultivables desde la categoría 1 a la 5; tierras aptas para cultivos permanentes.

La categoría 6; tierras aptas para pastos naturales o mejorados categorías 6 y 7; tierras aptas para cultivos de especies forestales categoría 7; tierras para protección y/o desarrollo de vida silvestre categoría 8.

#### **2.14.2.2 Subclase.**

Enfocados básicamente para estudios de carácter general a semidetallados , utilizando para ello el símbolo de la clase de uso y la categoría, acompañados de los límites expresados en forma general; expresando factores edáficos como Erosión (E), Suelo (S) y Drenaje (D), los cuales son codificados de acuerdo al grado de restricción o limitante.

#### **2.14.2.3 Unidad de Capacidad.**

Para estudios de carácter semidetallados a detallados puede trabajarse al nivel de unidad de capacidad y se nombra junto con la clase y la categoría, acompañado de los límites más relevantes de acuerdo al criterio técnico, expresado en forma específica en letras minúsculas, un ejemplo seria (CP5p / r); donde:

C= clase.

P5= categoría.

p= pendiente.

R= pedregosidad.

#### **2.14.2.4 Unidad de Mapeo.**

Para estudios detallados o muy detallados puede trabajarse al nivel de unidad de mapeo, utilizando para ello el símbolo de la clase de uso y la categoría, acompañados de los límites más revelantes de acuerdo al criterio técnico expresados en forma muy específicas con letras minúsculas y con su rango en Código Numérico como subíndice.

Ejemplo CP5 P4/r3 donde:

C= clase.

P5= categoría.

P4= pendiente código cuatro.

r3= pedregosidad código tres.

Según Suárez de Castro, 1979. (Citado por CAMPOS, 1991).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Generalidades del Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

**3.1.1 Ubicación Geográfica.** El Campo Experimental y de Prácticas cuenta con un área de 143 manzanas o su equivalente a 99.93 Has, ubicada en el cantón Tecualuya, Municipio de San Luís Talpa, Departamento de la Paz; a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) con coordenadas geográficas; 13°28'3" Latitud Norte, 89°05'8" Longitud Oeste y Coordenadas Planas de 261.5Km Latitud Norte, 489.6Km Longitud Oeste. (Cañas Reyes 1991).

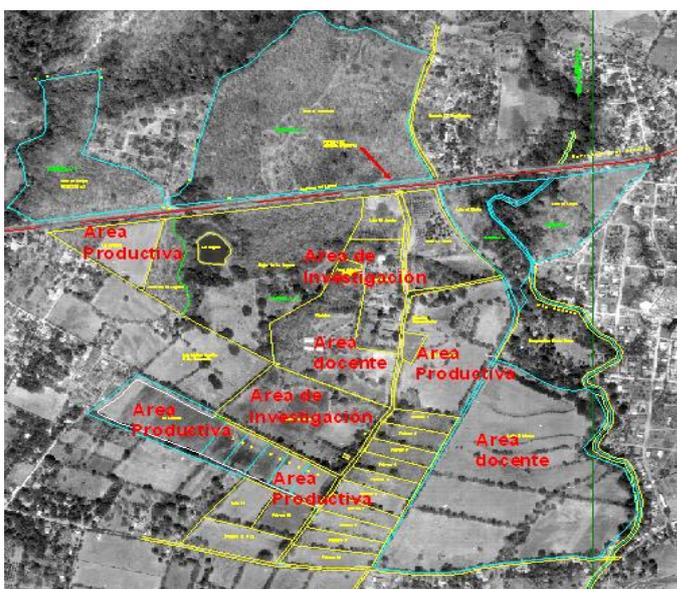
El Campo Experimental esta distribuido de la siguiente manera: 26 manzanas de pastizales, 26 manzanas de cultivos anuales y frutales, 10 manzanas de infraestructura y calles y 81 manzanas de reservas naturales.

El recurso humano esta conformado por 49 personas distribuidas de la siguiente manera:

- Área Administrativa.....	08 Personas
- Área de Vigilancia.....	08 Personas
- Área Pecuaria.....	13 Personas
- Área de Operaciones Agrícolas.....	13 Personas
- Área de Maquinaria Agrícola.....	04 Personas
- Área de Meteorología .....	01 Persona
- Jefe de Campo.....	01 Persona
- Director .....	<u>01 Persona</u>
	49 Personas

### 3.1.2 Distribución de Áreas del Campo Experimental.

El Campo Experimental y de Prácticas, tiene como visión el apoyo a la formación de los Estudiantes en las tres áreas básicas: Docencia, Investigación y Proyección Social, es considerada también como una unidad productiva la que tiene que generar sus propios Ingresos para poder funcionar y así lograr sus propios objetivos.



Fuente: Elaborado por:  
Martínez Argueta Alma Amparo.  
Zelada Guevara Carlos Aldemaro  
Herrera Martínez Mónica Evelyn.

**Figura. 1 Mapa digital de Ubicación de Actividades Productivas, Docencia e Investigación.**

El Campo Experimental se divide en tres áreas: Área Administrativa y Financiera, Área Académica y Área Productiva.

- El área Administrativa y Financiera.
- El área Académica.
- El área productiva.

### **3.1.3 Área Administrativa y Financiera.**

En la actualidad el campo experimental cuenta con un área administrativa, es la encargada de cuidar y velar por todos los bienes del mismo. El Estado financiero de la Estación Experimental y de Prácticas, se sustenta en base a la elaboración y ejecución de los proyectos productivos en forma escalonada durante todo el año, siendo esto agrícolas y pecuarios, y su desarrollo se ve limitado por no contar con un presupuesto, a pesar de ellos genera sus propios ingresos únicamente para su funcionamiento y no para un crecimiento y desarrollo en la inversión de otras áreas como infraestructura, equipamientos y otros servicios que demanda una institución educativa de las ciencias agropecuarias.

La estructura financiera esta conformada por:

Un Director del Campo Experimental y de Prácticas

Un jefe de Campo que controla y coordina las actividades pecuarias, agrícolas

Un administrador que coordina con el siguiente personal:

- Contador.
- Colector habilitado.
- Bodeguero.
- Secretaria.

### **3.1.4 Área Académica**

Para la formación de los estudiantes, el Campo Experimental y de Prácticas integra las carreras de Ingeniería Agronómicas y Licenciatura en Medicina Veterinaria; atendiendo en el ciclo I y ciclo II 35 asignaturas respectivamente en la que realizan sus prácticas de campo.

### 3.1.5 Área Productiva.

#### 3.1.5.1 Área Pecuaria.

Área asignada al manejo, alimentación y reproducción de las especies mayores y menores; Así como su establecimiento, renovación agronómica de los pastizales.

##### - **Ganado Bovino**

En cuanto a las especies mayores del Campo cuenta en su totalidad con un hato ganadero de 124 cabezas de las cuales esta dividida en grupos de la siguiente manera: Terneros son 38, teniendo veintidós machos y dieciséis hembras; el total de Novillas son de 25, en el área de Vacas en producción se tiene un total de 29, el total de Vacas Secas son de 17, en novillos se tiene un total de 14 concluyendo con 1 toro Semental puro.



Fuente: Elaborado por:  
Martínez Argueta Alma Amparo.  
Zelada Guevara Carlos Aldemaro  
Herrera Martínez Mónica Evelyn.

**Figura.2 Ubicación del área de Bovinos, Silos y Establos.**

Además el Campo Experimental cuenta con su propia fórmula de alimentación en concentrado (6 quintales / día), adicionando Silo (10 quintales / día) para el ganado sobre todo en vacas de producción y terneros acompañado de un plan profiláctico que sea garantizado y aceptado por el animal.

Para el ganado horro el plan de alimentación es muy limitante ya que es solo de relleno que son 6 quintales al día esta alimentación incluye pacas de heno y vagazo de caña complementando con rastros de las cosechas anteriores mediante los pastoreos y potreros (PLAN DE TRABAJO AÑO 2004-2005).

#### - **Área Apícola**

El Campo Experimental cuenta con un área Apícola de 60 metros cuadrados para fines educativos; donde los estudiantes de Agronomía hacen sus prácticas para la formación profesional, además una parte de este producto (miel) es vendida a las personas que viven alrededor del Campo Experimental a un costo de \$ 2.28 de dólar; la forma de comercialización de la miel es en bolsas plásticas. Este rubro es con fines educativos, por lo que se obtienen ingresos muy bajos a pesar de proporcionar una buena alimentación a las colmenas, también llevan un plan preventivo de plagas y enfermedades.

#### - **Área Ovino - Caprino**

Con respecto a esta área, se encuentra como parte integral la generación o búsqueda de nuevas alternativas para la cría y reproducción de las especies como las ovejas, cabras pedig\ey etc., con los recursos con que cuenta el campo. Por otra parte este recurso ayuda a la formación profesional del estudiante, siendo además un rubro poco explotado en nuestro país, así como poco consumido por las personas ya que son carnes muy exóticas incluyendo la de conejo con las que también están poca acostumbradas, aunque sean consideradas como carnes muy nutritivas y de alto valor económico en países desarrollados.

#### - **Avicultura**

Esta es una de las actividades académicas más rentables y productivas dentro del Campo Experimental, desarrollándose las líneas de pollos Arbor Acres ó Hubbard, con una producción de 400 a 500 parvadas al año. Se estiman \$1,035.66 para producir 600 pollos de engorde en el presente año 2004. Se indica de esa manera que existe la suficiente infraestructura para desarrollar muchas más parvadas.

Además se cuenta con infraestructura para aves ponedoras de la línea Hy-Line Brown, con la cual se pretende manejarla con indicadores técnicos para lograr posturas arriba del 85% y el fin de producción a los 19 meses de vida. Tal infraestructura esta capacitada para 800 aves.

Los gastos generales para 800 gallinas ponedoras oscilan en \$ 9,867.99/año. (Plan de trabajo 2004-2005).

### **3.1.5.2 Área Agrícola.**

Se encarga del establecimiento y manejo agronómico de los siguientes rubros: Granos Básicos, Frutales, Agroindustriales, Hortalizas, Forestales y pastizales. Así como apoyo al desarrollo académico. (Ver cuadro de distribución y uso de la tierra).

### **3.1.6 Infraestructura.**

El Campo Experimental cuenta con una amplia infraestructura para el desarrollo y beneficio ambiental de cada uno de los rubros que se explotan. Para el área de avicultura se cuenta con dos galeras para pollos inicio y dos para el desarrollo destinadas también para las gallinas ponedoras de la raza Hy-Line.

Para el ganado, actualmente se cuenta con un nuevo establo más amplio y cómodo de acuerdo a las necesidades del hato, su alimentación es semiestabulada ya que una parte del alimento la consumen en los pastizales, el otro tipo de alimentación es a base de fórmula o concentrado donde se incluye el heno.

El área de cunicultura cuenta con una galera y dentro de ella se encuentran jaulas cada una con sus respectivos accesorios (comederos, bebederos, nidos), que son de gran utilidad para el animal.

Con respecto a cabras y pedigree se encuentran en el mismo lugar en un área menor, ya que se destinan al desarrollo académico de los alumnos y docentes. En el área de la Maquinaria Agrícola, Se dispone de dos galeras para mantenimiento de la misma.

La Fábrica de Concentrado es el lugar destinado a la elaboración del alimento para los animales, según sus requerimientos y necesidades, toda la materia prima utilizada en el alimento se saca de las cosechas de los cultivos de maíz, maicillo forrajero, rastrojo de caña de azúcar.

### **3.1.7 Área de la Maquinaria Agrícola**

La función que desempeña la maquinaria Agrícola en el Campo Experimental demuestra la importancia que esta posee, dentro del desarrollo productivo agrícola y pecuario, como el apoyo que se le da en la parte docente para la enseñanza - aprendizaje del estudiante.

En base a los equipos e implementos agrícolas, la administración del Campo Experimental no cuenta con un monto para el mantenimiento o compra de repuestos que permitan mantener la maquinaria en buen estado.

En la actualidad se dispone de: una sembradora de granos básicos; una chapodadora que sirve para quitar malezas que impidan el desarrollo del cultivo; arado de vertedera y arado de disco con la función principal de voltear el suelo para que este quede suelto y se pueda sembrar con más facilidad; una rastra destinada a mullir las partículas del suelo y que de igual forma quede suelto con pocas partículas de grosor muy grande; una picadora, encargada de cortar el alimento que se les da a los animales y una enfardadora.

### **3.2 Recopilación de la Información.**

Para recopilar la información se recurrió a diferentes fuentes, tanto bibliográficas como cartográficas durante todo el proceso de la investigación.

#### **- Facultad de Ciencias Agronómicas.**

Se obtuvo información acerca de mapas cartográficos, mapas realizados por medio de levantamientos topográficos, Levantamiento Fotogramétrico por Zimmermann en Septiembre de 1987, clasificación general de suelos, mapas en escala 1:4000 y 1:2000; estos mapas contienen información de cómo está distribuido el campo, los diferentes tipos de suelo que posee, bases de datos tabulares, polígonos, Curvas a Nivel, uso en años anteriores.

#### **- Biblioteca de la Universidad de El Salvador.**

Proporcionó información del Campo Experimental, dicha información se obtuvo por medio de la tesis de Cañas Reyes (1971); Campos Araujo (1991).

#### **- Sitios web.**

Se obtuvo antecedentes con respecto a los Sistemas de Información Geográfico a nivel de Finca, así como su importancia en la Agricultura, sus beneficios, sus limitaciones, sus aplicaciones con otras herramientas como el Auto CAD, Ilwis, GPS, entre otros. Esto para conocer desde lo general, hasta lo más específico que aporta el SIG.

#### **- Asesorías Particulares.**

Se obtuvo información de:

El Ing. Víctor Ortiz, proporcionó información acerca de los GPS, uso y manejo en el campo y acompañamiento en la realización de tomas de datos. Así también en la corrección de los mismos en el programa de Pathfinder que es una herramienta anexa al Auto CAD. Obteniendo además información del CENTA, MAG, PROCAFE, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

### **- Visitas al Campo Experimental.**

Se realizó un total de 12 visitas, con la cual las primeras 2 visitas se hicieron con el propósito de obtener toda la información sobre el área agrícola, pecuaria, distribución de lotes y su ocupación o sea el tipo de cultivo establecido en cada uno de ellos. Esta información fue extraída además del √Plan de trabajo 2004 - 2005√ que ha sido elaborado por autoridades de la Estación Experimental.

De la tercera a la quinta visita se hicieron los Muestreo de Suelos, utilizando la Metodología del Ingeniero Tablas Doubón, para determinar la capacidad de uso de la tierra.

### **3.3 Recopilación de Información Secundaria de la Propiedad.**

La información se obtuvo a través del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, proporcionando los mapas históricos que se mencionan a continuación:

#### **Mapa Levantamiento fotogramétrico:**

Levantó\_ Antonio Zimmerman

Revisó\_ Antonio Zimmerman      Escala\_ 1:2000

Dibujó\_ Antonio Zimmerman      Fecha\_ septiembre – 1987.

#### **Mapa de Erosión:**

Levantó\_ Depto. De Suelos

Realizó\_ Ing. Agr. Antonio Salomón Rivas      Área\_ 102Há. – 147mz

Revisó\_ Dr. Mariano Magister      Escala\_ 1:4000 Fecha\_ Julio – 1975.

#### **Mapa Geológico:**

Levantó\_ Depto. De Ingeniería Agrícola

Revisó\_ Ing. Raúl Granados V

Dibujó\_ Mauricio López N.

Escala\_ 1:5000.

Fecha\_ Julio – 1975.

### **Mapa de Clasificación Agrológica de Suelos:**

Levantó\_ Depto. De Suelos

Realizó\_ Ing. Agr. Antonio Salomón Rivas      Área\_ 102Há. – 147mz

Reviso \_ Dr. Mariano Magister                  Escala\_ 1:4000

#### **3.4 Metodología para el Muestreo de Suelos.**

A través de un reconocimiento del terreno del Campo Experimental y de Prácticas “La Providencia” y por medio de un transepto de forma radial, se localizaron los puntos más idóneos dentro del mapa de uso del suelo para la toma de muestras que se requieren y con representatividad para las 143.00mz con las que cuenta la finca. Cada muestra de suelos se hizo a una profundidad de 1.20mt, por medio del barreno y se consideraron para su clasificaron los siguientes parámetros: pendiente, grado de erosión, profundidad efectiva, textura al tacto, pedregosidad, drenaje natural y riesgos de inundación.

Así también como la toma de lecturas de Georeferencia a través de un GPS de navegación y diferencial comprendidos a partir de la sexta a la novena visita. De los puntos muestreados de suelo se obtuvo información de las coordenadas del GPS (Garmin) de navegación, los cuales se introdujeron en una tabla de Excel para archivarlos en el software de Arc View dentro del mapa de uso actual del suelo; tomando en cuenta que el aparato debe de proporcionar de 4 - 5 satélites en órbita para que un punto sea considerado georeferenciado y que las coordenadas a obtener sean las deseadas y con precisión.

Con el GPS Diferencial se obtuvo información más detallada de los lotes, Infraestructura, calles, entre otros.

Entre las fechas comprendidas del 26 de enero al 8 de febrero de 2005, se recolectaron a través del DGPS todos los puntos de georeferenciación para los lotes y perímetros en tiempo real de la Campo Experimental; igualmente, con la ayuda de un vehículo auto motor se tomaron los caminos internos.

Con los puntos georefenciados se procedió a sacar sus respectiva estación base la cual contiene registros obtenidos a diario por varias instituciones, entre ellas están PROCAFE, REDES Y FUNDESA; esta última es la única que mantiene una base de datos para toda la semana y con un costo de \$10.00 por día de registro.

Con tales registros y sus coordenadas Lambert se corrigieron los puntos a través del programa Pathfinder que es una herramienta adjunta del programa Autocad. Corregidos, se unieron los puntos con polilíneas en Autocad para formar los polígonos y líneas de la infraestructura, lotes, calles y ríos que servirán para la generación visual del mapa en tiempo real del Campo Experimental.





Figura 4. Clasificación Agrológica de Suelos

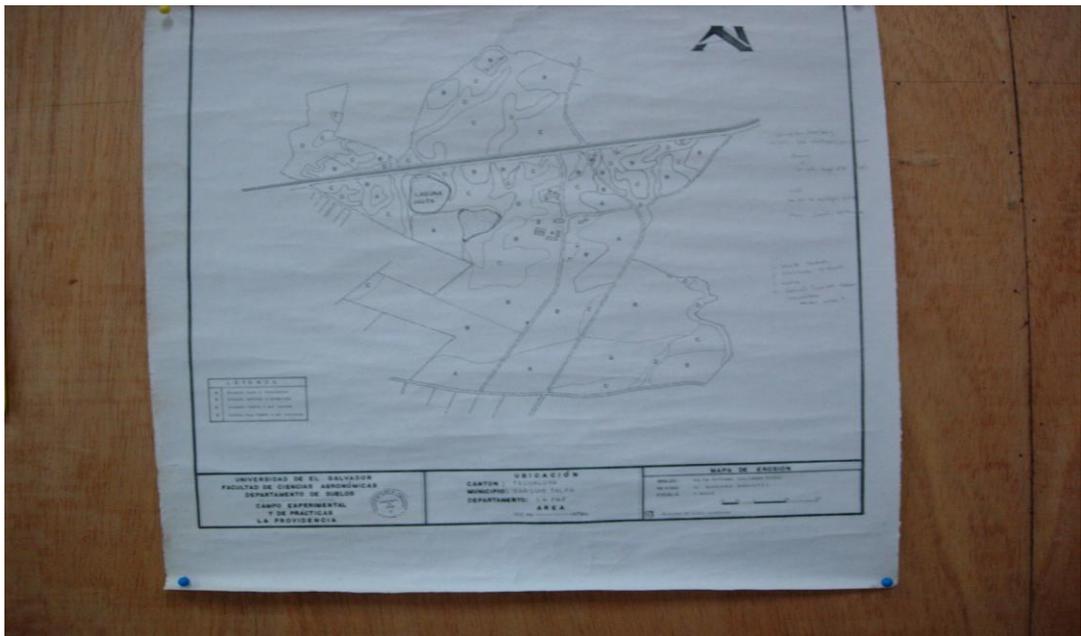
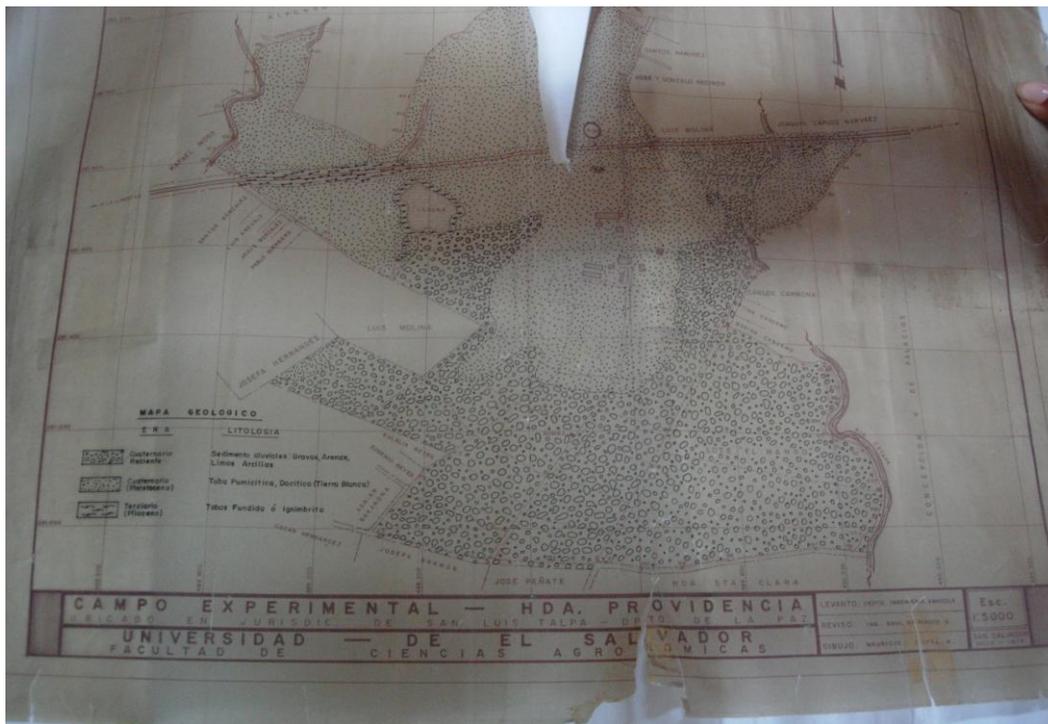


Figura 5. Mapa de Erosión.



**Figura 6. Mapa Geológico.**

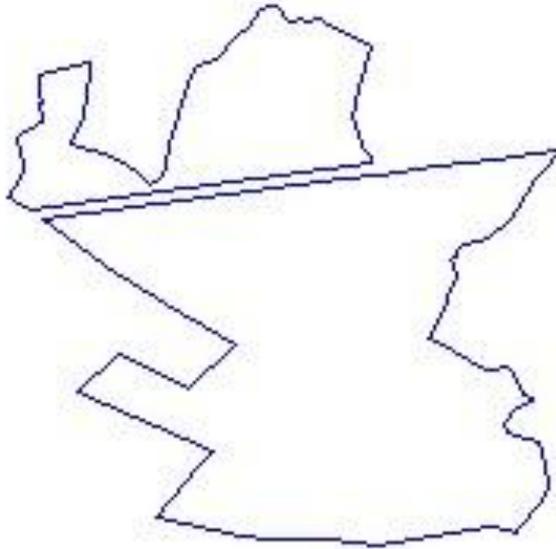
### **3.5.2 Digitalización de Mapas.**

Los mapas escaneados fueron procesados en un CAD, mediante el proceso de vectorización, que consiste en pasar del modelo imagen (ráster) al modelo vector, este proceso también se llama digitalización en pantalla.

La cartografía base del campo experimental se obtuvo del mapa topográfico del año de 1987 elaborado por Antonio Zimmermann.

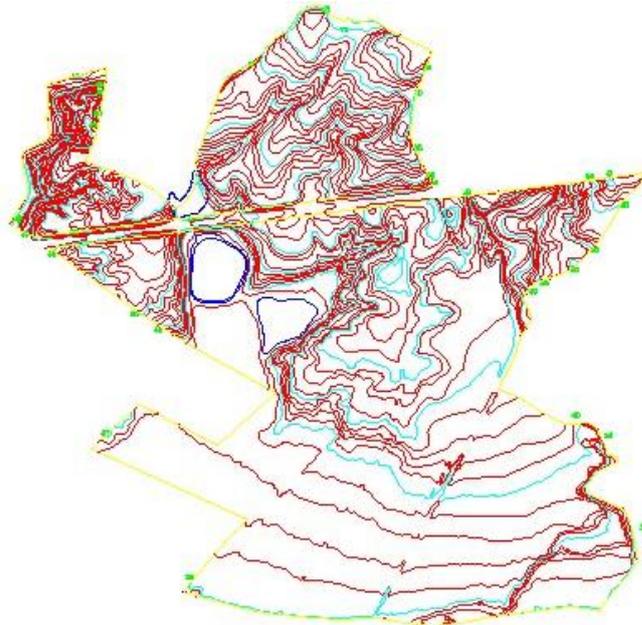
Los mapas obtenidos son los siguientes:

- Digitalización del perímetro del Campo Experimental



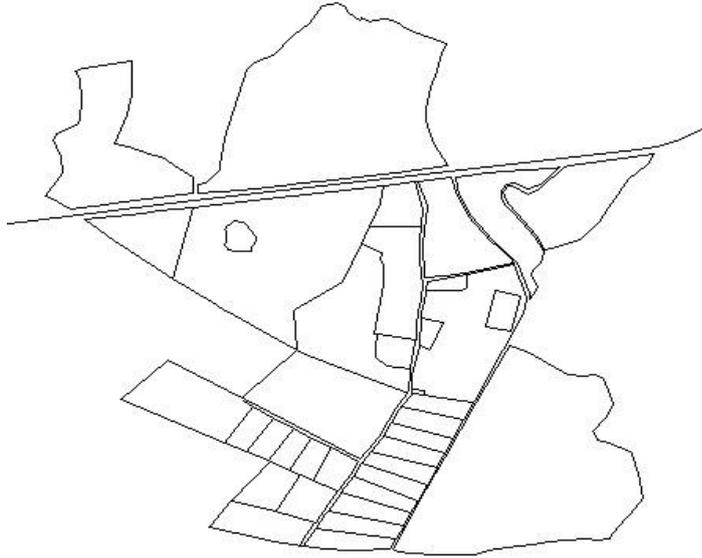
**Figura7. Perímetro con coordenadas cartográficas**

- Digitalización de las curvas a nivel del Campo Experimental



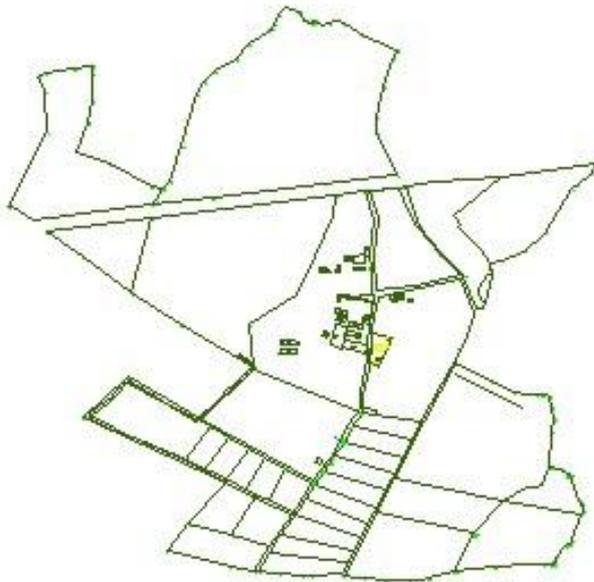
**Figura8. Curvas a nivel con distancias de 1 y 5mts**

- Digitalización de División de lotes.



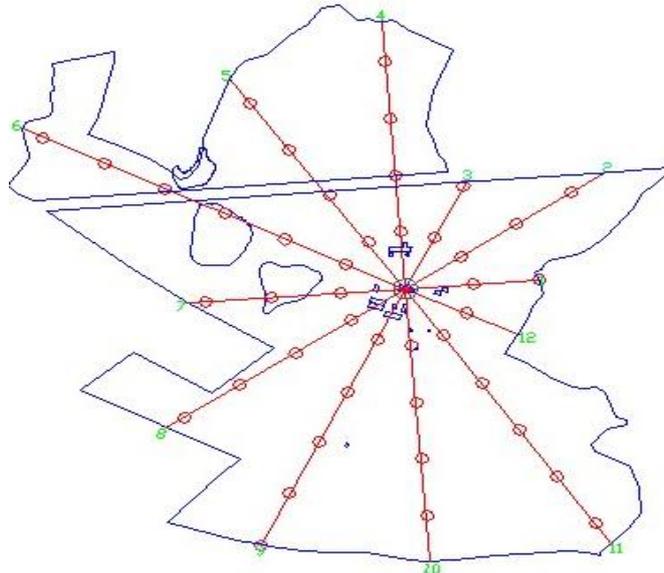
**Figura 9. División de Lotes.**

- Digitalización de Infraestructura.



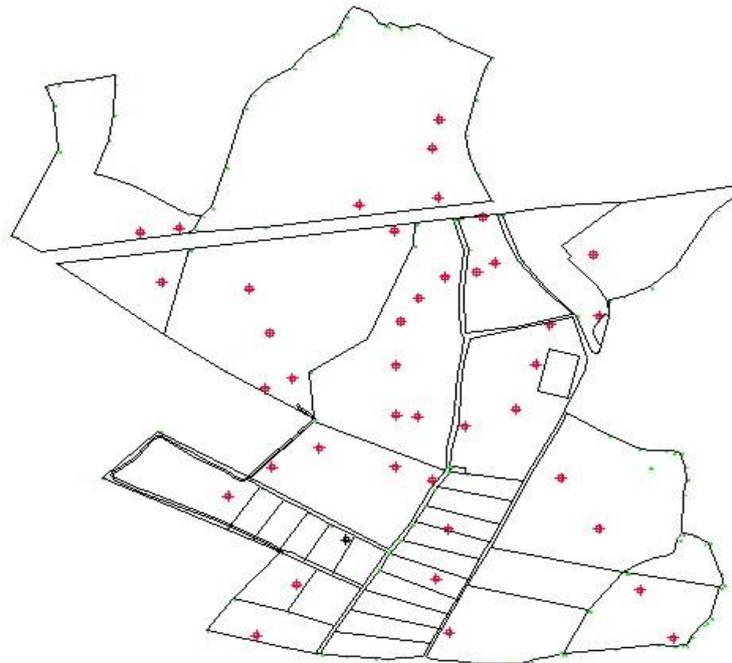
**Figura10. Ubicación de Infraestructura**

- Líneas guías para muestreo de suelos.



**Figura11. Líneas Guías para Muestreo de Suelos a 140mts/Muestra.**

- Puntos de Muestreo



**Figura 12. Puntos muestreados con GPS de navegación**

### **3.5.3 Georeferenciación de los Mapas Históricos.**

Los mapas históricos que no tenían definido un sistema de coordenadas, fueron ajustados a la cartografía base mediante un proceso denominado ajuste espacial contenido dentro del software ArcGis9.0

Para definir el sistema de coordenadas de trabajo en el SIG, se tomo en cuenta el sistema oficial para el Salvador (Cónica Conformal de Lambert).

### **3.5.4 Elaboración del mapa de Uso Actual del Suelo para el año 2004.**

Para la elaboración de uso actual del suelo de la finca, se utilizo una ortofoto del año 2004, en la cual se utilizó el método de interpretación en la pantalla, para separar los usos del suelo.

### **3.5.5 Base de datos.**

Contiene toda la información sobre la caracterización de los sistemas de producción de la finca. Además incluyen los datos levantados con el GPS en los muestreos de suelos (coordenadas).

#### **3.5.5.1 Base de datos Access.**

Esta información contiene un resumen de cada rubro que existe en el Campo, con un código diferente; con respecto a los lotes, la base contiene: área total, cultivos que se implementan con sus respectivos códigos; en cuanto a ganado se encuentran por grupo (novillos, vacas, toros, etc). En cuanto a uso de suelo y área, se creó una base de datos en la cual se elaboraron tablas con cada uno de los parámetros registrados en el muestreo de suelos.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

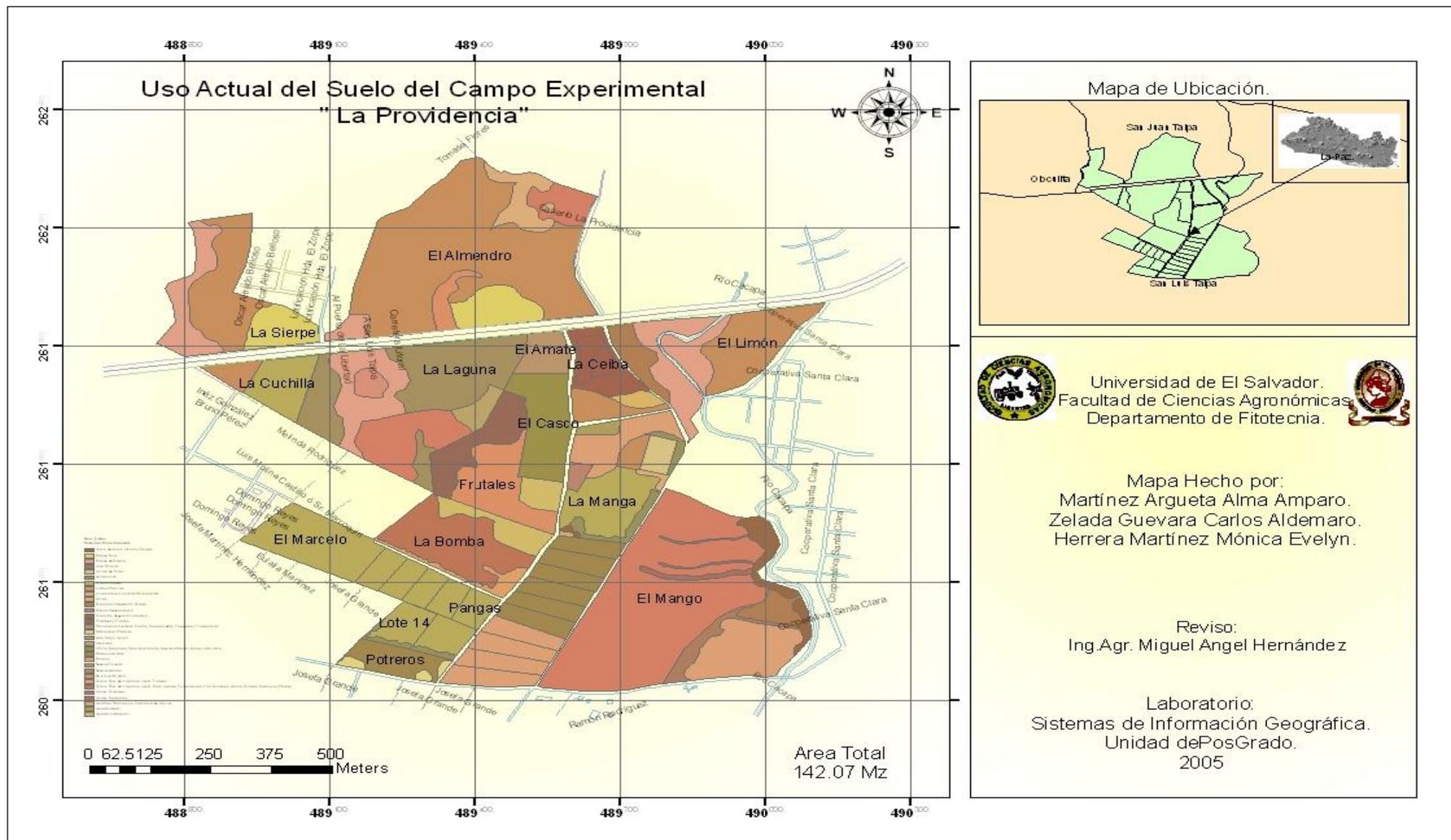
### **4.1 Mapa General de la Propiedad.**

El mapa final del Campo Experimental utilizando la metodología de GPS diferencial, reporta una superficie total de 142.07Mz. Habiéndose constatado este levantamiento con ortofoto del 2004 del Centro Nacional de Registros, demostrándose la confiabilidad de estos resultados. Estos datos fueron comparados con fuentes históricas de la propiedad que reportando una superficie total de 143.17 Mz; demostrando una diferencia en área de 0.93Mz; descubriéndose además un alto grado de usurpación territorial, principalmente en las áreas señaladas en el mapa.



#### **4.2 Mapa de Uso Actual de la Finca.**

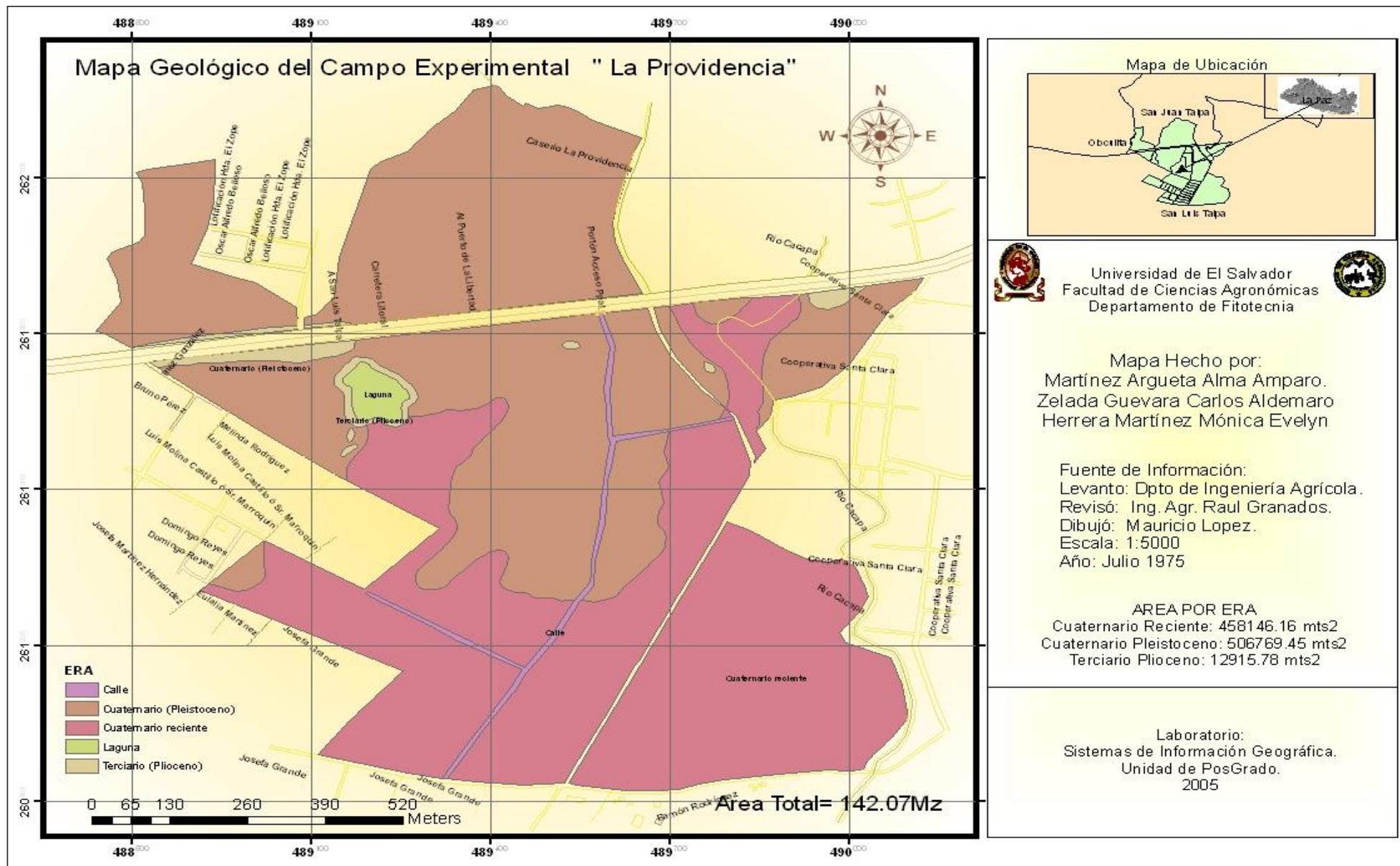
Actualmente el Campo Experimental se caracteriza por poseer un uso de suelo muy adecuado y bien distribuido teniendo que para el área de ganadería se tiene un total de potreros de 12.84 Mz de pastizales destinando su producto para la elaboración de alimento a las especies mayores y especies menores, encontrándose en el lote de La sierpe con 8.75Mz, El Almendro 24.30 Mz y parte del Limón 9.23 Mz estos en su mayoría con reserva natural y forestal, el uso agrícola lo poseen lotes como la bomba con 7.29Mz, el mango 25.26 Mz, el Ámate1.44Mz, La Ceiba 4.08 Mz, entre otros



**Figura14. Mapa de uso Actual del suelo del Campo Experimental y de Prácticas "La Providencia"**

### **4.3 Mapa Geológico.**

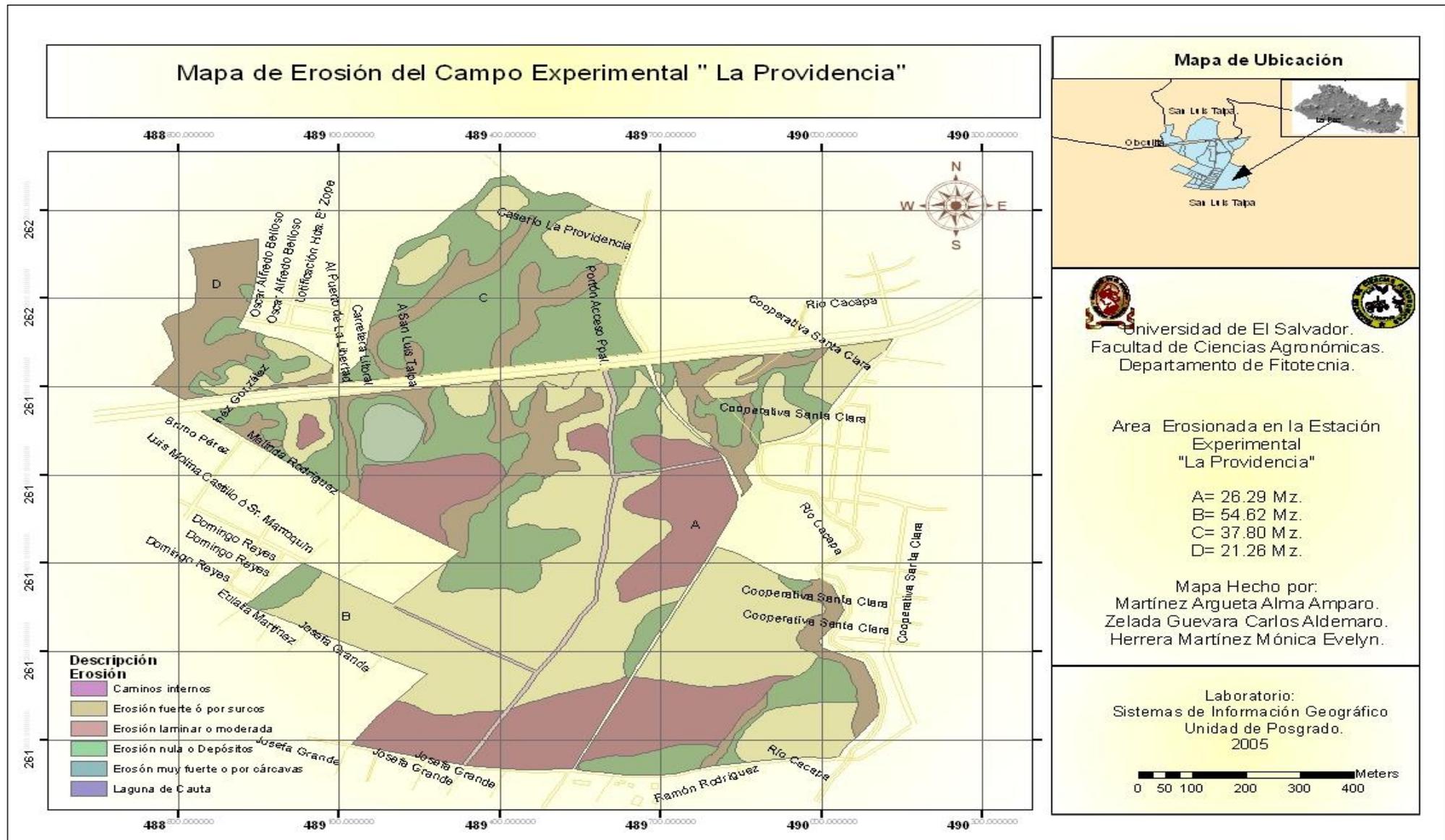
La Geología del Campo Experimental y de Prácticas “La Providencia” de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador se caracteriza principalmente por las Eras denominadas Cuaternario (Pleistoceno) con una litología de Toba Pumicítica, Dacítica (tierra blanca) y un área total de 506,769.45 mt<sup>2</sup> (72.52Mz); en segundo lugar predomina la Era Cuaternario Reciente con litología de Sedimentos Aluviales: gravas, arenas, limo – arcillas, que cubre un área de 458146.16 mt<sup>2</sup> (65.56Mz) y también esta conformado en menor grado por la Era de Terciario (Plioceno) con litología Toba Fundida o Ignimbrita con una extensión de 12,915.78 mt<sup>2</sup> (1.85Mz). Estos datos se obtuvieron de la fuente del mapa en formato de papel con escala 1: 5000 levantado por: Depto. de Ingeniería Agrícola; dibujado por: Mauricio López; fecha: Julio de 1975.



**Figura15. Mapa geológico del Campo Experimental y de Prácticas "La Providencia".**

#### **4.4 Mapa de Erosión.**

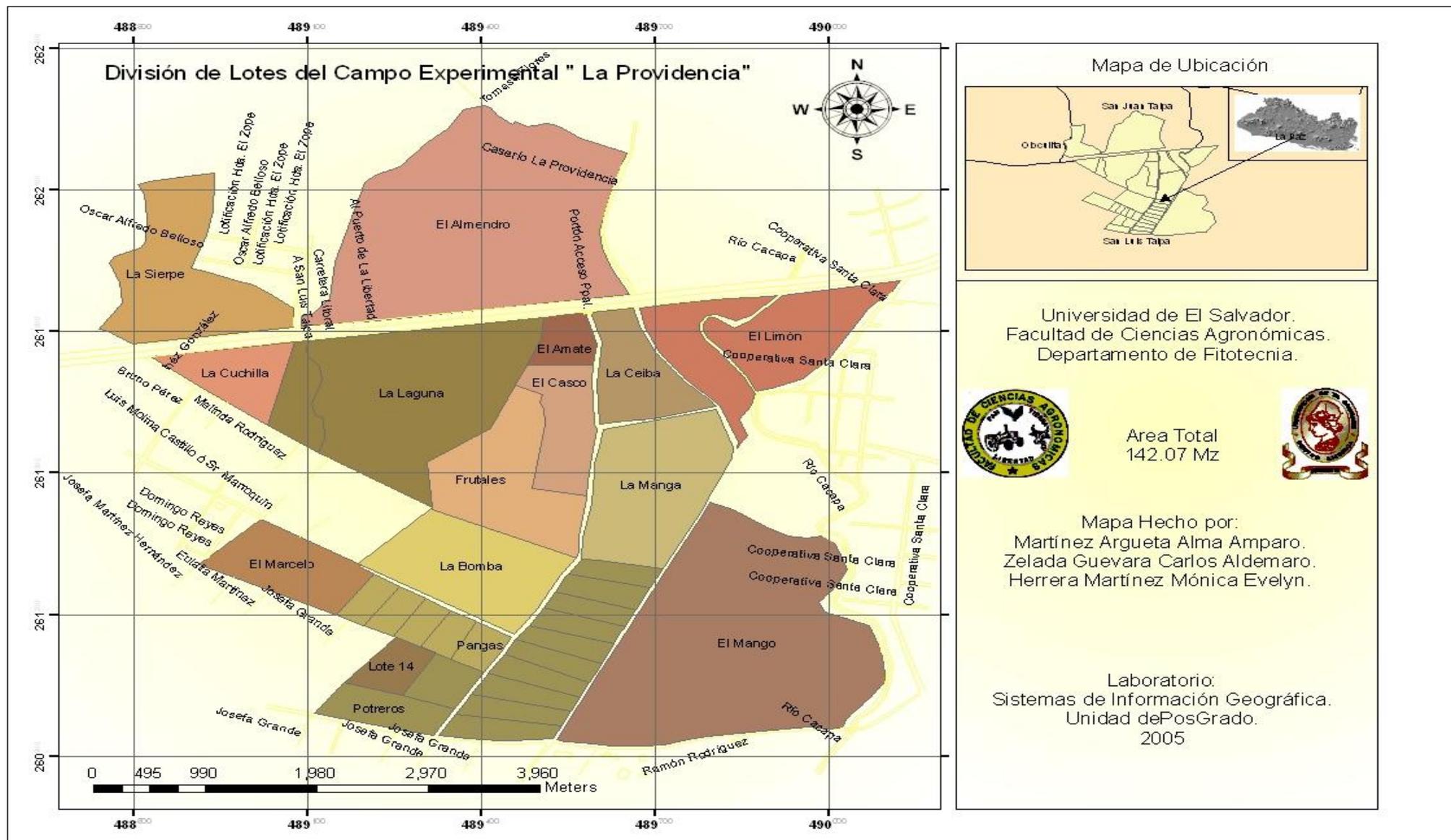
La Erosión en el Campo Experimental se manifiesta a través de la Erosión Nula o Depósito tipo "A" con un área de 183,714.52mt<sup>2</sup> (26.29mz); Erosión Laminar ó Moderada tipo "B" con un área de 381,684.56mt<sup>2</sup> (54.62mz); Erosión Fuerte ó por Surco tipo "C" con un área de 264,146.4mt<sup>2</sup> (37.80mz); Erosión Muy Fuerte ó por Cárcava tipo "D" 148,964.88mt<sup>2</sup> (21.26mz). Se observa entonces que se cubre un área de 139.97mz, de las cuales la que se encuentra con mayor incidencia es la tipo "B" con un 39.02% y como se muestra en el mapa, se influencia más en las zonas del Casco, El Mango, La Bomba, El Marcelo, Pangas y algunas de La Manga y Potreros; la segunda con mayor incidencia es la tipo "C" con un 27.01% predominando su influencia en la zona de El Almendro y regularmente en La Cuchilla, Frutales, La Laguna, La Ceiba; posteriormente con un 18.78% se encuentra la tipo "A" con una mayor influencia en las zonas de La Manga, Potreros, El Mango y Bajos de La Laguna; por último un 15.19% representado por la tipo "D" donde su predominancia radica en la zona de La Sierpe.



**Figura16. Mapa de erosión del Campo Experimental y de Prácticas "La Providencia"**

#### **4.5 Mapas División de Lotes.**

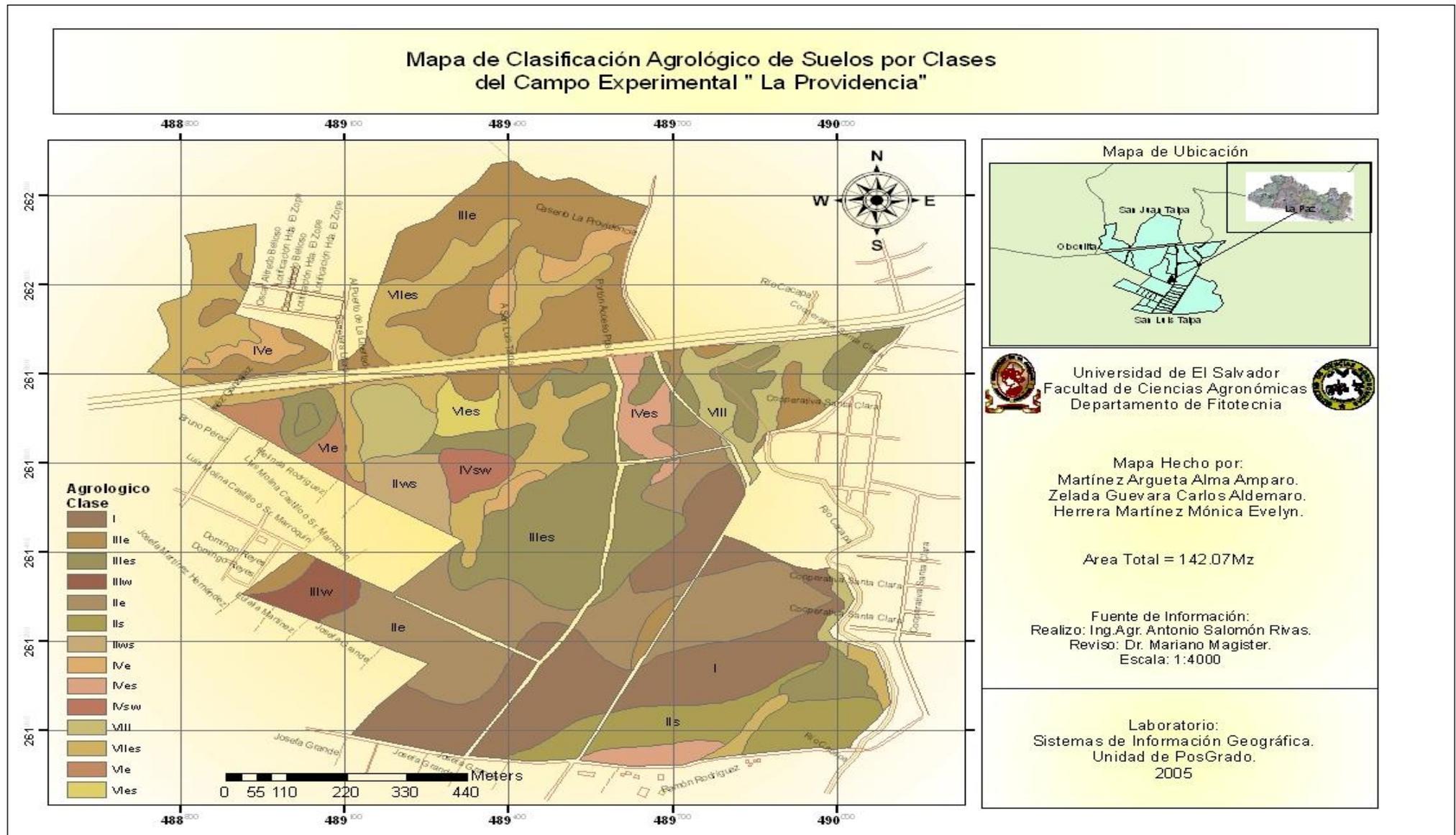
El Campo Experimental cuenta con 16 Lotes bien definidos como se muestra en el mapa de División de Lotes, así mismo representan un área total de 992,785.16mt<sup>2</sup> (142.07mz) distribuyéndose de la siguiente manera: El Mango con un área de 176,586.76 mt<sup>2</sup> (25.27mz), le siguen El Almendro con 169,825.85 mt<sup>2</sup> (24.30mz); hay que considerar además las áreas menores o iguales a 3mz como Las Pangas, Lote 14, Potreros, El Ámate y algunas zonas de La Laguna. También podemos hacer notar las áreas menores a 8mz donde se incluyen La Cuchilla, El Marcelo, La Bomba, La Ceiba, El Limón, El Casco y Frutales y por último se encuentran La Sierpe y La Manga que son mayores a 8mz y menores a 14mz. Además se tiene 1.07 Mz de calles internas por lo que el área total de la Estación Experimental es de 143.07 Mz.



**Figura17. División de lotes del Campo Experimental y de Prácticas "La Providencia"**

#### **4.6 Mapa Agrológico.**

La agrológica del Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador se caracteriza principalmente por Clase IIles con un área de 170,813.83 mts<sup>2</sup> donde se puede aplicar obras de conservación de suelos; la Clase IIIe ocupa el segundo lugar con un extensión de 154,099.13 mts<sup>2</sup> donde se pueden aplicar también obras de conservación de suelos y labranza; luego esta la Clase I caracterizada por ser las mejores tierras para los cultivos con una extensión de 150,086.05 mts<sup>2</sup>; continua la Clase VIIes con una extensión de 142,140.23 mts<sup>2</sup> caracterizada por ser utilizada para uso agropecuario en pastos; posteriormente esta la clase IIe con una extensión de 141,783.51 mts<sup>2</sup> donde se puede utilizar labranza intensiva y mecanizada; encontramos la Clase VIII apta para protección de flora y fauna con un total de 57,688.36 mts<sup>2</sup>; también encontramos la clase IIs caracterizada por la labranza intensiva y mecanizada con un total de 56,761.76 mt<sup>2</sup>; la Clase IVes tiene una extensión de 26,033.33 mts<sup>2</sup> caracterizada por cultivos anuales y bianuales; continua la Clase IVe caracterizada por cultivos anuales y bianuales con una extensión de 25,341.43 mts<sup>2</sup>; la Clase IIws tiene una extensión de 19,750 mts<sup>2</sup> y esta caracterizada por labranza intensiva y mecanizada; la Clase VIes ocupa 15,156.32 mts<sup>2</sup> y se caracteriza por ser apta para frutales, pastos y bosques; la Clase IIIw se caracteriza por ser apta para aplicar obras de conservación y labranza cubre un área de 14,596.02 mts<sup>2</sup>; la Clase IVsw ocupa 11,373.73 mts<sup>2</sup> y es caracterizada por ser apta para cultivos anuales y bianuales; Clase VIes ocupa el ultimo lugar en cobertura ocupando un área de 10,050.79 mts<sup>2</sup> y es caracterizada por ser apta para frutales, bosque y pastos. Estos datos se obtuvieron de la fuente del mapa en formato de papel con escala 1: 4000 levantado por: Ing. Agr. Antonio Salomón Rivas; Reviso: Dr. Mariano Magíster, (Sin fecha).



**Figura18. Mapa de Clasificación agrológica de suelos por clase del Campo Experimental "La providencia"**



#### **4.7 Mapa de Conflicto de Uso.**

El campo Experimental en su mayoría no posee conflicto de uso lo que significa que todas las áreas están bien distribuidas. En cuanto al establecimiento de cultivos y el área utilizada para el ganado también es el adecuado; en cuanto al sub-uso del suelo son muy pocas las áreas que están siendo sub-utilizadas entre las cuales tenemos parte de la Sierpe, el almendro, parte del limón pero muy significativo; no teniendo mayores consecuencias en su uso.

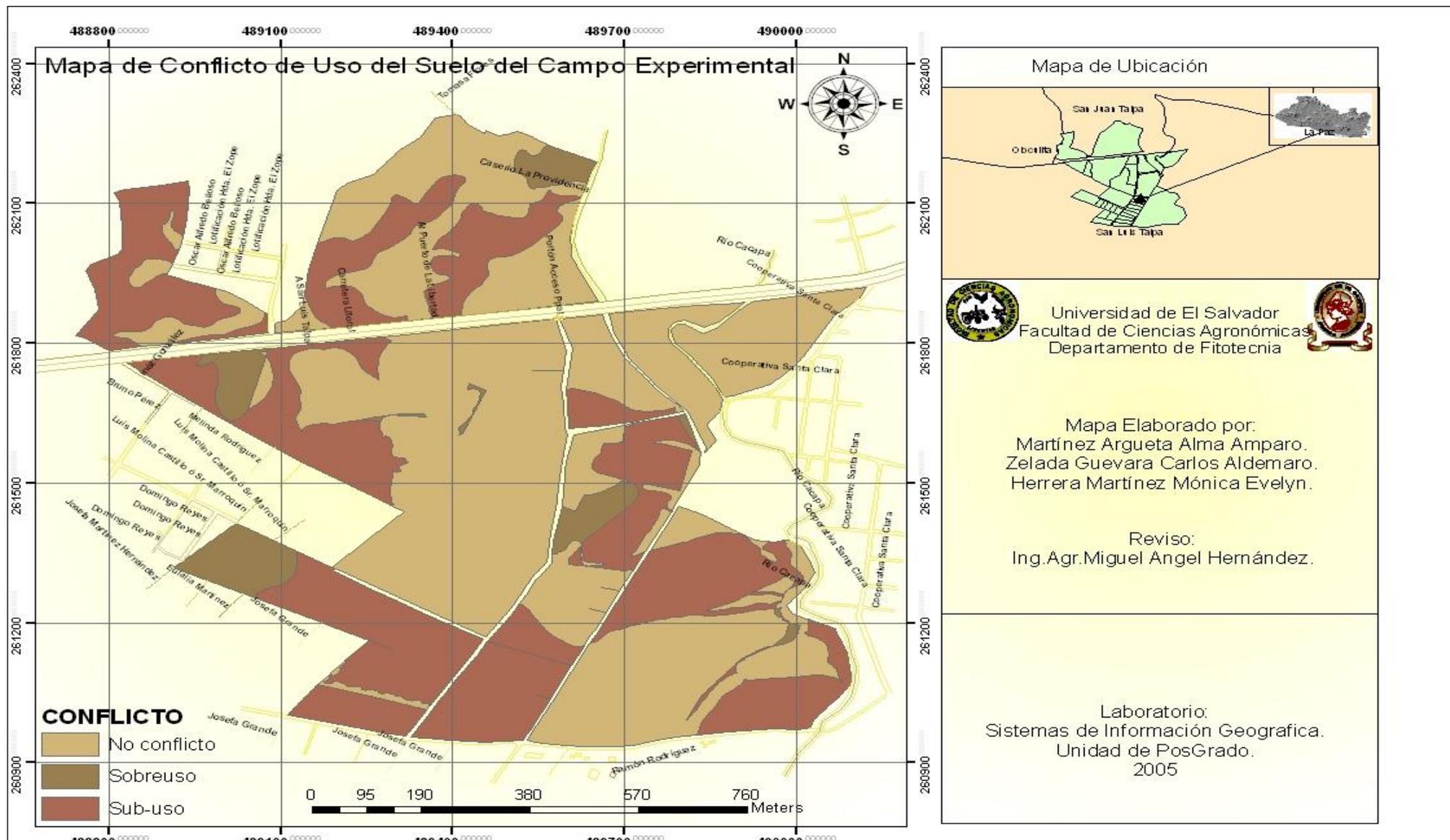


Figura20. Mapa de uso de conflicto del Suelo del Campo Experimental “La Providencia”.

#### **4.8 Modelo Digital de Elevación.**

El Modelo Digital de Elevación (MDE), se elaboró utilizando el método de TIN (Triangulated Irregular Network), para ello, se utilizaron las curvas a nivel a una distancia de 1 metro, obteniendo el mapa de elevación para el Campo Experimental; contando con elevaciones sobre el nivel del mar que van desde 30mts como mínimo, hasta 70mts como máximo; teniendo un promedio de 50 metros sobre el nivel del mar.

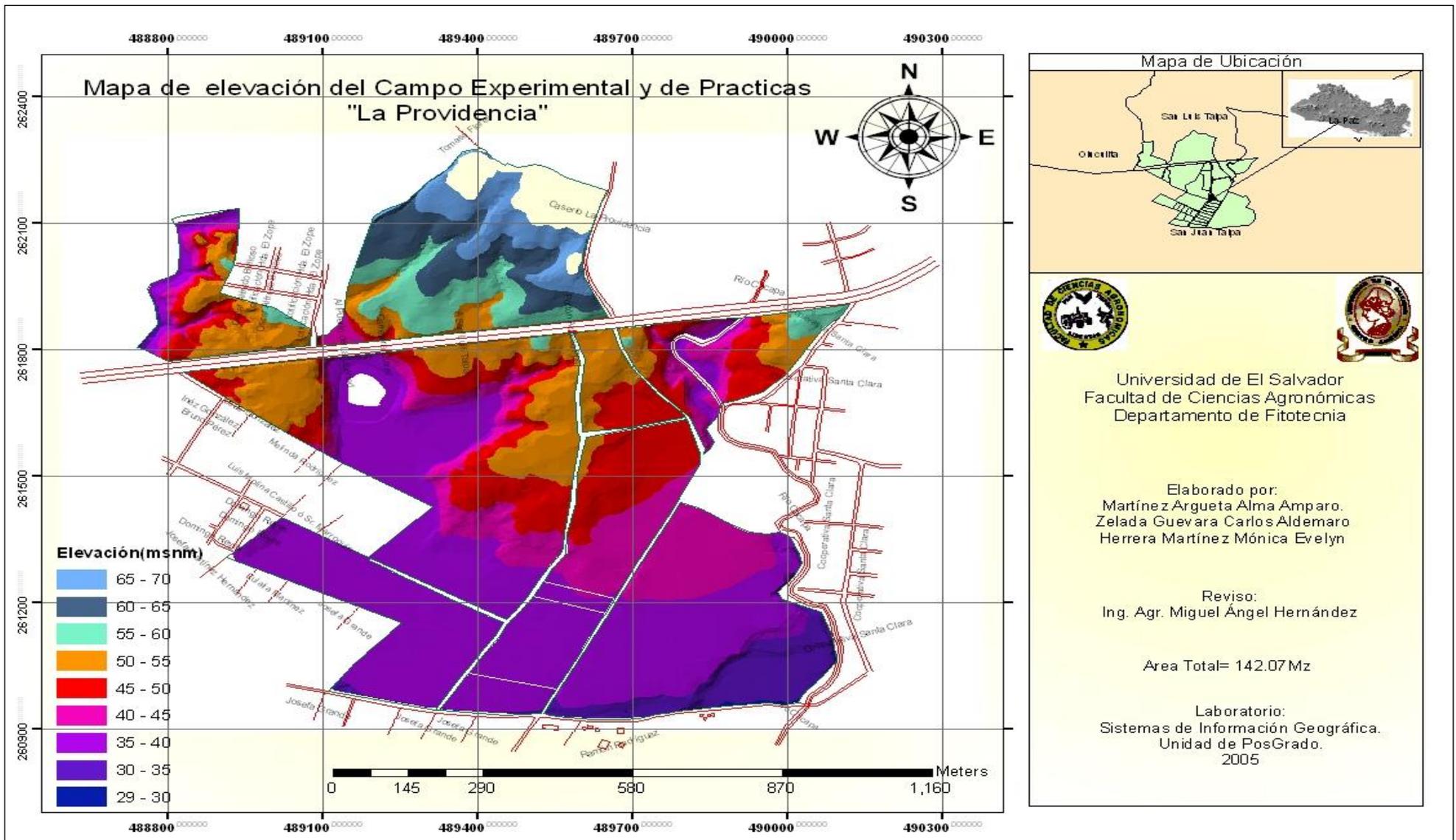
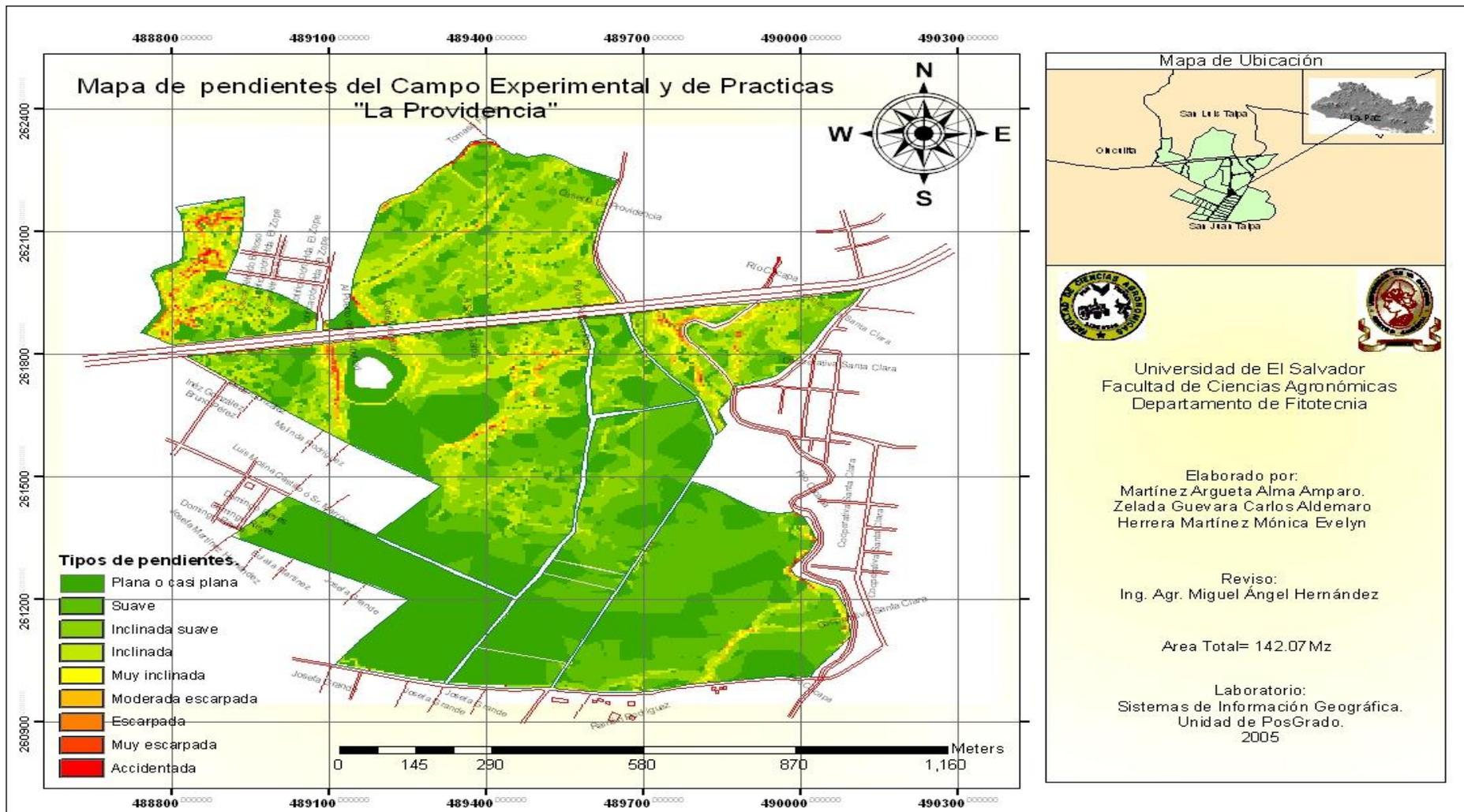


Figura 21. Mapa de elevación del Campo Experimental y de Prácticas "La Providencia".

#### **4.9 Mapa de pendientes.**

El Campo Experimental cuenta con pendientes de:

0-2% que son suelos planos a casi planos en su mayoría aprovechando para el establecimiento de cualquier cultivo sobre todo cultivos de hortalizas con fines de riego; seguida de pendientes de 2-6% siendo pendientes suaves, los cultivos a establecer pueden ser variados desde hortalizas, granos básicos, pastos, entre otros; las pendientes de 6-12% son inclinadas suaves siendo estas aprovechadas para reserva natural, labranza mínima y el uso de maquinaria restringida; pendientes de 12-25% utilizadas para reservas forestales; pendientes de 25-35% son suelos muy inclinados donde se tiene que aplicar conservación de suelos.



**Figura22. Mapa de pendientes del Campo Experimental y de Prácticas "La Providencia".**

#### **4.10 Muestreos de suelos**

Los puntos de suelos que fueron muestreados en el Campo Experimental, y luego georeferenciados con GPS de navegación en donde se evaluaron parámetros como: textura, pendiente, Drenaje, Profundidad Efectiva, Color, Erosión y Pedregosidad.

La metodología que se utilizó fue el de curvas a nivel y para hacer representativa las muestras de suelo se ampliaron a todo el Campo Experimental contando al final con 12 líneas rectas en todo el Campo ; introduciendo estos datos en el programa de Acces, en donde cada línea tiene sus respectivos puntos muestreados a una distancia de 143 metros para cada muestra de suelo; la tercera y cuarta columna incluye las coordenadas de cada muestra de suelo obteniendo los valores con el GPS de navegación georeferenciando cada muestreo de suelo ; la quinta columna muestra claramente el tipo de suelo que posee el Campo Experimental teniendo suelos desde Francos, Francos Arcillosos, Francos Limosos, Arenosos Francos entre otros , estos tipos de suelos indican que en el campo se pueden adaptar una gran diversidad de cultivos ya sea hortalizas, cultivos tradicionales, pastizales, forestales entre otros.

Las siguientes columnas en su orden indican que el Campo Experimental cuenta con una pendiente que va desde 2% hasta 5%; con un drenaje que va de pobre, bueno a moderadamente bueno; contando con una profundidad efectiva de 1.50mts. Encontrándose con una erosión nula y una pedregosidad de poca a ninguna lo cual significa que hay pocas probabilidades de inundación exceptuando la parte de pastizales, además los suelos son muy sueltos y manejables para cualquier clase de cultivo para la parte baja y de muy poco o nada de pendiente. (Ver base de datos en programa de Access).

Para la parte alta que corresponde los lotes el Almendro y la Sierpe se destina a los árboles (forestales) ya que son de mayor duración para ser comercializados, aunque el Campo Experimental no explota comercialmente dichos árboles; estos lotes en su mayoría cuenta con vegetación natural y propia del lugar, teniendo suelos que van desde los Franco Arenoso; Franco Limoso y Franco Arcilloso, capaz de adaptar cualquier otro tipo de cultivo encontrándose, un suelo rico en materia orgánica y con poca degradación del mismo.

#### **4.11 Bases de Datos.**

En las bases de datos en Access en cuanto al área Agrícola se tiene todo un inventario de los diferentes lotes teniendo de cada uno de ellos, los posibles usos que se pueden aplicar al establecer un cultivo (ir a programa Acces). además los muestreos de suelos cuentan con sus respectivas coordenadas.

Con respecto al área de ganado se tiene una base completa de todos los animales que existen en el Campo, se encuentran agrupados por: novillas, novillos, vacas secas, vacas en producción, toros, animales no existentes; cada animal posee la fecha de nacimiento, el nombre, el programa da la opción de ir actualizando los datos las veces que se requiera. (Ver cuadros 10, 11 y 12)

## **V. CONCLUSIONES.**

1. La actualización del mapa de uso del suelo, permite visualizar la distribución de actividades productivas, académicas y áreas de protección de la finca.
2. La base de datos de la Estación Experimental genera y relaciona cualquier aspecto sean biofísicos, productivos o administrativos, facilitando la manipulación de la información y permitiendo además la constante alimentación y actualización de datos para la formulación de nuevos proyectos y el monitoreo de ellos.
3. El Sistema de Información Geográfica permitió descubrir el estado actual de los linderos de la propiedad, encontrándose alto grado de usurpación de los alrededores del terreno por parte de personas particulares, indicándose puntos críticos de invasión, que pone en peligro la integridad de la propiedad.
4. El SIG permitió actualizar el catastro de la finca con respecto a caminos vecinales y ríos, siendo estos terrenos del estado según el Centro Nacional de Registros (CNR)
5. El área del terreno reportado por el levantamiento realizado en este trabajo, es menor al área de los antecedentes históricos de la finca.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

1. Verificar los linderos de los terrenos en los puntos críticos de usurpación
2. Dar seguimiento a la base de datos para mantenerla actualizada en cuanto a todas las actividades del campo
3. Generar un registro de uso de áreas destinadas a la investigación
4. Realizar un replanteo de los linderos del terreno con el objetivo de definir los verdaderos mojones antes de que los terrenos sean expropiados por los habitantes aledaños.

## VII BIBLIOGRAFIA.

1. CAMPOS ARAUJO, J. A. 1991. Capacidad de Uso de las Tierras de la Cooperativa "Santo Tomas" Jurisdicción de San Luís Talpa, Departamento de la Paz. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. Pág.: 2-10.
2. CENTRO DE SUPERCOMPUTACIÓN DE GALICIA (CESGA) 2003. Sistema de Información Geográfico (GIS). (en línea). Galicia, España. Consultado 12 de enero de 2004. Disponible en <http://www.cesga.es/ca/Gis/conf.html>.
3. CENTRO DE TECNOLOGÍA INFORMÁTICA (C.T.I.) sf. Microsoft Access XP (en línea) Universidad de Navarra, España. Consultado 12 de marzo de 2005. Disponible en <http://www.unav.es/cti/manuales/accessXP/indice.html#1>
4. COLINA, C. sf. Agricultura de precisión utilizando GPS. (en línea) Caracas, Venezuela. Disponible en <http://www.neutron.ing.ucv.ve/revistae/No7.htm>
5. ESCARRAMAN, A. PRONICAFE. Sistemas de Información Geográfica para Mercadeos de cafés especiales en la Republica Dominicana. (en línea). Santo Domingo, Republica Dominicana. Consultado 20 de febrero de 2005. Disponible en <http://www.idiaf.org.do>.
6. ESRI. Sf. Topología en la Geodatabase (en línea) España. Consultado 23 de noviembre de 2004. Disponible en <http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=179>.
7. FAO. 2001. Herramientas informáticas y sistemas de Información Geográfica. Capitulo 4. (en línea). Consultado 27 de enero de 2004. Disponible en [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/W29625/w2962s0j.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/W29625/w2962s0j.htm).

8. GEO. 2003. Tema 2. La naturaleza de la información geográfica y su gestión mediante SIG. Modelos y estructuras de datos (en línea) España. Consultado 15 de febrero de 2005. Disponible en [http://www.155.210.60.15/Geo/SIGweb/Tema\\_2.htm#P\\_2\\_2\\_2](http://www.155.210.60.15/Geo/SIGweb/Tema_2.htm#P_2_2_2)
9. GEO. ING. 2005. Corrección Diferencial (en línea). Consultado 20 de Mayo de 2005. Disponible en <http://www.geo.ing.es/servidor/geod/record/corrdif.html.l1k>
10. FUENTESHENRÍQUEZ. W.F. 2003. Sistema de Información Ambiental. MARN (en línea) El Salvador. Consultado 27 de Mayo de 2005. disponible en <http://www.rlc.fao.org/proyecto/139jpn/document/4red/T-SIRT/infopais/salvador/salvador.pdf>
11. INSTITUTO HUMBOLT. 2003. Los Sistemas de Información Geográfica. (en línea). Colombia. Consultado 27 de enero de 2004. Disponible en <http://www.araneus.humbolf.org.co/Sig/queesunsiq.html>.
12. Lucini, V. 2002. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Gestión de Recursos Cigenéticos. Caso Práctico de la Finca La Alamedilla (Toledo) Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y fotogrametría (en línea) Universidad Politécnica de Madrid, España. Consultado 27 de enero de 2004. Disponible en [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=201#](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=201#)
13. MAG - DGVA. sf. Sistemas de Información Geográfico (SIG). Dirección General de Estadísticas Agropecuarias. El Salvador, Nueva San Salvador. 9p.
14. MIRANDA, E. 1996. Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe. FAO. Santiago – Chile.

15. MUNDO GEO. 2004. Definición y Algunas Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (en línea) España. Consultado 23 de noviembre de 2004. Disponible en <http://www.usuarios.lycos.es/geografia2/twodescphotos5.html>

16. SABORÍO J. Materiales de Prácticas de Cursos de Sistemas de información Geográfica con IDRISI, impartidos en el CATIE de 1987 a 1992, en la UCR de 1990 - 1992 y en el ICE de 1993 a 1995, en CIDIAT en 1992.

## VIII. GLOSARIO.

- **Actualización Cartográfica:** Proceso de revisión y modificación de la información gráfica y temática, con el fin de que la cartografía recoja los cambios habidos en el tiempo en el territorio que representa.
- **Altitud:** Distancia medida verticalmente desde un punto a la superficie de nivel de referencia que constituye el origen de las altitudes de los mapas topográficos de un país.
- **ARC/INFO:** Software de Sistemas de Información Geográfica desarrollado por el Environmental Research Institute Systems (ESRI).
- **Base de Datos Geográficos:** Es una representación o modelo de la realidad territorial. Contiene datos de sobre posición, atributos descriptivos, relaciones espaciales y tiempo de las entidades geográficas, las cuales son representadas mediante el uso de puntos, líneas, polígonos, volúmenes o también por medio de celdas.
- **Cartografía:** Ciencia que tiene por objeto la realización de mapas, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su establecimiento
- **Fotointerpretación:** Interpretación de la superficie del terreno a partir de fotogramas.
- **Geodesia:** Ciencia que tiene por objeto el estudio y la determinación de la forma, dimensiones y campo de la gravedad de la Tierra y de los cuerpos celestes cercanos a ella. Permite obtener datos para fijar con exactitud los puntos de control de la triangulación y la nivelación.

- **Georeferenciación:** Asignación de algún tipo de coordenadas a un punto.
- **GPS:** Global Positioning System, sistema de posicionamiento con satélites, instrumentos Básicos en todo tipo de actividades de navegación, (Marítima, aérea, terrestre), la exploración y la investigación que desde sus orígenes en 1973 ha supuesto una revolución frente a las técnicas utilizadas en Geodesia Clásica. La precisión inicial prevista en un principio, de orden métrico, era la necesaria para la finalidad que tuvo en un principio de Navegación en Tiempo Real, pero pronto se puso de manifiesto la posibilidad de sus aplicaciones en Geodesia, al permitir conocer la posición del observador con precisiones similares a las de los métodos clásicos, mediante el post-procesado de datos, siendo en la actualidad un instrumento capaz de satisfacer demandas dentro de los campos de la Geodinámico y la Geofísica. La idea básica del sistema es la medida de distancias entre el receptor y al menos cuatro satélites de la constelación NAVSTAR, de manera que la primera operación es conocer la posición del satélite en una época determinada por medio de los parámetros orbitales radiodifundidos en el Mensaje de Navegación. De esta manera, y mediante el tratamiento de los observables GPS, que consisten en medidas de fase, tiempo y pseudodistancias, se puede conocer la posición en post-proceso de la antena del receptor, que vendrán dadas en el sistema de referencia WGS 84, por lo que habrá que realizar una transformación de este sistema al sistema de referencia local que se precise.

- **GPS diferencial:** El GPS Diferencial (DGPS) se utiliza para solventar los errores que se producen trabajando con un receptor GPS autónomo. Partiendo del principio de que los errores son muy similares en receptores GPS no muy lejanos entre sí, se pueden calcular las correcciones en una estación base y emitirlas para que un receptor móvil pueda aplicarlas a su posición, incrementando así su exactitud al posicionarse. Esta técnica ha desarrollado diversos métodos de transmitir correcciones diferenciales desde una estación de referencia fija a un receptor móvil.
- **Imagen Digital:** Caracterización discreta de una escena formada por elementos multivaluados llamados píxeles, como tal puede estar formada por un conjunto de bandas, en cuyo caso se conoce como imagen digital multiespectral.
- **Latitud:** Angulo medido sobre un arco de meridiano, que hay entre un punto de la superficie terrestre y el Ecuador.
- **Longitud:** Distancia angular, medida sobre un arco de paralelo, que hay entre un punto de la superficie terrestre y un meridiano tomado como base u origen.
- **Modelo digital del terreno:** Es la representación cuantitativa en formato digital de la superficie terrestre, contiene información acerca de la posición (x,y) y la altitud Z de los elementos de la superficie. La denominación MDT es la genérica para todos los modelos digitales, incluyendo los DEM, en los cuales la coordenada Z se refiere siempre a la elevación sobre el terreno, y a los demás tipos de modelos en los que la Z puede ser cualquier variable (profundidad de suelo, número de habitantes ...)

- **Navegador GPS:** Receptor GPS de baja precisión que permite obtener posicionamientos absolutos en tiempo real de manera rápida. Utiliza como observables las pseudodistancias medidas sobre código C/A. La precisión a esperar puede variar desde los 50 m, hasta tener una incertidumbre superior a los 100 metros en el caso de estar la Disponibilidad Selectiva activada.
- **Píxel:** Unidad mínima o elemental percibida en una imagen digital, sobre la que se registra la radiación procedente del área del campo de visión instantáneo (IFOV). También se denomina así a la unidad mínima de información que se puede identificar en una imagen Ráster.
- **Ráster:** Conjunto de datos distribuidos en celdas y estructurados en filas y columnas. El valor de cada celda representa el atributo del elemento.
- **Sistema de Información Geográfica:** Es el conjunto formado por Hardware, Software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar y representar datos georeferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación.
- **UTM, cuadrícula:** Retícula trazada en proyección transversa de Mercator entre los 80 grados de latitud Norte y los 80 grados de latitud Sur. El elipsoide de referencia terrestre se divide en 60 husos iguales, de 6 grados de longitud, asimismo cada huso queda dividido en 20 áreas de 6 grados de longitud por 8 grados de latitud, que se denomina zonas. Cada zona se denota con letras mayúsculas desde la C hasta la X inclusive (excluidas las letras CH, I, LL, Ñ, O), empezando en el paralelo 80 grados Sur y terminando en el paralelo 80 grados Norte.

La superficie cubierta por la cuadrícula se divide en cuadrados de 100 Km. de lado. Estos cuadrados se designan por dos letras, que indican la columna y la fila, de manera que, dentro de un área de 18 grados de longitud, por 17 grados de latitud, no se repita la denominación de un cuadrado. El tercer grado de referencia lo proporciona la cuadrícula de 1 Km., trazada dentro de cada cuadrado de 100 Km. El origen para cada huso está a 500 Km. al oeste del meridiano central del huso, y en ordenadas se le da al Ecuador un valor de 10000 Km. para los puntos situados en el hemisferio Sur y 0 para los puntos situados sobre él.

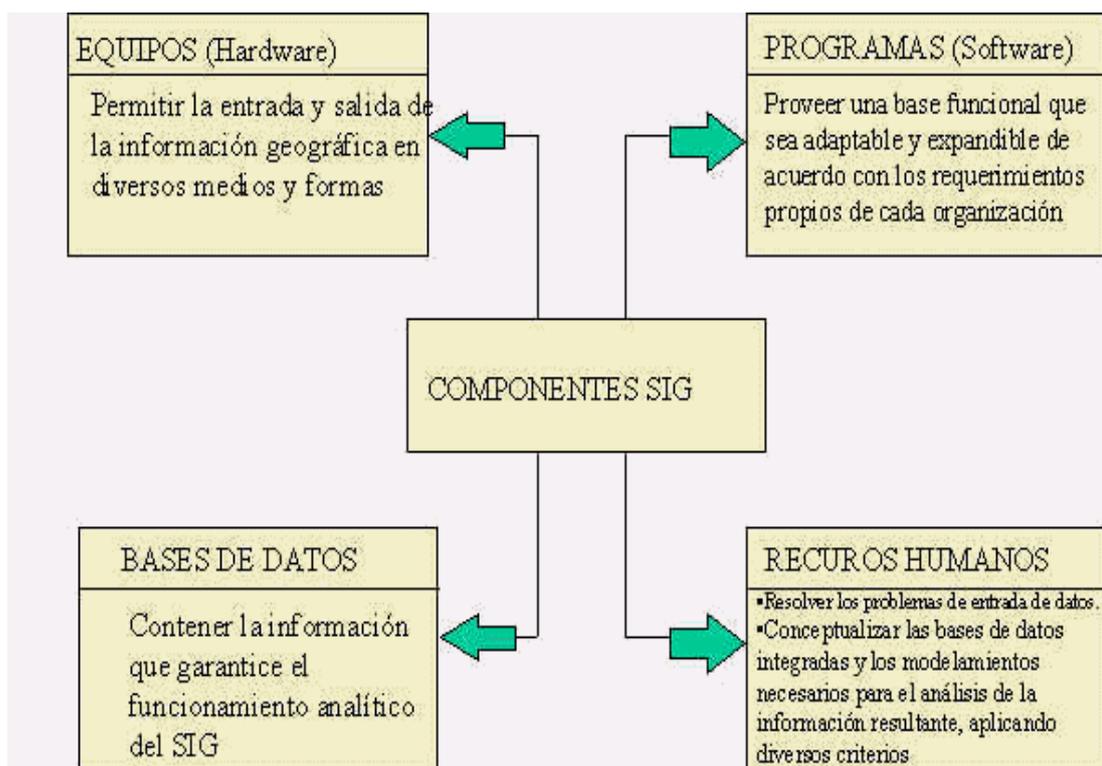
- **Zoom:** Capacidad de aumentar o reducir el tamaño de la figura visualizada en la pantalla.

**IX ANEXOS.**

# ANEXOS



**Figura 23. Componentes de los Sistemas de Información Geográfica.**



**Figura 24. Funciones de los componentes de los Sistemas de Información Geográfica.**

**Cuadro2. Distribución y uso de la tierra del Campo Experimental**

LOTE	AREA (MZ)	CULTIVOS	FRECUENCIA	OBSERVACIONES
La Sierpe	10	Reserva Natural	Permanente	Área muy accidentada, necesita cuidado
El Almendro	26	Reserva Natural en su mayoría	Permanente	Área de 24mz para siembra de sorgo
El Mango	26	Plan del Mango 12mz, pozo y canaleta de riego; Sorgo, maíz Y ajonjolí. Potrero #1: 3.5 Mz Potrero #2: 4.5 Mz Bajo El Mango: 6 Mz	Permanente	Mejorar Obras de Conservación de Suelo
El Limón	10	Forestales: Ma. Cacao, eucaliptos, melina, teca y reserva natural a la orilla del río	Permanente	Área natural, refugio de murciélagos, ataque al ganado
La Ceiba	4	Frutales; coco, cítricos, mangos	Permanente	Área no adecuada para cultivo
Cañal Viejo	5	Caña, yuca, musáceas, pasto pangola, hortalizas. Corral: animales de traspatio	Anual	Ubicación inadecuada p / corral y musáceas
Frutales	4	Frutales: cítricos, galeras de aves, conejos y colmenas, pasto pangola y bosque natural.	Permanente	Reordenamiento de áreas agrícolas
El Casco	3	Ofic. admón., Taller de Maqui.; corral de ganado mayor, silos, galeras de aves (antiguas). Galeras para granos y otros. Lote El Ámate: Fábrica de concentrado	Permanente	.....

La Laguna	8	Pasto Calí, estrella, zacate australiano. Reserva Natural	Permanente	No existe La Laguna
La Cuchilla	4	Sorgo: 2mz pasto jaragua	Anual y Permanente	Mejorar el suelo, no se dispone de riego en Verano
La Manga	7	Estación meteorológica, cafetín, corral, dormitorio, cancha, dos aulas, posee además 2 Mz de maíz, forestales: Eucaliptos, estructura de la Manga	Permanente	
Potreros	13	Pangola en su mayoría y cali	Permanente	Cambio de cultivo o resiembra
Lote 14	1	Maíz, yuca, soya y sorgo	Anual	Siembra continua: época seca y lluviosa
Pangas	2,5	Maíz, yuca, soya y sorgo	Anual	Siembra de hortalizas en época seca
El Marcelo	4	Maíz, yuca, soya y sorgo	Anual	Mejoramiento de suelo, con abonos verdes
La Bomba	6	Granos básicos, hortalizas, frutales: Musáceas, papaya, Ensayos experimentales, pozo.	Continuo	Disponibilidad de riego, problemas fitosanitarios Plagas y enfermedades.

**Cuadro3. Establecimiento de cultivos por Lotes.**

LOTE	CULTIVO	ÁREA/ MT2	FECHA /SIEMBRA	FECHA / COSECHA	DESTINO	OBSERVACIONES
<b>El Mango</b>	Sorgo	42,000.00	2° sem. Agosto	2° sem. Diciembre	Ensilado	Siembra escalonada y elaboración de Ensilado
	Maíz	7,000.00	2° sem. Agosto	4° sem. Noviembre	Elote	Venta
	Ajonjolí	7,000.00	2° sem. Agosto	4° sem. Noviembre	Venta	Parte de la cosecha es para los docentes.
<b>La Bomba</b>	Maíz	10,500.00	1° sem. Mayo	3° sem. Julio	Elote	Venta, cultivo bajo riego al inicio del cultivo
	Camote	14,000.00	2° sem. Junio	3° sem. Noviembre	Venta	Variedades
	Flor de Jamaica	14,000.00	4° sem. Junio	4° sem. Noviembre	Venta	Parcela Demostrativa
	Frijol terciopelo	14,000.00	2° sem. Mayo	Diciembre / enero	Mej / suelo	Mejoramiento de suelo y venta
	Gandul forrajero	2,625.00	3° sem. Junio	Noviembre/Dic.	Grano-forraje	Materia prima para concentrado, grano-forraje
	Maracuyá	1,750.00	1° sem. Mayo	Año 2005	Venta	
	Papaya Izalco1	1,750.00	2° sem. Marzo, se	Año 2005	Venta	Compra de Planta, Docencia
	Juanislama	3,500.00	4° sem. Mayo	Noviembre/Dic.	Venta	Proy. De investigación coord. Por Q y F
<b>Lote # 14</b>	soya	7,000.00	2° sem. Agosto	3° sem. Noviembre	Grano	Venta y materia prima para concentrado
	Maíz	7,000.00	4° sem. Mayo	4° sem. Julio	Elote	Venta
<b>Panga 1</b>	Arroz	3,500.00	2° sem. Agosto	3° sem. Noviembre	Venta	Participación de Docentes
<b>Panga 3</b>	Cannavalia	3,500.00	2° sem. Mayo	Diciembre / enero	Mej / suelo	Incorporación al suelo y venta
<b>Panga 4 y 5</b>	Maíz	7,000.00	3° sem. Abril	2° sem. Julio	Elote	Cultivo bajo riego , siembra escalonada
<b>La Cuchilla</b>	Maíz amarillo	28,000.00	2° sem. Agosto	2° sem. Agosto	Ensilado	Elaboración de silos
<b>La Manga</b>	Maíz	17,500.00	2° sem. Mayo	4° sem. Julio	Elote	Venta
<b>Marcelo</b>	Maíz	14,000.00	2° sem. Junio	3° sem. Noviembre	Venta	Venta en grano a un mejor precio
	Yuca	7,000.00	2° sem. Noviem	Año 2005	Venta	Compra de material vegetativo para siembra
<b>Bajos-Laguna</b>	Plátano	7,000.00	2° sem. Noviem	Año 2005	Venta	Compra de material vegetativo para siembra
						Participación Académica
<b>Cañal</b>	Hortalizas	3,5	3° sem.	según ciclo	Venta	Participación docente,

<b>Viejo</b>			Abril	cultivo		siembra escalonada.
						Parcelas demostrativas.
						Escuela de campo.
<b>Frutales</b>	Cítricos	14,000.00	1° sem. Junio	Año 2006	Venta	Plantas existentes
<b>Forestales</b>	Bálsamo					
	Conacaste					
	Laurel					
	Maquilishuath					
	Leucaena					
	Cedro					
	Cortes Blanco	8000 plantas	2° sem. Marzo, se	Año 2006	Reforestación	Proy. Coordinado por Ing. Raúl Iraeta 2003
	Acacia				Barreras vivas	
	Mangium				Madera.	
	Chaquiro					
	Caoba					
	Teca					
	Carreto					

**Cuadro4. Resumen del Área Agrícola en Metros Cuadrados, Manzanas y Hectáreas por Lote de la Estación Experimental y de Practicas “La Providencia”**

LOTE	ÁREA TOTAL / Mt <sup>2</sup>	ÁREA TOTAL/ Mz	ÁREA TOTAL / Ha
El Mango	56,000.00	8.00	5.6
La Bomba	62,125.00		6.125
Lote # 12	14,000	2.00	1.4
Panga 1	3,500.00	0.50	0.35
Panga 3	3,500.00	0.50	0.35
Panga 4 y 5	7,000.00	1.00	0.7
La Cuchilla	28,000.00	4.00	2.8
La Manga	17,500.00	2.50	1.75
Marcelo	21,000.00	3.00	2.1
Bajos de la Laguna	7,000.00	1.00	0.7
Cañal Viejo	3,500.00	0.50	0.35
Frutales	14,000.00	2.00	1.4
Forestales	8,000 plantas	8,000 plantas	8,000 plantas

**Cuadro5. Resumen del Hato Ganadero de La Estación Experimental para el año 2004.**

GRUPO	EDAD (MESES)	TOTAL ANIMALES	TOTAL MACHOS	TOTAL HEMBRAS
<b>Terneros</b>	6-12	38	22	16
<b>Novillas</b>	Mayores de 12	25	-	25
<b>Vacas en Producción</b>	29-145	29	-	29
<b>Vacas Secas</b>	48-179	17	-	17
<b>Novillos</b>	Mayores de 12	14	14	-
<b>Toros</b>		1	1	-
<b>Total</b>		124	37	87

**Cuadro 6. Infraestructura del Campo Experimental.**

N°	ESTRUCTURA	ÁREA /M <sup>2</sup>
1	Galera de pollo y venta de huevos (el casco)	238.664
2	Galera de pollos (el casco)	317.675
3	Establos	527.091
4	Galeras de maquinaria agrícola	344.905
5	Taller de maquinaria	344.905
6	Aulas de clase nueva	104.809
7	Conejera	135.626
8	Bodega de heno y solar	271.122
9	Carpintería	78.191
10	Instalación de agroindustria	321.251
11	El Casco	417.711
12	Aula 1	86.797
13	Aula 2	67.519
14	Cafetín	111.268
15	3 Silos antiguos	46.297
16	Silo Nuevo	112.052
17	Fábrica de concentrado	278.181
18	Sala de ordeño	130.012
19	Casa de Meteorología	42.124
20	Casa de La Bomba	100.904
21	La Manga	326.086
22	Galera de pollos 1	130.320
23	Galera de pollos 2	178.778
24	Galera de pollos 3	137.116
25	Galera de pollos nueva	128.571

**Cuadro7. Maquinaria Agrícola de La Estación Experimental “LA Providencia”**

VEHICULOS	TRACTORES	IMPLEMENTOS AGRICOLAS	
Camion: Renault	Fiat 1 : 8066	Arado de Disco (3)	Sub.Suelador (2)
Pick-up: Isuzu	Fiat 2 : 8066	Arado de Vertedera (1)	Chapodadora (1)
	Fiat 3 : 5546	Surcador (1)	Asperjadora (1)
	Massey Ferguson: 275	Cultivador (3)	Sembradora /fétil. (3)
	Kubota : B 600 R	Rastra (2)	
		EQUIPO /MANEJO DE POSTCOSECHA	
		Desgranadora (3)	Molino de Martillo (1)
		Mezcladora (3)	Picadora de Zacate (1)
		EQUIPO /MANEJO DE PASTO Y FORRAJE	
		Cosechadora /Forraje (1)	Segadora (1)
		Trailer (2)	Carrileadora (1)
		Enfardadora (1)	

**Cuadro8. Maquinaria para Henilaje.**

MAQUINARIA	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA ADQ.	FECHA CARGO	VALOR ADQ.
Enfardadora	New Holland	273	317152	15-6-78	30-6-78	¢11875.00
Cosechadora forraje	JFMFH		9522	10-6-78	30-6-78	¢5850.00
Picadora de martillo y molino	PENHA	TH-4000	PT56041561	30-6-87	21-1-88	¢15500.00
Rastrillo	John Deere	640	21532PE	18-5-78	30-6-78	¢2895.00
Rastrillo 4 discos (carrileador)	OTMA	RPH58	138790			¢2014.91
Segadora	John Deere	350	142807E	01-02-78	28-2-78	¢5375.00
Segadora de pasto de 3 cuchillas	OTMA	T-160				¢4673.23

Fuente: Entrevista a Juan Antonio Díaz.

**Cuadro9. Funciones de la Maquinaria**

TIPO DE	MARCA	MODELO	SERIE	FUNCIONES
<b>Tractores</b>	Kubota	B-600R		Traccionar implementos y maquinarias agrícolas, accionar elementos de maquinas
	Ford	3600		
	Jonh Deere	2120	294395-	
	Harver Inter	SNV 24401	CH0460	
	Ford	6600	312806	
	Massey Ferg	CL91000	36C	
	Massey Ferg	275	9A27223	
	Fiat (55)	8045-05-306	CH4124	
	Fiat 1 (8066)	8035-05-306	CH4124	
	Fiat 2 (8066)	8035-06-307	CH1902	
<b>Arados de</b>	CH190252	Discos 765	5995	Cortar una franja de suelo, que remueve y mezcla parcialmente las partículas del suelo.
	Jonh Deere	Discos MX	6303	
	Ransoner	MTDE 17F	X10674	
	Gherardi	TRR/ 600	89554	
<b>Arados de Vertederos</b>	Massey Ferg	MF 49-9	7577 OMI	Corta un prisma de suelo y le da vuelta, corta un prisma de suelo y le da vuelta aproximadamente 130°. Indicado para la operación de voltear el pan de tierra.
	Jonh Deere	M-C-2	50460	
	Gherardi	PR 6890 / H	89552	
<b>Surcadores</b>	Ransomer	Águila	149353	Hacen surcos en líneas simultáneas y dejan el hondo del surco en mejores condiciones para un perfecto desarrollo del sistema radicular.
	SM*	Azul		
	SM*	Negro		
<b>Cultivadores</b>	Otma	3-CM/9-R	138788	Se utilizan para extirpar malas hierbas, desmenuzar terrones, mullir la capa superficial del terreno, prepararlo para el riego y la aplicación de pesticidas.
	Komgakilde	T3423	1025000	
	Baladine	Rotativo	881188	
	Burch	149353		
<b>Rastras</b>	Ransomer	3 puntos HR-	W-8113	Allanan la capa superficial del terreno, eliminan las malas hierbas, rompe la costra, mulle la capa arable superficial y lo airean. Así favorecen el crecimiento de malas hierbas.
	Jonh Deere	Tiro 1206 x		
	Massey Ferg	Tres puntos		
	Bbush bud	146/013	Control	
	Gherardi	Tiro EOPT/24	89555	
	Gherardi	Tiro E6/181	89556	
<b>Subsuelos</b>	Gherardi	MB70	89550	Romper capas de suelos compactadas, soltándolas, levantándolas y disgregándolas, formándose una red de macro poros interconectados.
	Jonh Deere	23B		
	Ransmer	T6715		
<b>Chapodadora</b>	Bus Hod	307	711292	Eliminar malezas
	Otma	TE260	De fajas	
	Gherardi	TSP/150	89558	

<b>Asperjadoras</b>	Full Spray	AZ75	88-02	Permiten la aplicación de fertilizantes, agroquímicos y otros para el buen funcionamiento de la planta.
<b>Sembradoras</b>	John Deere	25B	9104	Las máquinas segadoras elegidas y utilizadas correctamente consiguen altos rendimientos y uniformidad en el sembrado.
	Massey Ferg	3711	1395464	
	Gaspardo	Friulis Super	1834	
	Gherardi	SMS200-11	89557	
<b>Post-cosecha</b>	Fertil. Al voleo	Sheico	30308	Deshoja, Desgrana, Limpia y ensaca granos de cereales.
	Desgranadora PENHa	EDALTA400	76613	
	Picadora PENHA	TH-400	PT5641561	Recogen todas las especies de forraje. Con sus cabezales cambiables, permite cosechar mucho forraje plantado.
	Molino de Martillo Bell Co	30HMB	1121475	Sirve para moler y también es ideal para ensilar pastos, maíz, o caña de azúcar.
	Mezcladora Horizontal			Mezclar materias primas (miel, melaza, pastos, etc) llevándolo de un extremo a otro dejando uniforme el alimento.
<b>Pastos y Forraje</b>	Cosechadoras de forraje	JFM- FH	9522	Pica forraje en pie y en hilera que se deposita en un vagón o trailer.
	Segadora J.D	350	142807E	Cortar el pasto.
	Rastrillo J.D	640	21532PE	Agrupar el pasto cortado en carriles o hileras.
	Rastrillo Carrileador	RP4/SB	138790	
	Rastrillo Front/Granos	273	45*16	
	Enfardadora New Holanda		317152	Recoger, compresionar y dejar el pasto armado.
	Trailer Weeks		104685	Su función es transportar material agrícola u otro según la capacidad del trailer.
	Trailer Mutti Amos			

### Cuadro10. Parámetros de las Muestras de Suelos de La Estación Experimental.

Lineas	Puntos	Coordenadas X	Coordenadas Y	Codigo de pendiente	pendiente.Descripcion	Codigo de grado de	Erosion.Descrip	Codigo de prot
1	1	273254	1490458	0	0-2	0	Nula	
1	2	273348	1490475	2	5-12	0	Nula	
2	1	273152	1490586	0	0-2	0	Nula	
2	2	273338	1490602	1	2-5	1	Ligera	
3	1	273117	1490568	1	2-5	1	Ligera	
3	2	273129	1490681	2	5-12	2	Moderada	
4	1	273057	1490558	0	0-2	0	Nula	
4	2	273045	1490722	2	5-12	2	Moderada	
4	3	273035	1490824	3	12-25	2	Moderada	
4	4	273048	1490883	3	12-25	2	Moderada	
5	1	273006	1490515	0	0-2	0	Nula	
5	2	272962	1490654	1	2-5	0	Nula	
5	3	272895	1490708	1	2-5	1	Ligera	
6	1	272972	1490467	1	2-5	0	Nula	
6	2	272724	1490445	0	0-2	0	Nula	
6	3	272685	1490536	0	0-2	0	Nula	
6	4	272554	1490663	3	12-25	2	Moderada	
6	5	272480	1490655	3	12-25	2	Moderada	
7	1	272962	1490377	0	0-2	0	Nula	
7	2	272766	1490351	0	0-2	0	Nula	
7	3	272714	1490331	0	0-2	0	Nula	
7	4	272467	1490565	1	2-5	1	Ligera	
8	1	272962	1490274	0	0-2	0	Nula	
8	2	272725	1490168	1	2-5	0	Nula	
8	3	272815	1490207	0	0-2	0	Nula	
8	4	272642	1490109	0	0-2	0	Nula	
9	1	273002	1490270	0	0-2	1	Ligera	
9	2	272960	1490167	0	0-2	0	Nula	
9	3	272865	1490017	0	0-2	0	Nula	
9	4	272770	1489925	0	0-2	0	Nula	
9	5	272694	1489821	0	0-2	0	Nula	
10	1	273092	1490250	0	0-2	0	Nula	
10	2	273029	1490139	0	0-2	0	Nula	
10	3	273050	1490039	0	0-2	0	Nula	

**Cuadro11. Base de datos en Access de: Clase, Sub-clase, Unidad de Capacidad, Unidad de Mapeo de los diferentes lotes del Campo Experimental.**

codigo lote	Clase	Sub-clase	Unidad de capacidad	Unidad de mapeo	Posibilidades de uso	Tratamiento Consen
La Manga	C3	C3S	C3t	C3000(3/1) / 000	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
El Limon	F7	F7ESD	F7Ptr	F7200(1/1) / 304	Debido a problemas muy severos solos o co	Evitar talas y quemas, cont
La Ceiba	C1	C1S	C1t	C1000(0/1) / 000	Apta para cualquier cultivo sin restricci3n me	Cultivos en contomo, fajas,
El Limon	C2	C2ESD	C2Petd	C2110(0/1) / 010	Apta para cualquier cultivo. Restricciones lev	Cultivos en contomo, en faja
La Ceiba	C3	C3ESD	C3Pehtrd	C3111(0/1) / 110	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
La Ceiba	C4	C4ESD	C4Pehtrd	C4222(0/1) / 140	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
El Amate	C3	C3SD	C3td	C3000(0/1) / 020	Apta para cualquier cultivo sin restricci3n me	Cultivos en contomo, en faja
El Almendro	C4	C4ESD	C4Pehtrd	C4222(0/1) / 240	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
El Almendro	C4	C4ESD	C4Petr	C4320(0/1) / 130	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
El Almendro	C4	C4ESD	C4Petr	C4320(0/1) / 130	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
El amate	C3	C3SD	C3td	C3000(0/1) / 020	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
La Laguna	CP6	CP6SD	CP6trdi	CP600(0/1) / 441	Debido a severas restricciones por problema	Barreras vivas o muertas, t
El Almendro	C4	C4ESD	C4Pehtrd	C4100(0/1) / 140	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
Frutales	C2	C2ES	C2Pt	C2100(0/1) / 000	Apta para cualquier cultivo. Restricciones lev	Cultivos en contomo, en faja
La Laguna	CP6	CP6SD	CP6trdi	CP6000(0/1) / 441	Debido a severas restricciones por problema	Barreras vivas o muertas, te
La Laguna	F7	F7SD	F7tri	F7000(1/1) / 104	Debido a problemas muy severos solos o co	Evitar talas y quemas, cont
La Sierpe	C4	C4ESD	C4Pehtr	C4321(0/1) / 220	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
La Sierpe	C4	C4ESD	C4Pehtr	C4321(0/1) / 220	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
Frutales	C4	C4SD	C4td	C4000(0/1) / 011	Aptas para cultivos de escarda, frutales, pas	Cultivos en contomo, en faja
Frutales	C2	C2SD	C2tdi	C2000(0/1) / 011	Apta para cualquier cultivo. Restricciones lev	Cultivos en contomo, en faja
La Laguna	F7	F7SD	F7tri	F7000(0/1) / 011	Debido a problemas muy severos solos o co	Evitar talas y quemas, cont
La Cuchilla	C3	C3ESD	C3Pehtrd	C3111(0/1) / 110	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
Cañal Viejo	C2	C2SD	C2td	C2000(0/1) / 010	Apta para cualquier cultivo. Restricciones lev	Cultivos en contomo, en faja
La Bomba	C2	C2ESD	C2Pttdi	C2100(0/1) / 011	Apta para cualquier cultivo. Restricciones lev	Cultivos en contomo, en faja
La Bomba	C3	C3SD	C3tdi	C3000(3/1) / 011	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
El Marcelo	CP6	CP6SD	CP6td	CP6000(5/0) / 010	Debido a severas restricciones por problema	Barreras vivas o muertas, te
Cañal Viejo	C3	C3ESD	C3etd	C3010(0/1) / 020	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
La Bomba	C5	C5SD	C3tdi	C3000(0/5) / 021	Tierra de uso transicional con mayor aptitud	Cultivos en contomo, en faja
Pangas	C3	C3SD	C3tdi	C3000(3/3) / 011	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja
Lote 14	P6	P6SD	P6tdi	P6000(1/3) / 062	Debido a problemas solos o combinaci3n de	Divisi3n de potreros, paston
Lote 14	C3	C3SD	C3tdi	C3000(1/3) / 021	Labranza intensiva con cultivos de escarda	Cultivos en contomo, en faja

**Cuadro12. Base de Datos del Ganado del Campo Experimental.**

Microsoft Access - [Animales Completos : Consulta de selección]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana ?

Escriba una pregunta

Animales.Nombre	Sexo	Encaste	Color	Registro	Nacimiento	Produccion	Secas	Estado
Cadete	M	BR/CR	Bermejo Choto	80426	08/08/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sarita	H	BS/CR	Bermejo barroso	90427	05/09/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Suecia	H	BS/CR	Hosco barroso	90428	09/09/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kelvin	M	BS/CR	Barroso hosco	90429	22/09/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sanatilla	H	BS/HL/CR	Prieto encerado	90430	28/09/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Jardinero	M	BS/CR	Bermejo hosco	100431	04/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Peceta	H	BS/CR	Bermejo choto	100432	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Candado	M	BS/CR	Barroso hosco	100433	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gitana	H	BS/CR	Bermejo descolorido	100434	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Holandesa	H	BS/CR	Barroso bermejo descolorido	100435	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Maribel	H	BS/HL/CR	Hosco barroso	100436	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Algodón	M	BS/CR	Barroso	100437	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Schon norri	M	BS/CR	Hosco	100438	15/10/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sinsontle	M	BS/CR	Barroso hosco	110439	15/11/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hugo	M	BS/CR	Bermejo barroso	120440	15/12/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Elisa	H	BS/CR	Bermejo hosco	10501	15/01/2005	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sandra	H	BS/HL	Prieto encerado	20502	15/02/2005	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cremora	H	BS/CR	Barroso hosco	20503	15/03/2005	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Inglesa	H	BR/BS	Bermejo barroso	70324	15/07/2003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Marvin	M	BR/BS	Bermejo choto	70325	15/07/2003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Calandria	H	BR/BS	Bermejo descolorido	100332	15/10/2003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Guanaco	H	BS/CR	Barroso hosco	20410	25/02/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Manzano	M	BS/CR	Bermejo hosco	30411	02/03/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ranchero	M	BS/JR	Bermejo hosco	30412	07/03/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Coloradilla	H	BD/BR/CR	Bermejo frontino	30413	08/03/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lislique	M	BR/CR	Bermejo choto	30414	25/03/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Chicho	M	JR/BS	Bermejo choto	30404	27/03/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Buky	M	BS/CR	Barroso hosco	40415	04/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Barsovia	H	BS/CR	Barroso hosco	40416	05/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gorriona	H	BR/BS	Bermejo descolorido	40417	09/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Marinera	H	BS/CR	Bermejo descolorido	40418	11/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Palomo	M	BS/CR	Hosco barroso	40419	19/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Piloto	M	BR/BS/CR	Hosco encerado	40420	20/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Caia	M	BR/BS/CR	Bermejo choto encado	40421	21/04/2004	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Registro: 1 de 144

Vista Hoja de datos

NUM

Inicio Microsoft ... CAPREX documentotesis ArcView GIS 3.3 Tipo Animal 2... Animales Com... ES 05:21 p.m.