

**ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURAS, APLICANDO LA
METODOLOGÍA “CORINE LAND COVER”, PARA LA PROVINCIA DE GARCÍA
ROVIRA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.**

**GERMAN DAVID CÁRDENAS HERRERA
YULI ANGÉLICA TOSCANO PALACIO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
MÁLAGA
2014**

**ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURAS, APLICANDO LA
METODOLOGÍA “CORINE LAND COVER”, PARA LA PROVINCIA DE GARCÍA
ROVIRA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.**

**GERMAN DAVID CÁRDENAS HERRERA
YULI ANGÉLICA TOSCANO PALACIO**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Forestal**

**Directora
ROSA HELENA LOZANO CUEVAS
Ingeniera Forestal**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
MÁLAGA
2014**

AGRADECIMIENTOS

A la universidad industrial de Santander, docentes, Administrativos y amigos que hacen posible el trascender en la universidad

Germán David Cárdenas Herrera.

DEDICATORIA

A Dios por permitir estar en esta lucha día a día, a mis padres Polidoro y Cecilia que desde el cielo están conmigo me acompañan y guían en muchos de mis pasos, mis hermanos Yesith, Oscar, Cayita que es lo mejor de mi vida mis sobrinos Martin, Maria Lucia, German Yesith por ser mi ilusión y mi compañía, mis tías Laura, Luz Alba, Martha, Ana Delia por ser aliento y sabiduría y a mis amigos (Alix , Angela, Deissy) por su amistad y apoyo.

Germán David Cárdenas Herrera.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander, porque en sus aulas recibí el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes de esta importante Institución Educativa.

Especialmente agradecimientos a nuestra Directora de Proyecto Ing. Rosa Helena Lozano Cuevas por sus consejos y amistad

Yulí Angélica

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de existir así, aquí y ahora; por mi vida, que la he vivido junto a ti. Gracias por iluminarme y darme fuerzas para caminar por tu sendero

A mi padre, porque gracias a él sé que la responsabilidad se debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo. Gracias pa` por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida

A mi madre, cuyo vivir me ha mostrado que el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos.

A mis hermanos, Carlos, Neyla , Alexandra, Milena, Lina y Víctor el incondicional abrazo y apoyo que me motiva día a día a seguir adelante, a lo largo de toda mi vida.

A mis familiares, amigos y compañero de tesis porque de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante.

Gracias especialmente a ti, Peterson por que más que mi compañero, te has convertido en mi amigo . Gracias por aceptarme como soy;
Porque juntos hemos hecho realidad este sueño.

Gracias a ti Alejandra por existir

Yulí Angélica

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
1. MARCO REFERENCIAL	21
1.1 MARCO TEÓRICO	21
1.1.1 Reseña Histórica De La Percepción Remota.	21
1.1.2 Teledetección.	22
1.1.2.1 Elementos de un Proceso de Teledetección.	22
1.1.2.2 Principios Físicos de la Teledetección Espacial.	24
1.1.2.3 Espectro Electromagnético.	26
1.1.2.4 Dominio Óptico del Espectro (0.4-2.5 μm).	28
1.1.2.5 Signaturas Espectrales.	28
1.1.2.6 Factores que inciden en la reflectividad de una cubierta.	29
1.1.3 Tipos de Sensores y Resoluciones de un Sistema Sensor.	31
1.1.3.1 Resolución de un Sistema Sensor.	34
1.1.4 Plataformas de Teledetección espacial (Satélites).	36
1.1.4.1 Satélites Meteorológicos.	37
1.1.4.2 Satélites Comerciales de Alta Resolución.	37
1.1.4.3 Sensores Hiperespectrales.	38
1.1.5 La Imagen Hiperespectral y la Vegetación.	38
1.1.6 Imágenes Satelitales.	39
1.1.6.1 Imágenes por satélites SPOT.	39
1.1.7 Análisis de Imágenes.	39
1.1.8 Análisis Multiespectral.	41
1.1.9 Fases para la Interpretación de la Imagen.	42
1.1.9.1 Características pictóricas morfológicas de una imagen	45
1.1.10 Sistema de Información Geográfica.	46
1.1.10.1 Funciones de un SIG.	47
1.1.10.2 Tipo de información: Vectorial o Raster.	47
1.1.11 Corine Land Cover.	49
1.1.11.1 Características de CLC	50
1.1.11.2 Metodología Corine Land Cover.	52
1.2 MARCO CONCEPTUAL	55
1.3 MARCO LEGAL	57
1.3.1. Resolución 068, ENERO 28 DE 2005.	57

1.3.2. Plan Nacional de Desarrollo Forestal.	58
2. METODOLOGÍA	59
2.1 TIPO DE ESTUDIO.	59
2.2 INTEGRACIÓN DE LA MUESTRA Y OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN	59
2.2.1 Población.	59
2.2.2 Muestra.	60
2.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	60
2.3.1 Definición de Objetivos.	62
2.3.2 Trabajos Preliminares.	62
2.3.3 Trabajos de Campo.	62
2.3.4 Reconocimiento	62
3. RESULTADOS	65
3.1 Unidad de cobertura vegetal	65
3.1.2 Descripción de Clases de Trabajo	65
4. CONCLUSIONES	91
5. RECOMENDACIONES	93
6. BIBLIOGRAFIA	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No 1 Reseña Histórica Del Desarrollo De Los Sensores Remotos	21
Tabla No 2 Nomenclatura CLCC	39
Tabla No 3 Tejido Urbano Continúo	65
Tabla No 4 Tejido urbano Discontinuo	67
Tabla No 5 Zonas Industriales o comerciales	68
Tabla No 6 Red Vial	69
Tabla No 7. Aeropuertos	70
Tabla No 8. Cultivos Permanentes Herbáceos	70
Tabla No 9 .Cultivos Permanentes Arbustivos	71
Tabla No 10. Pastos limpios	71
Tabla No 11. Pastos Enmalezados	72
Tabla No 12. Mosaico de Cultivos	73
Tabla No 13 Mosaico de pastos y cultivos	74
Tabla No 14 Mosaico de cultivos Pastos y espacios Naturales	75
Tabla No 15 Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	76
Tabla No 16 Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	77
Tabla No 17 Bosque denso Alto de Tierra Firme	79
Tabla No 18 Bosque Fragmentado	80
Tabla No 19 Bosque de Galería y Riparío	80
Tabla No 20 Plantaciones Forestales	81
Tabla No 21 Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado	82
Tabla No 22 Herbazal Abierto Rocoso	83
Tabla No 23 Arbustal denso	84
Tabla No 24 Arbustal abierto	85
Tabla No 25 Vegetación secundaria o en transición	86
Tabla No 26. Tierras desnudas o degradadas	87
Tabla No 27 Cuerpos de agua, Ríos y Quebradas	88
Tabla No 28 Lagunas, Lagos y Ciénegas naturales	89
Tabla No 29 Cuerpos de Agua Artificiales	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Componentes de un sistema de teledetección	24
Figura 2: Esquema de una onda electromagnética	25
Figura 3: Espectro electromagnético dividido en regiones	27
Figura 4: Descomposición del flujo solar incidente	28
Figura 5: Signaturas espectrales típicas para distintas cubiertas	29
Figura 6: Tipos de comportamiento reflectivo	28
Figura 7: Esquema de CLC	50
Figura 8: Main stages of the method	54
Figura 9: The Corine land Cover method	54
Figura 10: Esquema Metodológico	61
Figura 11: Localización del Área de Estudio	63

LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto No 1. Tejido Urbano Continúo	66
Foto No 2. Tejido urbano Discontinuo	67
Foto No 3. Zonas Industriales o comerciales	68
Foto No 4. Red Vial	69
Foto No 5. Aeropuertos	70
Foto No 6. Pastos limpios	71
Foto No 7. Pastos enmalezados	72
Foto No 8. Mosaico de cultivo	73
Foto No 9. Mosaico de pastos y cultivos	74
Foto No 10. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	75
Foto No 11. Mosaico de pastos con espacios naturales	76
Foto No 12. Mosaico de cultivos y espacios naturales	77
Foto No 13. Bosque denso alto de tierra firme	78
Foto No 14. Bosque fragmentado	79
Foto No 15. Bosque de galería y ripario	80
Foto No 16. Plantaciones forestales	81
Foto No 17. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	82
Foto No 18. Herbazal abierto rocoso	83
Foto No 19. Arbustal denso	84
Foto No 20. Arbustal abierto	85
Foto No 21. Vegetación secundaria o en transición	86
Foto No 22. Tierras desnudas o degradadas	87
Foto No 23. Ríos	88
Foto No 24. Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	89
Foto No 25. Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	89
Foto No 26. Cuerpos de aguas artificiales	90

LISTA DE ANEXOS

1. Mapa de coberturas, aplicando la metodología "Corine Land Cover", para la provincia de García Rovira en el departamento de Santander.
2. Mapas de los 12 municipios de la provincia de García Rovira.
3. Rutas visitas verificación

RESUMEN

TITULO: ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURAS, APLICANDO LA METODOLOGÍA “CORINE LAND COVER”, PARA LA PROVINCIA DE GARCÍA ROVIRA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.*

AUTORES: GERMAN DAVID CÁRDENAS HERRERA, YULI ANGÉLICA TOSCANO PALACIO.**

PALABRAS CLAVES: Corine Land Cover (CLC), Sistema de Información Geográfica (SIG), Sensores Remotos, Imágenes Satelitales SPOT.

La Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia consiste en un sistema de clasificación empleado para representar distintas unidades de coberturas de la tierra, a través de imágenes satelitales SPOT utilizada para analizar, interpretar y cuantificar las unidades de coberturas presentes en la Provincia de García Rovira.

El sistema de caracterización que se utilizó está conformado por territorios artificializados, territorios agrícolas que son terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, bosques y áreas seminaturales que comprenden un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo y otros territorios como áreas húmedas y superficies de agua. Con la metodología aplicada en este trabajo se pretenderá comparar en unos años más adelante la disminución o aumento de la capa boscosa en la provincia en referencia. Esta metodología puede ser utilizada en trabajos de actualización de coberturas vegetales que requieren un alto nivel de detalle para lo cual fue utilizada la imagen SPOT, que mediante técnicas de teledetección fue procesada digitalmente, con el fin de obtener el mapa de coberturas de la zona estudiada.

Como resultado del trabajo se muestra el Mapa de Coberturas Boscosas de cada uno de los municipios presentes en La Provincia de García Rovira. Este resultado a su vez puede servir como base informativa para los trabajos de catastro, Ordenación Forestal y Alcaldías, así como otros análisis e investigaciones de diferentes organismos e instituciones que así lo requieran.

* Trabajo de grado

** Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal.
Directora: Rosa Helena Lozano Cuevas.

ABSTRACT

TITLE: PREPARATION OF COVERAGE MAP, APPLYING THE "CORINE LAND COVER" METHODOLOGY FOR THE PROVINCE OF GARCIA ROVIRA IN SANTANDER *.

AUTHORS: GERMAN DAVID CARDENAS HERRERA, YULI ANGELICA TOSCANO PALACIO **.

KEYWORDS: Corine Land Cover (CLC), Geographic Information System (GIS), Remote Sensing, Satellite Images SPOT.

Corine Land Cover Methodology adapted to Colombia is a classification system used to represent different units of land cover through SPOT satellite images used to analyze, interpret and quantify the coverage units present in the Province of Garcia Rovira, in the department of Santander.

The characterization system that was used consists of artificialized lands, agricultural lands are lands dedicated mainly to food production, forests and semi-natural areas that comprise a group of plant cover of forested, shrub and herbaceous and other territories as wet areas and water bodies. The methodology applied in this paper will seek to compare a few years later in the decrease or increase in forest layer in the province in reference. This methodology can be used in update plant coverage that require a high level of detail for which the SPOT, image that through teledetection techniques was digitally processed, to get the covering map of the studied zone.

As a result of work Timberlands Map Coverage of each of these municipalities in the Province of Garcia Rovira shown. This result in turn can serve as baseline information for cadastral work, Forest Management and municipalities, and other analysis and research of different agencies and institutions that require it.

* Bachelor Thesis

** Instituto de proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal.
Directora: Rosa Helena Lozano Cuevas

INTRODUCCIÓN

Este trabajo emplea una imagen satelital SPOT de la Provincia de García Rovira, para la elaboración del mapa de coberturas y uso del suelo. Para tal fin se empleó un esquema de interpretación visual, procesos de control de calidad mediante fotografías aéreas y visualización en campo, incorporando la información obtenida a un sistema de información geográfica obteniendo resultados sobre las principales tendencias que se adquirieron en la elaboración del mapa de coberturas en la Provincia de García Rovira.

En relación con la clasificación de coberturas vegetales obtenidas a través de imágenes satelitales, estas son una importante base para el cálculo de medidas de paisajes, los cuales proporcionan resultados visuales y cuantitativos relacionados con las condiciones del suelo y propósito del trabajo.

Dada la necesidad de conocer la extensión y grado de cubrimiento de coberturas boscosas y vegetales en la Provincia de García Rovira, departamento de Santander, con miras a conservar, restaurar, detectar y cuantificar las áreas boscosas, además de la caracterización de las condiciones actuales, incluyendo a este la utilidad que genera la información obtenida como apoyo para el planteamiento, ordenamiento y gestión territorial.

En la actualidad la tecnología desarrollada a partir de la introducción de algunas de las tecnologías de avanzadas en el tema de la cartografía de la cobertura forestal, tales como el empleo de imágenes satélites y software avanzados de procesamiento digital de imágenes facilitará, las herramientas necesarias para obtener el diseño de la leyenda, la concepción de la tecnología la selección de un área piloto representativa de las principales coberturas boscosas existentes en el área, la selección en campo de las muestras, la preparación de las imágenes y la

confección del mapa de coberturas boscosas acorde a las exigencias de la metodología Corine Land Cover aplicada a este trabajo.

Las ventajas de la realización de este trabajo, mediante la interpretación de imágenes satelitales, facilitan una reducción del tiempo y costo invertido, en obtener resultados, debido entre sus características a la obtención de una visión total del área que se desee conocer.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar el mapa de coberturas boscosas y vegetales, aplicando la leyenda nacional de coberturas Corine Land Cover (CLC) para la provincia de García Rovira departamento de Santander.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Interpretar las coberturas, utilizando la imagen satelital SPOT, con una unidad mínima confiable de un cuarto de hectárea 2500m².

Delimitar las coberturas boscosas y vegetales, (bosques y áreas seminaturales, territorios agrícolas) existentes en el área.

Generar cartografía temática de coberturas para la Provincia de García Rovira en el departamento de Santander a escala 1:20.000.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Reseña histórica de la Percepción Remota.

La teledetección desde plataformas aéreas, ya sea con placas fotográficas o sensores electrónicos, sigue constituyendo una muy valiosa fuente de información, a partir de 1960 debió comenzar a compartir su rango de aplicaciones con las tecnologías de teledetección desde plataformas satelitales.

En efecto, hasta 1946 la percepción remota era efectuada fundamentalmente desde aviones o globos. En ese mismo año se tomaron las primeras fotografías desde cohetes V-2 capturados a los alemanes y tales experiencias fueron decisivas para ilustrar la fotografía desde alturas orbitales. Dicho potencial se volvió más aparente a través de las misiones espaciales a partir de 1961:Mercury, Gemini y Apolo¹.

Tabla 1. Reseña Histórica del Desarrollo de los Sensores Remotos.

1839	Primera fotografía, Francia
1859	Fotografías de París desde un globo cautivo, Francia
1909	Primera fotografía aérea desde un avión
1915	primera cámara aérea
1940	Desarrollo del sistema RADAR para detección de barcos y aviones (Inglaterra, USA)
1940-1945	vertiginoso avance de fotografías aéreas, fotogrametría y aeronáutica
1950	Desarrollo del sistema RADAR lateral aerotransportado (SLAR) y RADAR de apertura sintética (SAR)
1957	Lanzamiento del satélite soviético Spunik
1960	Primeras imágenes del satélite meteorológico de la NASA – TIROS
1961	Primer vuelo espacial tripulado por el Soviético Yuri Gagarin
1972	Lanzamiento del Landsat-1 (ERST), Landsat-2 (1975), Landsat-3 (1978), Landsat-4 (1982), Landsat-5 (E1984), Landsat-6 (1993), Landsat-7 (1999),
1973	Lanzamiento del laboratorio espacial tripulado (USA)

1978	Lanzamiento del SEASAT
1981	Primer vuelo del transportador espacial SPACE SHUTTLE
1986	Lanzamiento del satélite SPOT-1, MOS-1 (1987), ERS-1 (1988)
1991	Lanzamiento del JERS-1, RADARSAT-1 (1995), SPOT-4 (1998)
1999	Lanzamiento de satélites de muy alta resolución EARLYBIRD, IKONOS
2001	Lanzamiento DE ENVISAT-1
2002	Lanzamiento DE SPOT-5

Fuente: (Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. IGAC, Citado por posada 2004).

1.1.2 Teledetección.

Volar ha sido, desde épocas muy remotas, uno de los sueños más intensamente anhelados por la humanidad. Pese a la persistencia del intento, sólo en fechas recientes se ha dispuesto de los medios técnicos necesarios para hacer realidad este deseo.

Esta observación remota de la superficie terrestre constituye el marco de estudio de la teledetección. Este vocablo es una traducción latina inglés "remote sensing". Ideado a principios de los sesenta para designar cualquier medio de observación remota. En sentido amplio, la teledetección no engloba solo los procesos que permiten obtener una imagen, sino también su posterior tratamiento, en el contexto de una determinada aplicación.

Definiendo así la teledetección espacial como aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, así mismo se asume que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, ya por emisión propia.

1.1.2.1 Elementos de un Proceso de Teledetección.

Un sistema de teledetección espacial incluye los siguientes elementos.

Fuente de energía: Supone el origen de la radiación electro-magnética que detecta el sensor. Puede tratar de un foco externo a este, en cuyo caso se habla de teledetección pasiva, o de un haz energético emitido por el sensor (teledetección activa). La fuente más importante de energía es el sol.

Cubierta terrestre: Formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía, y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.

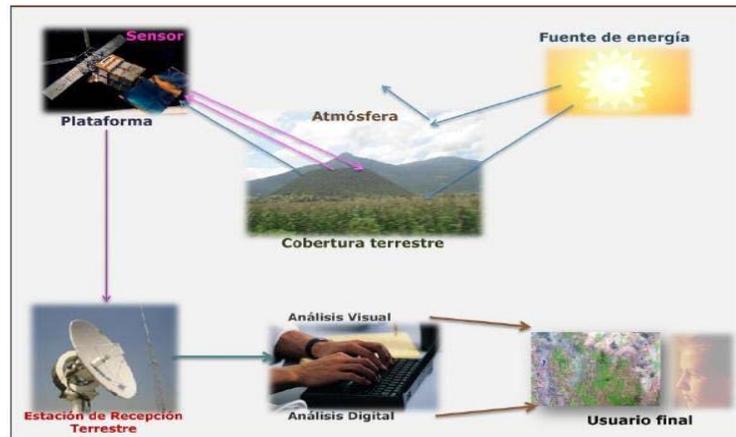
Sistema sensor: Compuesto por el sensor, propiamente dicho y la plataforma que lo alberga. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla, gravarla o enviarla directamente al sistema de recepción.

Sistema de recepción-comercialización: Donde se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en formato apropiado, y, tras las oportunas correcciones, se distribuyen a los interesados.

Intérprete: Que convierte esos datos en información temática de interés, ya sea visual o digitalmente, para facilitar la evaluación del problema en estudio.

Usuario final: Encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, así como de dictaminar sobre las consecuencias que sobre él se deriven.

FIGURA 1. Componentes de un sistema de teledetección.



1.1.2.2 Principios Físicos de la Teledetección Espacial.

Radiación Electromagnética.

Es una de las tres formas de transmisión de energía en la naturaleza (conducción, convección y radiación), siendo la única que se trasmite con contacto material entre el emisor y el receptor. La energía se expresa en Julios (J), por tanto la transferencia o flujo de energía se expresa por unidad de área (J/m^2), por unidad de tiempo ($J/s=W$) o por unidad de tiempo y área (W/m^2).

Teoría Ondulatoria: La energía electromagnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz. Se asume que la radiación se produce como resultado de oscilaciones en los campos eléctrico y magnético en las inmediaciones de los objetos, estos campos eléctrico y magnético transmiten la energía por medio de ondas. (Huygens y Maxwell)

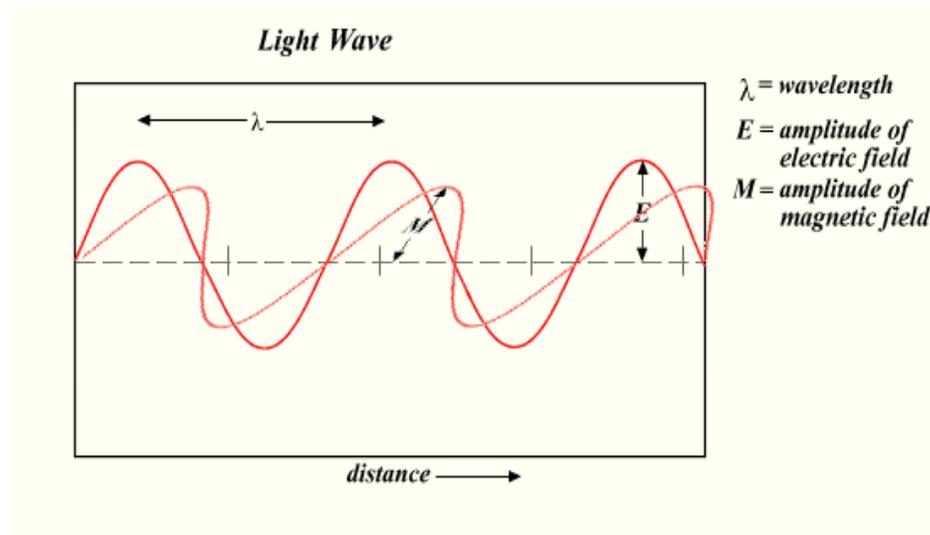
Longitud: (λ) distancia entre dos tipos de onda (se mide en μm , es decir 10^{-6} metros)

Frecuencia: (ν , N) tiempo transcurrido entre el paso de dos picos de onda, se mide en s^{-1} o hercios, una onda que pasa una cresta por segundo (completando un ciclo) se dice que tiene una secuencia de ciclo por segundo o un Hertz (1 Hz).

El producto de ambos es la velocidad de la luz $c = \nu\lambda = 3 \times 10^8$ m/s que es constante, por tanto si aumenta λ debe disminuir ν y viceversa.

TEORIA CUANTICA: Se asume que la energía viaja como un flujo de unidades discretas de energía, o de partículas, los fotones. La energía transportada por cada fotón (Q) depende del objeto que emite la radiación.

FIGURA 2. Esquema de una onda Electromagnética.



Fuente: Esquema de una onda electromagnética. disponible en www.nacc.upc.es/navegación.Aérea/x360.htm

1.1.2.3 Espectro Electromagnético.

Es un espectro continuo de todos los tipos de radiación electromagnética. En el espectro, la Radiación electromagnética (REM) es ordenada generalmente de acuerdo a su longitud de onda (λ) o frecuencia (ν). Los objetos emiten energía en rangos específicos de longitudes de onda, que son normalmente conocidos como espectro del objeto.

Suelen establecerse una serie de regiones (o bandas) en donde la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. Los límites fijados en estas regiones son aproximados y varían de unos autores a otros, existiendo además superposiciones entre regiones contiguas.

Desde el punto de vista de la teledetección, conviene destacar una serie de bandas espectrales, que son las más empleadas con la tecnología actual.

Espectro visible: (0.4 - 0.7 μm). Se denomina así por tratarse de la única radiación electromagnética que pueden percibir nuestros ojos, coincidiendo con las longitudes de onda en donde es máxima la radiación solar. Dentro de esta región suelen distinguirse tres bandas elementales, que se denominan azul (A, 0.4-0.5 μm), verde (V, 0.5-0.6 μm), y rojo (R, 0.6-0.7 μm), en razón de los colores primarios que nuestros ojos perciben a esas longitudes de onda.

Infrarrojo cercano: (IRC, 0.7 - 1.3 μm). También se denomina infrarrojo próximo, reflejado o fotográfico, puesto que parte de él puede detectarse a partir de películas dotadas de emulsiones especiales. Esta banda espectral resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.

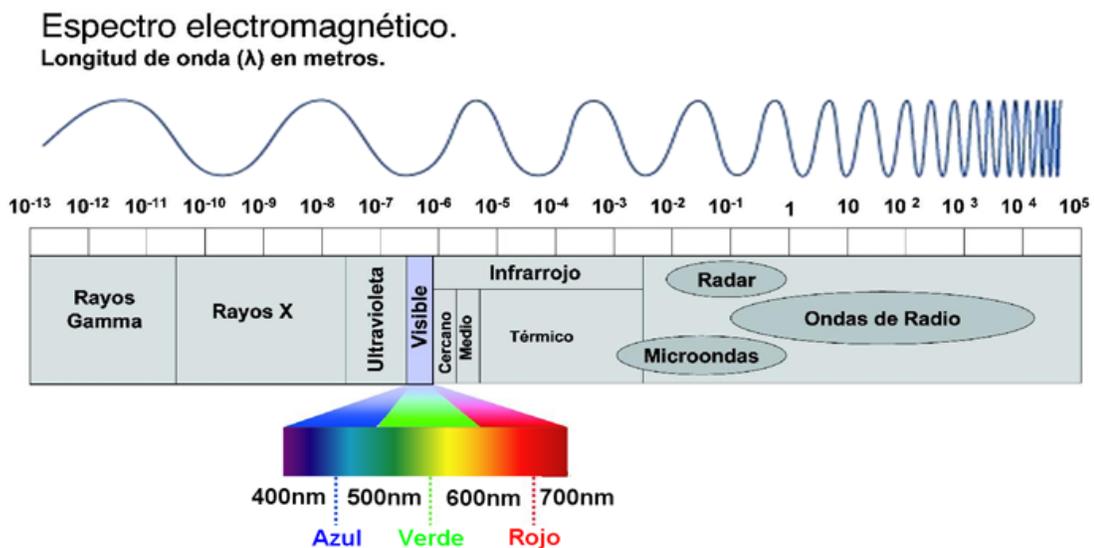
Infrarrojo medio: (1.3 - 8 μm). En esta región se entremezclan los procesos

de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre. La primera banda se sitúa entre 1.3 y 1.5 μm , y se denomina infrarrojo de onda corta (Short Wave Infrared, SWIR), que resulta idónea para estimar el contenido de humedad en la vegetación o en suelos. La segunda banda, comprendida principalmente en torno a 3.7 μm , se conoce propiamente como infrarrojo medio (IRM), siendo determinante para la detección de focos de alta temperatura (incendios o volcanes activos).

Infrarrojo lejano o térmico: (IRT, 8 a 14 μm), que incluye la porción emisiva del espectro terrestre, en donde se detecta el calor proveniente de la mayor parte de las cubiertas terrestres.

Micro-ondas: (M, por encima de 1 mm) con gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa.

FIGURA 3. Espectro Electromagnético.



Fuente: . J. Condon y S. M. Ransom .espectro electromagnético Disponible en: <http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/imagenes/image23.gif>

1.1.2.4 Dominio Óptico del Espectro (0.4-2.5 μm).

Se denomina dominio óptico del espectro a aquel grupo de longitudes de onda directamente dependientes de la energía solar, comprendidas entre el visible y el SWIR (0.4 a 2.5 μm)

Todos los objetos (independientemente de la radiación que emitan) van a recibir radiación emitida por otros cuerpos, fundamentalmente del sol, que, en función del tipo de objeto que estamos considerando, puede seguir tres caminos.

Reflejarse: la radiación es reenviada de vuelta al espacio

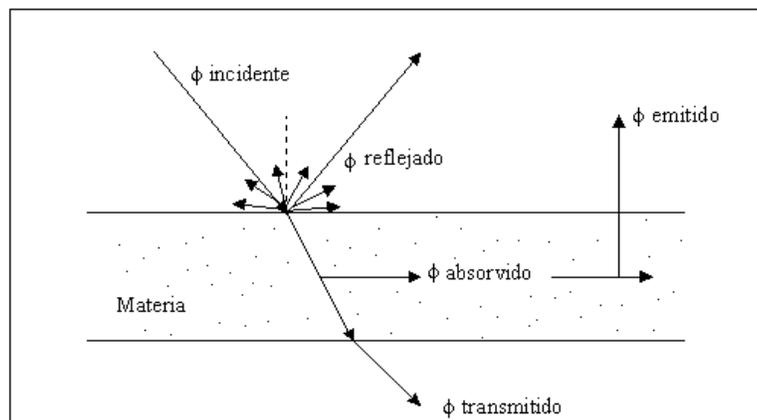
Absorberse: la radiación pasa a incrementar la energía del objeto

Transmitirse: la radiación se transmite hacia abajo a otros objetos

La radiación que recibe la superficie terrestre se descompone en tres términos

$$\Phi_{\text{incidente}} = \Phi_{\text{reflejado}} + \Phi_{\text{absorbido}} + \Phi_{\text{transmitido}}$$

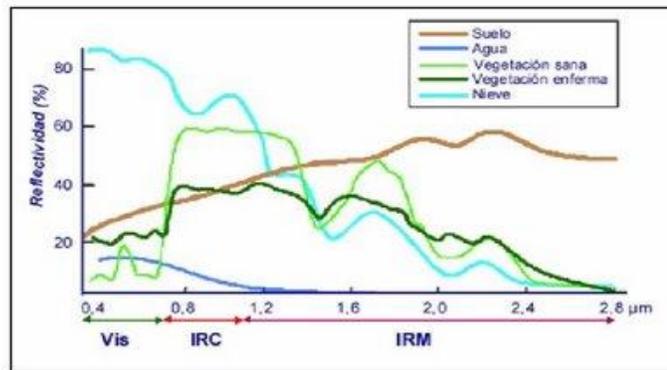
FIGURA 4. Descomposición del flujo solar incidente



1.1.2.5 Signaturas Espectrales.

Cada tipo de material, suelo, vegetación, agua etc. Reflejará la radiación incidente de forma diferente lo que permite distinguirlo de los demás. A partir de medidas de laboratorio puede obtenerse unas curvas de reflectividad espectral para las principales cubiertas terrestres, que suelen denominarse **signaturas o firmas espectrales**. Algunas cubiertas tienden a presentar una respuesta uniforme en distintas longitudes de onda, mientras otras ofrecen un comportamiento más selectivo.

Figura 5. Signaturas espectrales típicas para distintas cubiertas



Por ejemplo, la nieve presenta una reflectividad alta y constante en las bandas cortas (hasta el IRC), pues refleja la mayor parte de la energía incidente en esas longitudes de onda. Por el contrario el agua absorbe la mayor parte de la energía que recibe, tanto más se sitúa en longitudes de onda mayores.

1.1.2.6 Factores que inciden en la reflectividad de una cubierta.

Es importante considerar que el flujo de energía por el sensor, no sólo depende de la reflectividad de la cubierta, sino también de otros factores:

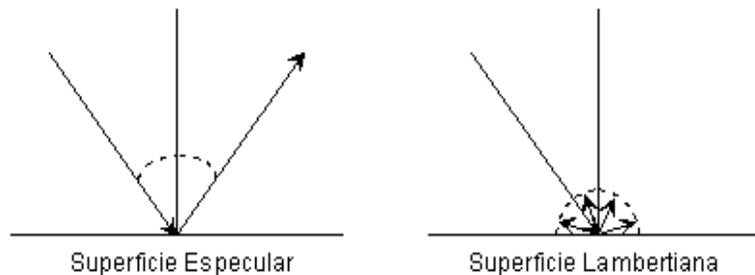
Condiciones atmosféricas

Emplazamiento ambiental de una cubierta

Geometría de la observación

Conviene tener en cuenta que la cantidad de energía que llega al sensor depende del ángulo con que la superficie refleje la energía incidente, así como del que formen el haz incidente con la posición del sensor. Pueden distinguirse dos tipos de cubiertas, aquellas que reflejan la energía con el mismo ángulo del flujo incidente (**especulares**), y aquellas que la reflejan uniformemente en todas las direcciones (**lambertianas**). (Chuvienco 2002).

Figura 6. Tipos de comportamiento reflectivo



En el primer caso, el sensor sólo recibe energía reflejada del suelo si está situado en la dirección del ángulo de reflexión, siendo nulo en cualquier otro caso. Si la superficie es lambertiana, la radiancia es constante en cualquier ángulo de reflexión. La mayor parte de las cubiertas tienden a comportarse de modo intermedio entre ambas situaciones.

El comportamiento de una cubierta en el espectro visible está influido no sólo

por sus propias características, sino también por una serie de factores externos que modifican lo que podríamos llamar su comportamiento espectral teórico. Algunos de estos factores son:

Ángulo de iluminación solar (i), muy dependiente de la fecha del año y del momento de paso del satélite.

Modificaciones que el relieve introduce en el ángulo de iluminación: orientación de las laderas **(ii)** o pendiente **(iii)**

Variaciones medio ambientales en la cubierta: asociación con otras superficies, homogeneidad que presenta, estado fenológico **(v)**, etc.

Sustrato edafológico o litológico: (vi), especialmente influye cuando la cubierta observada presenta una densidad media.

1.1.3 Tipos de Sensores y Resoluciones de un Sistema Sensor: Espacial, Espectral, Radiométrica, Temporal y Angular.

Plataforma, Sensor y Banda

Se entiende por **plataforma** los satélites (TERRA, AQUA, EO-1, LANDSAT, METEOSAT, NOAA, SPOT, IKONOS, Orb View, Quickbird) o aviones que transportan los aparatos necesarios para captar, almacenar y transmitir imágenes a distancia (**sensores**). (Parra 2002)

Un sensor es el aparato que reúne la tecnología necesaria para captar imágenes a distancia y que es transportado en una plataforma, puede captar información para diferentes regiones del espectro y cada una de estas regiones se denomina **banda** o **canal**.

Los sensores remotos son dispositivos que permiten capturar información de

los objetos sin tener un contacto directo con ellos, su uso en aplicaciones para el estudio de los recursos naturales tiene una larga data, dado que proporciona información confiable sobre superficies extensas con alta precisión y costos razonables.

Una primera clasificación de los sensores remotos es de acuerdo a su procedimiento de recibir la energía de las distintas cubiertas. En este sentido se distingue entre:

Sensores activos: Cuando emiten su propio haz de energía que, posteriormente, recogen tras su reflexión sobre la superficie que se pretende observar, un ejemplo de este tipo de sensor es el RADAR. Las ondas de radios son emitidas por un transmisor y son recogidas por un receptor después de haber sido reflejado por un objeto.

Sensores pasivos: Se limitan a recoger la energía electromagnética procedente de las cubiertas terrestres, ya sea está reflejada de los rayos solares, o emitida en virtud de su propia temperatura. Dentro de estos sensores están los sensores fotográficos, óptico-electrónicos que combinan una óptica similar a la fotografía y un sistema de detección electrónica y de antena (radiómetros de microondas)

Exploradores de barrido: (whiskbroom scanner) Son los más habituales en teledetección. Disponen de un espejo móvil que oscila perpendicularmente a la dirección de la trayectoria del satélite, permitiendo explorar una franja de terreno a ambos lados de esta. Los equipos de barrido multi-espectral se han incorporado sistemáticamente a las principales misiones de teledetección desde el espacio. Los más utilizados han sido los incluidos en los sistemas landsat (MSS, TM, ETM, TIROS-NOAA, TERRA, NIMBUS, y el soviético RESURS) entre otros.

Exploradores de empuje: (pushbroom scanner) Elimina el espejo oscilante al disponer de una cadena con un gran número de detectores de manera que se cubre todo el campo visual del sensor, estos sensores se van excitando con el movimiento orbital del satélite, de ahí el nombre de explorador de empuje, puesto que se explora en cada momento. Estos exploradores se han incorporado en las dos últimas décadas a la mayor parte de los proyectos de teledetección espacial, a partir de la puesta en órbita del satélite SPOT (sensor HRV). Otros satélites con este tipo de sensores son el indio IRS (sensor PAN, LISS y WIFS), los norteamericanos EO-1 (ALI e Hyperion), Ikonos y **Quickbird**, y los japoneses MOS (MES SR) y JERS-OPS, entre otros muchos. (Envi 2002).

Una segunda clasificación es en función de la orientación con la que el sensor capta las imágenes, se distinguen entre sensores de.

Orientación vertical: Habitual en satélites de resolución espacial baja (Meteosat) o media(Landsat)

Orientación oblicua: Típica del radar

Orientación modificable: Aparece en los sensores de alta resolución a partir del SPOT-IHV. Permite mantener una elevada resolución espacial y tener una resolución temporal (tiempo de revista). No se toman imágenes de toda la superficie terrestre de forma sistemáticamente sino que el sensor es orientado por encargo.

Una tercera clasificación, de acuerdo con la plataforma donde se ubique el sensor, se distingue tres grandes tipos de sistemas de teledetección:

Terrestres: En este caso la plataforma es un trípode, una torre de observación, etc., sobre la cual se instala un sensor. Se logran datos muy

precisos, pero su costo es altísimo. Este sistema es muy limitado en cuanto al campo de visión instantánea, verticalidad y tipo de sensor utilizado. Por ello se emplea normalmente para obtener muestras de control y datos de terreno en pequeñas zonas, con el fin de calibrar o determinar patrones de interpretación.

Aéreos: En estos casos las plataformas utilizadas pueden ser helicópteros, avionetas y aviones. Su característica más importante es su alta resolución espacial, sin embargo tienen una resolución temporal muy variable y un alto costo por hectárea. Existen dos tipos de sensores, **ópticos** y **electrónicos**. En los primeros los objetos quedan plasmados en un papel fotosensible (película), luego mediante la técnica del revelado se logran los productos fotográficos (fotos). En los sensores electrónicos la información es almacenada en un formato digital conocido como RASTER. Este consiste en una matriz de filas y columnas, donde cada celda constituye el pixel (tamaño mínimo que puede detectar el sensor) que está definido por un valor X (columnas), un valor Y (filas), y un valor Z o Nivel Digital (ND), que es el que contiene la información del pixel. Los productos provenientes de estos sensores se conocen como imágenes.

Espaciales: Las plataformas que se utilizan en estos sistemas son naves espaciales, estaciones orbitales o satélites autónomos que giran alrededor de la tierra, estos últimos son los de mayor utilización. Poseen la ventaja del bajo costo por hectárea en el proceso de revelado de sus datos. Los satélites autónomos varían de acuerdo con los tipos de orbitas que utilizan.

1.1.3.1 Resolución de un Sistema Sensor.

De acuerdo con algunos autores podemos definir la resolución de un sistema sensor como una habilidad para discriminar información de detalle.

La discriminación se refiere a la capacidad de distinguir un objeto de otros. Esta distinción puede referirse a una simple determinación de que está ahí (detección) o a una delimitación precisa de su contorno (identificación). Información de detalle se refiere no solo al detalle espacial que proporciona el sensor, sino también al número de anchura de las bandas del espectro que alberga, a su cadencia temporal, y a su capacidad para distinguir variaciones en la energía que detecta.

Resolución espacial: Se define de manera general como la mínima unidad espacial que el sensor es capaz de resolver (ej. Cuantos metros por cuantos metros), en general es el tamaño del pixel definido por el nadir (el punto subsatelital de la superficie justo debajo del satélite). Entonces, cuanto menor sea el tamaño del pixel en la imagen generada por el sensor, mayor será la resolución espacial del sistema. Cada pixel representa también la cantidad de memoria a ocupar en disco regido al realizar el procesamiento, cuanto menor sea el tamaño del pixel, mayor será el tamaño final en megabytes de la imagen si mantiene constante el ancho de barrido. (Envi 2002).

Resolución espectral: La teledetección no se produce para un valor particular de longitud de onda de la REM, si no en una pequeña franja, denominada "canal" o "banda", la banda espectral refiere a la zona del EEM, en donde se localiza el canal (por. Ej. Visible, Infrarroja cercana, etc.), mientras que el ancho es el rango del espectro que es abarcado por el mismo. La resolución espectral de un sistema involucra entonces, tres características, cantidad de canales, la zona del espectro en donde se localizan y el ancho de los mismos. Un sensor será más sensible espectralmente mientras más bandas proporcione y mientras más estrechas sean estas.

Resolución temporal: Se refiere a la frecuencia de cobertura que proporciona

el sistema, a la periodicidad con que este adquiere datos de la misma porción de la superficie terrestre. Esta característica es función tanto de la órbita del satélite (altura, velocidad, inclinación) como del diseño del sensor, principalmente en lo que se refiere al ángulo de observación y de apertura.

Resolución radiométrica: Es la capacidad del sensor para discretizar el rango de Espectro Electromagnético (EEM) en el cual realiza teledetección, cualquiera que sea el sensor esta resolución dependerá del número máximo de niveles de REM que pueda discriminar (lo cual determina así mismo el número máximo de niveles de grises que se podrán discriminar sobre la imagen obtenida). A mayor número de niveles de REM discriminados mayor será la resolución radiométrica. A su vez, a mayor resolución radiométrica mayor es el tamaño que ocupa en memoria cada pixel, y por ende mayor el tamaño de la imagen.

Resolución angular: Es un término relativamente reciente, que se refiere a la capacidad de un sensor para observar la misma zona desde distintos ángulos. La observación multiangular resulta de gran interés para estimar algunas variables-atmosféricas, ya que al variar el ángulo de mira se está observando la superficie con distinto espesor atmosférico, variando en consecuencia los procesos de adsorción y dispersión. (Ej. Sensor MISR (Multi-angle Imaging Spectroradiometer), incluido sobre la plataforma Terra desde 1999)¹.

1.1.4. Plataformas de Teledetección Espacial (Satélites).

Existen dos tipos fundamentales de satélites disponibles en función de su órbita, los **geosíncronos** o **geoestacionarios** y los **heliosíncronos**.

Los geoestacionarios se sitúan sobre el Ecuador en una órbita de 36.000

¹ (http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter4/02_e.php)

km de la Tierra. Permanecen siempre en la vertical de un punto determinado acompañando a la tierra en su movimiento de rotación.

Los satélites de órbita heliosincrona, también llamados « Móviles » por observar sistemáticamente distintas zonas del planeta, se desplazan en órbitas generalmente **circulares** o **elípticas** y **polares** (el plano de la órbita es paralelo al eje de rotación de la Tierra) de modo que, aprovechando el movimiento de rotación terrestre, puede captar imágenes de diferentes puntos cada vez que pase por el mismo punto de la órbita. Estas órbitas sólo son posibles entre 300 y 1500 km de altura, la órbita se diseña de forma que el satélite pase siempre sobre el mismo punto a la misma hora local.

1.1.4.1 Satélites Meteorológicos.

Durante los años 60 y 70 se fue desarrollando una red de satélites meteorológicos geoestacionarios que proporcionan cobertura global y continua (cada 30 min) en órbita ecuatorial que cubren todo el planeta en una franja que va de 70°S. Se trata de una red de 5 satélites (Meteosat, GOES, GMS, insat y GOMS).

Satélites de Recursos Naturales: Son satélites de órbita polar, con mayor resolución espacial y que fueron diseñados para la observación de la tierra y la evaluación de sus recursos naturales. Los más importantes de ellos son el programa Landsat.

1.1.4.2 Satélites Comerciales de Alta Resolución.

Designa este término a una nueva generación de satélites promovidos por consorcios privados que pretenden impulsar la comercialización de imágenes

de satélite hacia nuevos mercados hasta ahora reservados a la fotografía aérea.

La característica común a estas iniciativas es la búsqueda de altas resoluciones espaciales (entre 0.5 y 4 m), entre estos satélites tenemos Ikonos, Orbview-3, **Quickbird**.

1.1.4.3 Sensores Hiperespectrales.

Los instrumentos Hiperespectrales, son capaces de obtener cientos de imágenes correspondientes a distintas longitudes de onda, para la misma zona de la superficie terrestre. Esta novedad tecnológica combina los conceptos de imagen y espectroscopia en un sólo sistema, que incluye un gran volumen de datos y requiere de nuevos métodos de procesamiento de imágenes. Estos sensores poseen una alta resolución espectral, lo que nos permite obtener información con más detalle y precisión que los sensores multiespectrales convencionales.

1.1.5 La Imagen Hiperespectral y la Vegetación.

La imagen hiperespectral es una valiosa herramienta para el estudio de la vegetación. Con ella podemos estudiar la señal espectral (reflectividad y absorptividad), desde especies individuales hasta complejas comunidades vegetales. La geometría de la firma espectral de la vegetación varía de acuerdo con el contenido bioquímico, humedad y estructura física de los tejidos de la planta. Interpretar y diagnosticar la cantidad de influencia de cada una de estas variables en la firma espectral resultante de la vegetación, es el principal propósito de los sistemas hiperespectrales aplicados al estudio de la vegetación.

1.1.6 Imágenes Satelitales.

Una imagen satelital o imagen de satélite es la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada para la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

Se distinguen imágenes pancromáticas, monocromáticas (blanco y negro), multiespectral (que contienen información de muchas bandas del espectro), hiperespectrales (con más de 10 bandas en el espectro).

1.1.6.1 Imágenes por satélites SPOT

Orbita a una altura de 832 Km y generan imágenes con una cobertura de 60 X 60 Km. Su capacidad de mira lateral aumenta la resolución temporal, pudiendo observar el mismo punto con una periodicidad de entre uno y varios días, son satélites multiespectrales de 3 bandas en la región visible e infrarroja cercana del espectro. Tiene dos métodos de funcionamiento: uno multibanda con una resolución espacial de 20mx20m, y un modo pancromático, que recoge la energía en una sola banda y que posee una resolución espacial de 10mx10m.

La constelación SPOT ofrece la capacidad de capturar imágenes en cualquier lugar del mundo cada día. Las imágenes se procesan y se suben a internet en cuestión de horas desde la captura y entrega. Las imágenes por satélite SPOT suelen la resolución más económica y efectiva. Dependiendo del nivel de resolución que necesite, nuestra resolución estándar empieza a 0,3 e por km².

1.1.7 Análisis de Imágenes

El análisis visual de una imagen de satélite se realiza empleando tres (3) bandas de sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores empleados en informática, monitores RGB, estos monitores poseen un total de tres (3) cañones RGB, Red/Green/Blue, Rojo/Verde/Azul, con los que por combinación de estos colores básicos, se construye el resto de colores. Empleando cada uno de estos tres colores se tiene la posibilidad de enviar en cada uno de ellos una banda del sensor, combinándose en la pantalla y dando como resultado los diferentes colores y tonos.

Estos colores y tonos se emplean para la interpretación visual de las imágenes, combinando las bandas de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Estas combinaciones de colores facilitan la discriminación de aspectos geológicos, de vegetación y morfología de zonas urbanas entre otros.

Combinaciones básicas con las bandas de un sensor:

Composición en color natural RGB 321:

Constituye la combinación más próxima a la percepción de la tierra con nuestros ojos en el espacio, de allí el nombre de color verdadero. Las bandas visibles dan respuesta a la luz que ha penetrado más profundamente, y por tanto sirve para discriminar agua poco profunda, aguas turbias, corrientes, batimetría y zonas con sedimentos.

Azul oscuro indica aguas profundas

El azul claro presenta aguas de mediana profundidad

El color verde-amarillo indica aguas

turbias

La vegetación se ve con tonalidades verdes

El suelo desnudo se observa con tonalidades amarillentas y plateadas

Composición en falso color RGB 432:

En esta composición se realza de manera significativa la vegetación, permitiendo determinar su estado sucesional o sanitario. El rojo-magenta muestra vegetación vigorosa, cultivos regados, bosques naturales. El color rosa indica la presencia de vegetación menos densa o vegetación en temprano estado de crecimiento. Igual indica la presencia de pastos. Blanco indica la presencia de nubes. El color marrón permite relacionar la presencia de bosques plantados, vegetación arbustiva en función de la densidad. Azul oscuro o negro muestra cubiertas parcial o totalmente por agua; ríos, canales, lagos, embalses y represas. Gris y azul metálico muestran ciudades y áreas pobladas, arenas suelos desnudos, canteras, depósitos salinos. Verde mate indica zona de transición prados secos frecuentemente asociados a matorrales ralos y vegetación de páramo.

Composición en falso color RGB 341:

En esta composición la vegetación vigorosa se observa de color verde intenso. Las zonas urbanas responden espectralmente con un color violeta. De verde a negro, la vegetación arbolada muy densa. En negro se observan las zonas cubiertas por agua. Zonas de suelos desnudos se observan con colores de rosado a rojo, según el contenido de humedad. (Igac, 2000).

1.1.8 Análisis Multiespectral.

La utilización de imágenes provenientes de más de un canal permite identificar de manera más sencilla algunos fenómenos atmosféricos o características de

la superficie. Los status a nivel bajo son muy difícil de identificar en una imagen IR debido a que la nube puede tener un valor de temperatura radiactiva cercano al de la superficie. Por otra parte, en una imagen VIS, las nubes de tipo status aparecen brillantes en contraste con el fondo más oscuro de la tierra y el agua.

Realce de imágenes: El realce de imágenes consiste en destacar ciertos valores o regiones dentro de una imagen para enfatizar e identificar características meteorológicas y separarlas de las señales provenientes de la tierra y del agua.

Realce de color: El realce de color implica efectuar una reasignación de colores (o niveles de grises) a cada píxel de la imagen basándose en el valor del píxel. Las tablas de asignación de valores especifican estas relaciones entre valores de entrada y salida; las relaciones se muestran en un gráfico, denominado curva de realce

Realce de color Multiespectral: Una imagen Multiespectral aprovecha las ventajas tecnológicas disponibles en un monitor color rojo, verde, azul (red-Green-blue, RGB). Cada canal que se desea visualizar es asignado a uno o más de los colores para destacar las características multiespectrales².

1.1.9 Fases para la Interpretación de la Imagen.

Lectura de la Imagen: Proceso mediante el cual se identifica como conocido un elemento, objeto o forma directa visible, por medio de un conocimiento local o específico y los cuales se les asigna un nombre específico. Se trata del

² (interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. IGAC) tomado de CIAF 2002.

reconocimiento y ubicación del fenómeno o características relacionadas en general con el hombre como son: construcciones, cultivos, etc. A través de su forma, tamaño y otras propiedades visibles que permiten al intérprete reconocer un objeto como familiar.

Detección: Esta actividad tiene relación directa con la visibilidad de los objetos por ser interpretados, estando correlacionada con la clase de objeto, escala y calidad de las imágenes, extrayendo en forma selectiva los elementos importantes para el caso particular de interpretación que se realiza.

Reconocimiento e Identificación: Después de que un detalle es detectado, este debe ser reconocido e identificado para poder extraer información válida de la imagen, ya sea como uso directo o como elemento por correlacionar para la interpretación final.

El reconocimiento significa tomar conciencia de que el objeto o detalle observado no es desconocido si no que ya ha sido visto en ocasiones anteriores.

Identificar significa dotar de individualidad al objeto reconocido, correlacionándolo con alguna de sus características particulares.

Análisis De La Imagen: Usado para indicar el proceso integral de la interpretación de imágenes de sensores remotos.

Análisis: Es el proceso de delinear grupos de objetos o elementos que tienen una individualidad determinada en el proceso de lectura de la imagen. La separación de los objetos se realiza de acuerdo con su uso, forma, tamaño, ubicación, etc. Las líneas límite deben ser delineadas en forma separada y sistemática, de acuerdo con la leyenda previamente establecida. El resultado debe ser una agrupación lógica de objetos en unidades³.

³ (interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. IGAC) tomado de IGAC 1977.

Deducción: Es un proceso complicado, basado en evidencias convergentes. La evidencia se deriva de objetos particularmente visibles o de elementos que solo suministra una información parcial sobre la naturaleza del o los objetos observados. Esta está orientada a la separación de diferentes grupos de objetos o elementos, en cuyo caso está íntimamente relacionada con el proceso de análisis.

Clasificación de la Imagen: La interpretación puede ser directa cuando los objetos son visibles y fáciles de identificar, y es indirecta o correlativa cuando los elementos no son visibles directamente.

Clasificación: Incluye la descripción individual de las superficies delineadas por el análisis, su arreglo en un sistema adecuado para ser usado en el campo de la investigación y por último la codificación necesaria para expresar el sistema. La clasificación establece la identidad de las superficies delineadas por la interpretación. En el caso de objetos directamente reconocibles, la clasificación puede ser hecha mediante la naturaleza misma de los objetos (casas, carreteras, canales, ríos, árboles, detalles geomorfológicos).

Cartografía Temática: Corresponde a la presentación de los resultados de la interpretación realizada, la más común es la representación gráfica en forma de mapas temáticos. Se define como cartografía temática o cartografía para propósitos especiales, aquella que utilizando un soporte de cartografía básica o derivada, desarrolla algún aspecto concreto de la información o incorpora información adicional específica y es generada para un uso particular. En este sentido la información ambiental se caracteriza por estar asociada al espacio, en el cual se establecen multitud de interrelaciones entre ecosistemas físico-naturales o antrópicos, por ello es posible ubicarla espacial y temporalmente. La forma de integrar cualquier variable en el espacio, variará según su tipo y

los parámetros a analizar.

Idealización: Es el proceso de dibujo “final” que seguirá detalles lineales o encerrará áreas clasificadas como homogéneas, o la representación estandarizada (convencional) de los detalles visibles en la imagen. El proceso de la idealización es frecuentemente hecho de manera tan mecánica que en la interpretación no se percibe que se está ejecutando.

1.1.9.1 Características pictóricas morfológicas que determinan la interpretación de objeto o fenómeno en una imagen:

Se consideran elementos de identificación aquellas características presentes en la imagen, que colaboran o sirven de evidencia concurrente para la identificación de objetos y su diferenciación.

Forma: Son los rasgos característicos inherentes a los objetos y que permite la identificación en la imagen. El valor de la forma en la interpretación radica en que permite identificar la clase de objetos observados, ayudando a la comprensión de su significado y función. Normalmente esta variable se estudia asociada con la variable tamaño.

Tamaño: Es uno de los indicios más útiles que llevan a la identificación de un objeto. Por la medida del objeto en la interpretación se pueden eliminar las posibles identificaciones que se tienen en consideración.

Sombras: Las sombras presentes en imágenes satelitales ayudan en la interpretación, suministrando representaciones en perfil de los objetos en interés. Son particularmente útiles para objetos pequeños o de bajo contraste con las mediciones.

Tono y color: Una de las emulsiones fotográficas de mayor uso en el estudio de la cobertura vegetal es la llamada falso color o película detectora de camuflaje o infrarrojo color. En estas películas los colores que aparecen no tienen relación con los colores naturales que tienen los objetos fotografiados, pero permite claras identificaciones en relación con las diferencias en la cobertura vegetal.

Patrones: Se define como arreglo espacial de un conjunto de objetos o asociaciones de objetos similares, así como la repetición sistemática de formas.

Textura: frecuencia de cambios y disposición de los tonos dentro de una imagen, es evidente que el tamaño del objeto requerido para producir una textura determinada varía de acuerdo a la escala y resolución de la imagen.

Localización: Es otra variable importante a los efectos de la correcta identificación de un detalle.

Asociación: Ciertos objetos o fenómenos pueden ser identificados mediante el reconocimiento de otros con los cuales suele asociarse.

1.1.10. Sistema de Información Geográfica.

Un **Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS**, en su acrónimo inglés) Es una integración organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y un grupo de personas, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía, a su vez el SIG puede mostrar la información en capas temáticas para realizar análisis multicriterio complejos.

1.1.10.1 Funciones de un SIG.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.

Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

Pautas: detección de pautas espaciales.

Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

1.1.10.2 Tipo de Información: Vectorial o Raster.

La información puede ser almacenada en formato Vectorial o Raster.

En términos generales, la información ambiental estará siempre asociada espacialmente a un punto (estación de medida de calidad del agua o contaminación atmosférica, estaciones meteorológicas, puntos de sondeo, etc.), a una línea (tramos de río, vías, etc.), a un polígono (parcelas, límites administrativos, zonas homogéneas de vegetación, etc.) o bien, si es el caso, podrá ser discretizada mediante una malla o rejilla homogénea (modelos *Grid* o *Raster*), a los cuales se asociarán uno o más valores de la variable (altura del terreno, cobertura vegetal, asociación climática entre otros).

El caso del modelo de SIG **vectorial**, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres objetos espaciales: el punto, la línea y el polígono.

El modelo de SIG **Raster o de retícula** se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas (resolución) menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico. Los SIG Raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).

La Información Geográfica Grid ó Raster es toda aquella información relativa al territorio y almacenada en medio digital como un archivo de mapa de bits. En este modelo de información el espacio queda dividido en una rejilla con forma regular en la que cada celdilla de la misma asume valores para la variable que representamos. Este formato de almacenamiento no diferencia entre tipos de elementos cartográficos, sino que captura la información espacial dividiendo el

territorio en unidades o píxeles de determinado tamaño (una malla homogénea) y asignando a cada píxel uno o más valores numéricos dependiendo de su contenido. Generalmente y por analogía, se denominan imágenes a los archivos en este formato, si bien no necesariamente tienen por qué corresponder a una imagen real como son los archivos provenientes de sensores remotos.

1.1.11 Corine Land Cover.

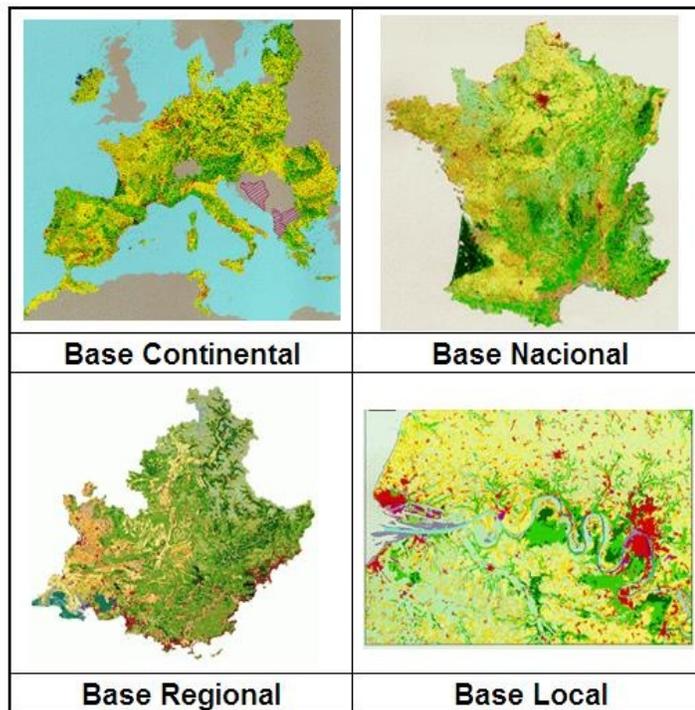
Corine Land Cover es un inventario de la ocupación del suelo, de la ocupación de tierras realizada en el marco de la constitución de una base de datos, que constituye una herramienta de la política del medio ambiente y de la ordenación territorial para tomar decisiones. Es una experiencia acertada de trabajo conjunta de los 15 países de la Unión Europea en 15 años para definir y aplicar regularmente una metodología común, que permite ahora comparaciones y además la definición de políticas regionales.

Es un proyecto desarrollado por la comunidad Europea desde el año 1995, que busca crear una base de datos única que contenga los diferentes usos y coberturas del suelo dentro de una nomenclatura que aplique al territorio, y que permita realizar comparaciones multitemporales en estas zonas.

La definición de las clases de esta nomenclatura es el resultado de una larga concertación y decisión común entre los usuarios finales de la base, fue desarrollada de manera que respondiera a los diferentes conflictos de asignaciones y de usos del espacio que se encuentran.

Además, tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos aplicable a escala 1:100.000 sobre la Cobertura y/o Uso del Territorio (Ocupación del suelo).

Figura 7. Esquema de Corine Lan Cover



1.1.11.1 Características de Corine Land Cover.

Una nomenclatura arborescente y pluri temática estándar única de 44 rubros adoptada en el seno de los países de la región. Esto permite agregar datos a nivel regional, pero también desagregarlos para decisiones a nivel nacional.

La definición de los rubros de esta nomenclatura que la acompañan es el resultado de una larga concertación y decisión común entre los usuarios finales de la base y los diferentes expertos científicos de los países de la comunidad europea. Fue desarrollada de manera pragmática para responder a esos diferentes conflictos de asignaciones y de usos del espacio que encuentran esos responsables. Así, los diferentes puestos que la constituyen reflejan las preocupaciones temáticas de los usuarios y se integran perfectamente a las dimensiones geográficas, medioambiental y socio económica indispensables a

los responsables de la gestión del espacio y de los recursos naturales. A partir de dicha nomenclatura, se analiza la ocupación de tierras por medio de la interpretación de imágenes espaciales asociadas de manera pragmática a todas otras informaciones útiles para la creación de esta base⁴.

Esta base de datos, cruzada con otros datos exógenos, gracias a los sistemas de información geográfica permite a cada país una representación cartográfica y desarrollar nuevas aplicaciones sobre sus propias temáticas (fuegos, gestión del agua.). Estas aplicaciones representan interés ya que la base Corine Land Cover privilegia la aplicabilidad a la fineza de los datos.

Las especificaciones técnicas básicas fueron definidas durante el programa CORINE en 1985. Los tres elementos determinantes del proyecto CLC son:

Escala cartográfica: La escala cartográfica elegida es **1:100.000**. Téngase en cuenta que la información de CLC se deriva de la interpretación visual de las imágenes de satélite Landsat.

La Unidad Mínima Superficial Cartografiable es de 25 hectáreas, con una longitud mínima de los elementos lineales (cursos de agua, carreteras) de 50 metros. Las superficies menores de 25 hectáreas deben ser agregadas o generalizadas.

La **Nomenclatura** o leyenda **CLC** europea es jerárquica y distingue 44 clases al tercer nivel, 15 en el segundo y 5 en el primero. La nomenclatura ha sido desarrollada con el fin de cartografiar todo el territorio. Los distintos niveles permiten la generalización de los datos y su análisis a distintas escalas.

La nomenclatura de cobertura adaptada para Colombia presenta las siguientes características:

Permite mapear todos los territorios.

La nomenclatura jerárquica tiene tres niveles principales, el primero, con cinco

⁴http://www.Fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Teledeccion/corine/clc.htm

categorías, que indica las más grandes categorías de cobertura del territorio:

Superficies Artificiales

Áreas Agrícolas

Bosques y áreas seminaturales

Zonas Húmedas

Cuerpos de agua

El segundo nivel, con 15 categorías, el cual se utiliza para escalas comprendidas entre 1:500.000 y 1:1.000.000.

Un tercer nivel para desarrollar estudios a escalas de mayor detalle.

1.1.11.2 Metodología Corine Land Cover.

La metodología se compone básicamente de 5 Etapas:

1. Trabajos preliminares: Comprende el conjunto de operaciones previas al proceso de obtención de imágenes en falso color: elección de las imágenes digitales de satélite; colección, síntesis y distribución de la documentación vista en la carrera.

2. Obtención de imágenes en falso color, Con un corredor de una amplitud de 60 km y una resolución que puede ir de 20 m a 1,5 m, los productos SPOT constituyen una referencia cartográfica tanto a escala local como regional, desde 1/100 000 a 1/15 000.

3. Fotointerpretación asistida por ordenador: Consiste en la delimitación e identificación de las unidades de ocupación del suelo, asignándoles el código correspondiente de acuerdo con las definiciones de la leyenda. Las unidades más pequeñas incluidas son de 25 ha. Los datos auxiliares (mapas, fotos

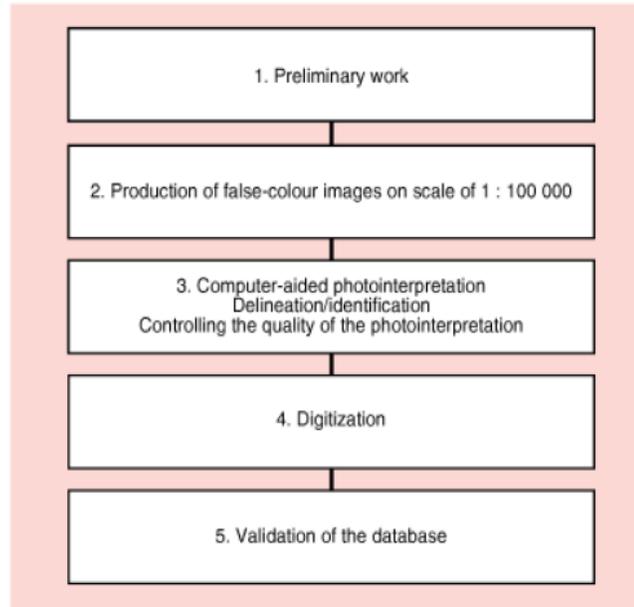
aéreas, estadísticas) son esenciales para ayudar a la identificación. Los resultados se verifican (control de calidad de la fotointerpretación).

4. Digitalización: La información en soporte papel resultante de la fotointerpretación se convierte mediante este proceso en información digital en soporte informático. La base de datos resultante de la digitalización es una base de datos vectorial, en formato Arc-Info, con topología de polígono.

5. Validación de la base de datos: El proceso de validación consiste en la comparación de la información de la base de datos con la información obtenida de datos no usados previamente (trabajo de campo, fotos aéreas).

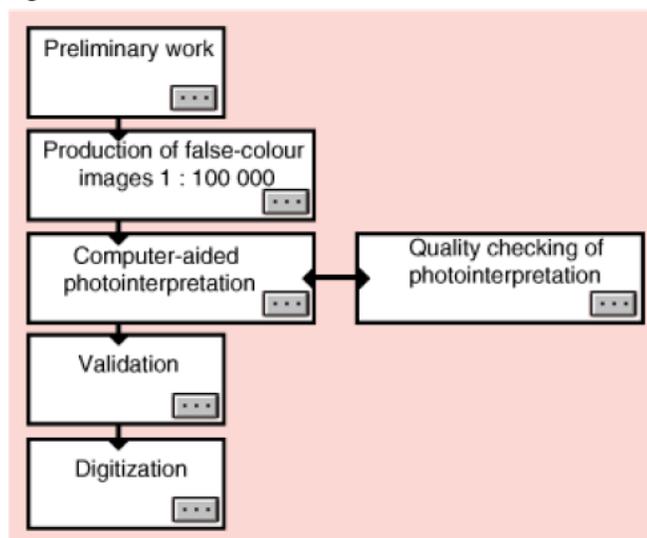
Es una operación estadística, normalmente muestreo. Se establece una matriz de confusión y se calcula el porcentaje de fiabilidad de cada categoría.

Figura 8. Main stages of the method.



Fuente: Corine Land_Cover Part1.Pág.26

Figura 9. The CORINE Land Cover method



Fuente: Corine Land_Cover Part1.Pág.26

1.2 MARCO CONCEPTUAL

Firma espectral: Forma particular de reflejar, transmitir y/o absorber la radiación electromagnética en un rango de longitud de onda de acuerdo a las propiedades físicas y químicas del objeto o cubierta.

Fotointerpretación: Arte o ciencia de analizar mediante combinaciones de bandas, las imágenes producidas por un sensor remoto.

Imagen pansharpened: Es el resultado de la fusión de imágenes multiespectrales y pancromáticas para obtener imágenes de alta resolución espectral y espacial.

Imagen spot: Las imágenes adquiridas por los satélites SPOT constituyen una fuente de información económica óptima para conocer, monitorear, prever y administrar los recursos y las actividades humanas en todo el planeta.

Percepción remota (*Remote sensing*): Es la ciencia de obtener datos de un objeto mediante un dispositivo que no está en contacto con dicho objeto.

Pixel: Elemento discreto que divide una imagen digital.

Polígono de muestreo: Superficie base para caracterizar la cubierta del suelo.

Resolución: La resolución de un sensor es su habilidad para registrar información en detalle de las distintas cubiertas.

Resolución espacial: Medida de la mínima separación angular o lineal

entre dos objetos que puede captar el sensor.

Resolución temporal: Diferencial de pase orbital, en número de días, que transcurre desde que un sensor pasa sobre un área en particular y regresa a la misma.

Resolución espectral: Tamaño y número de intervalos de longitud de onda que del espectro electromagnético un sensor puede captar.

Sensor Activo: Instrumento de medida utilizado en la exploración de la Tierra mediante el cual se obtiene información por emisión y recepción de ondas electromagnéticas.

Sensor Pasivo: Instrumento utilizado en la explotación de la Tierra mediante el cual se obtiene Información por recepción de ondas electromagnéticas de origen natural.

SIG: Sistema de información geográfica

1.3 MARCO LEGAL

1.3.1. Resolución 068, Enero 28 de 2005

ARTÍCULO 1

Adoptase como único Datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, también denominado: MAGNA-SIRGAS.

Parágrafo 2

El modelo de geoide asociado al Datum MAGNA-SIRGAS será el producto denominado: GEOCOL 2004, que se adopta oficialmente por esta Resolución.

Parágrafo 3

Mientras no se disponga técnica y oficialmente la actualización del Sistema de Referencia Vertical para Colombia se seguirá empleando el que tiene origen en el mareógrafo de Buenaventura.

ARTÍCULO 2

Este Instituto mantendrá y actualizará MAGNA-SIRGAS, considerando las indicaciones sobre sistemas de referencia emanadas de las Asambleas del Proyecto SIRGAS, de la IAG, de la IUGG y del IPGH.

ARTÍCULO 3

La información producida por este Instituto será referenciada a MAGNA-SIRGAS y se certificarán únicamente coordenadas de puntos vinculados a este Datum.

ARTÍCULO 4

La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial** y sustituye la adopción del Datum Bogotá (Elipsoide Internacional o de

Hayford), realizada en la Primera Edición de la Publicación Especial N° 1" Resultados finales de las redes geodésicas establecidas entre Bogotá y Cartago, y entre Bogotá y Chiquinquirá" del Instituto Geográfico Militar y Catastral del año 1941.

1.3.2 Plan Nacional de Desarrollo Forestal.

Programa de ordenación, conservación y restauración de ecosistemas forestales

Programa de desarrollo de cadenas productivas

Programa de desarrollo institucional.

2. METODOLOGIA

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Investigación exploratoria descriptiva:

El estudio exploratorio se efectúa, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura revela que únicamente hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio. La investigación de este estudio será exploratoria por la poca información o inexistencia sobre levantamientos de coberturas boscosas con una nomenclatura estándar.

La investigación descriptiva es aquella que procura determinar cuál es la situación, estudiar lo que hay y describir tal cual es el asunto o condición sobre un asunto o problema. La meta del presente estudio no es únicamente la recolección de datos, sino también la interpretación e identificación de las coberturas en la imagen SPOT y la relación que existen entre estas variables. Recolectar datos para luego de manera cuidadosa analizar minuciosamente los resultados a fin de extraer información que contribuya al conocimiento.

2.2 INTEGRACIÓN DE LA MUESTRA Y OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

2.2.1 Población

El estudio se realizó en la Provincia de García Rovira departamento de Santander, está conformada por 12 Municipios que son: Capitanejo, Carcasi, Cerrito, Concepción, Enciso, Guaca, Macaravita, Málaga, Molagavita, San

Andrés, San José de Miranda y San Miguel.

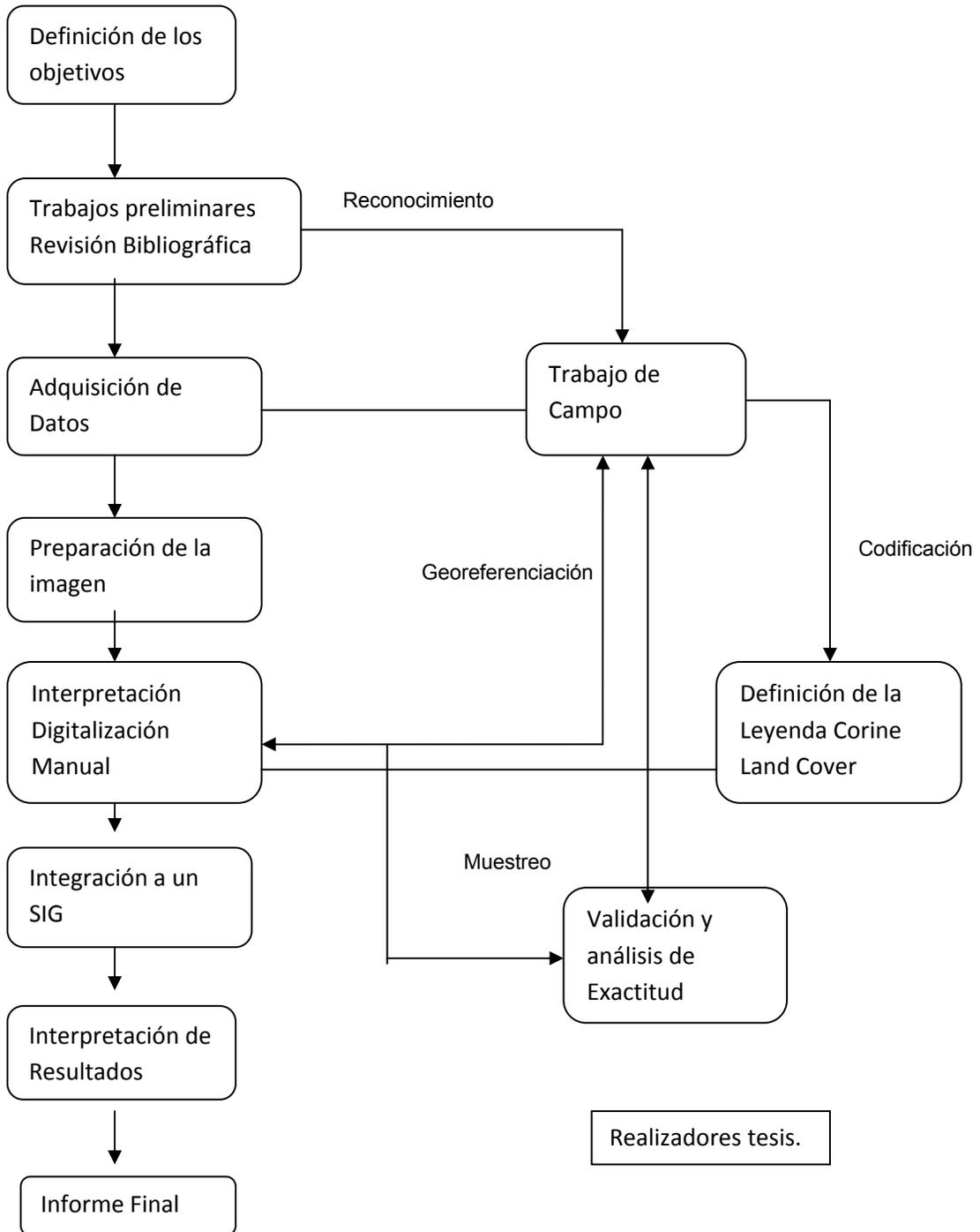
2.2.2 Muestra

Por medio de una grilla se crearon parcelas demostrativas, donde se seleccionaron al azar como unidad mínima cartografiable. (En la imagen SPOT) para reconocimiento y registro de las coberturas existentes en el área, las cuales se utilizaron como puntos de control en la interpretación en la imagen.

2.3 PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

Para una mejor organización del trabajo, las labores de este proyecto se realizaron en las siguientes Etapas:

(Figura 10) PROCEDIMIENTO METODOLOGICO



2.3.1 Definición de Objetivos.

En esta etapa se definió el propósito del mapa y los objetivos que se pretendían alcanzar con la realización del presente trabajo los cuales están descritos en el resumen del documento.

2.3.2 Trabajos Preliminares.

Durante esta etapa se realizó la revisión bibliográfica sobre los siguientes temas:

Información sobre el área de estudio. (fotografías aéreas, cartografía, información teórica y visitas de campo.)

Información sobre la aplicación de la metodología Corine Land Cover.

2.3.3 Trabajo de Campo.

Se realizó el trabajo de campo durante algunas etapas, las cuales son: El reconocimiento de campo, la preparación de la imagen, el muestreo de coberturas y por último la verificación de la información interpretada, junto con la realización de las correcciones encontradas como resultado de las comprobaciones de campo a esto se le agregó las respectivas carteras de campo para verificación de la información.

2.3.4 Reconocimiento

Localización del área de estudio.

Como ayuda auxiliar para la generación del producto del presente proyecto, se utilizó los siguientes documentos.

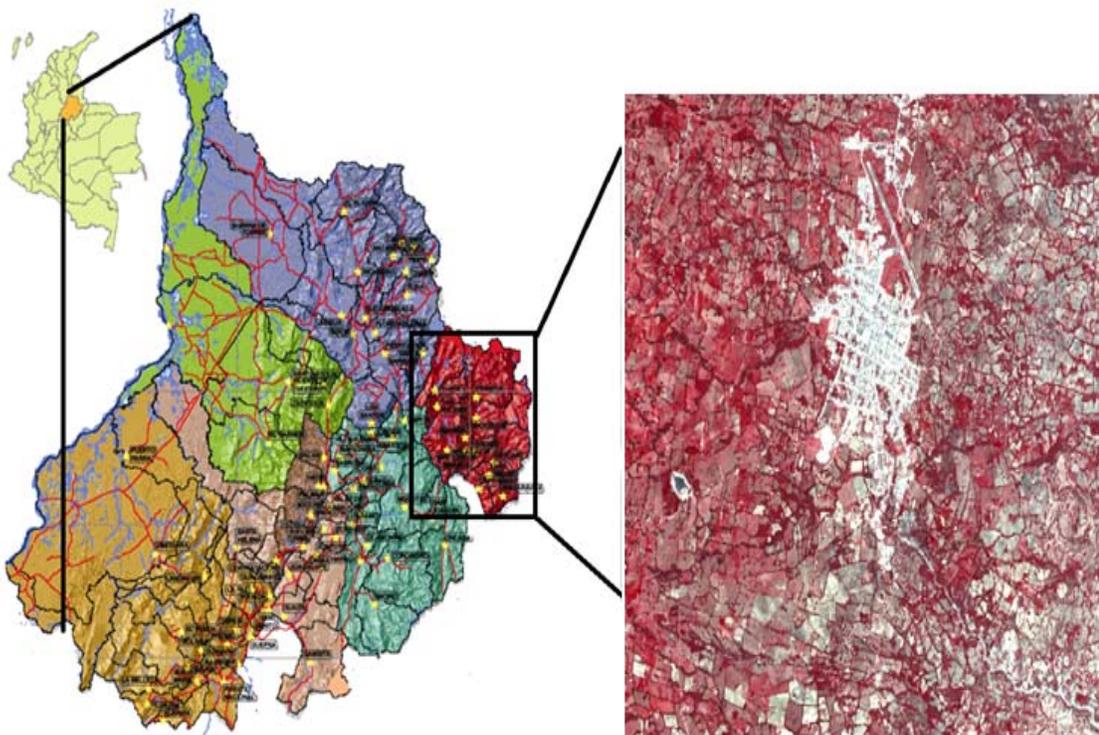
Plan de Ordenación Forestal departamento de Santander convenio C.A.S, Gobernación de Santander 2010.

Mapas de suelos del EOT provincia de García Rovira.

Cartografía del Campo.

Recopilación de información de los 12 municipios de la Provincia de García Rovira.

FIGURA 11: Localización del área de estudio



LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA

1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
1.1. Zonas urbanizadas	3.1. Bosques
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativa	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	3.2.1.1. Herbazal denso
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.2. Caña	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.5. Papaya	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.6. Amapola	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.2. Café	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.5. Coca	4. AREAS HÚMEDAS
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.2. Turberas
2.2.3.3. Cítricos	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.4. Mango	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.2. Salitral
2.3. Pastos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3.1. Pastos limpios	5. SUPERFICIES DE AGUA
2.3.2. Pastos arbolados	5.1. Aguas continentales
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.1. Ríos (50 m)
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.3. Canales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2. Aguas marítimas
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

3. RESULTADOS

3.1 Unidades de cobertura vegetal

En la identificación de coberturas se empleó la Metodología Corine Land Cover la cual permite la zonificación de las coberturas de la tierra donde se proporciona información de las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de los recursos naturales para la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico. (IDEAM 2010).

Esta identificación de coberturas permite realizar un proceso de planeación ordenado, sistemático y estandarizado en las características de las coberturas encontradas para la zona de estudio.

Las unidades encontradas para el sector con área de influencia se relacionan a continuación.

3.1.2 Descripción de Clases de Trabajo

(1.1.1) Tejido urbano continuo:

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano.



Foto No 1. TEJIDO URBANO CONTINUO
(MUNICIPIO DE MÁLAGA)

Tabla No 3 Tejido Urbano Continuo

TEJIDO URBANO CONTINUO	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CAPITANEJO	0,6163
CARCASI	0,0663
CERRITO	0,1439
CONCEPCION	0,3299
ENCISO	0,1020
GUACA	0,1993
MACARAVITA	0,0363
MALAGA	1,1801
MOLAGAVITA	0,5697
SAN ANDRES	0,1993
SAN JOSE DE MIRANDA	0,1401
SAN MIGUEL	0,0535
Total Área	3,6372

(1.1.1) Tejido urbano discontinuo:

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes, son caseríos encontrados en las partes más alejadas del casco urbano en la provincia de García Rovira están presentes en los municipios de Carcasi y San José de Miranda. Tejido urbano discontinuo presente en los caseríos alejados de los centros urbanos presentando un bajo porcentaje de área con respecto a la provincia este ejemplo es el caserío de Tequia ubicado en el municipio de San José de Miranda



Foto No 2. TEJIDO URBANO DISCONTINUO
(MUNICIPIO SAN JOSÉ DE MIRANDA – VEREDA TEQUIA)

Tabla No 4. Tejido Urbano Discontinuo

TEJIDO URBANO DISCONTINUO	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CARCASI	0,0094
CONCEPCION	0,0019
MALAGA	0,0045
SAN JOSE DE MIRANDA	0,0541
Total Área	0,0701

(1.2) Zonas Industriales o Comerciales y Redes de Comunicación:

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen usos comercial e industrial solo está presente en el municipio de Málaga. Zona industrial ubicada en el municipio de Málaga es la única zona específica como industrial en toda la Provincia.



Tabla No 5. Zonas Industriales o Comerciales

ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES	
MUNICIPIO	AREA Km²
MALAGA	0,0671
Total Área	0,0671

(1.2.2) Red vial, ferroviaria y terrenos asociados: Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, están presentes en toda la Provincia como en vías de acceso, caminos y vías principales.



Foto No 4. RED VIAL
(MUNICIPIO DEL CERRITO – TCN)

Tabla No 6. Red Vial

RED VIAL	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CAPITANEJO	0,9669
CARCASI	2,0413
CERRITO	2,4411
CONCEPCION	2,1573
ENCISO	0,7640
GUACA	2,0979
MACARAVITA	1,1796
MALAGA	0,6394
MOLAGAVITA	1,2078
SAN ANDRES	2,0979
SAN JOSE DE MIRANDA	0,9893
SAN MIGUEL	0,6085
Total Área	17,1914

(1.2.4) Aeropuertos: Comprende la infraestructura donde funciona una terminal aérea. Esta cobertura solo se encuentra en el municipio de Málaga incluye pista edificaciones afines a la práctica aérea.

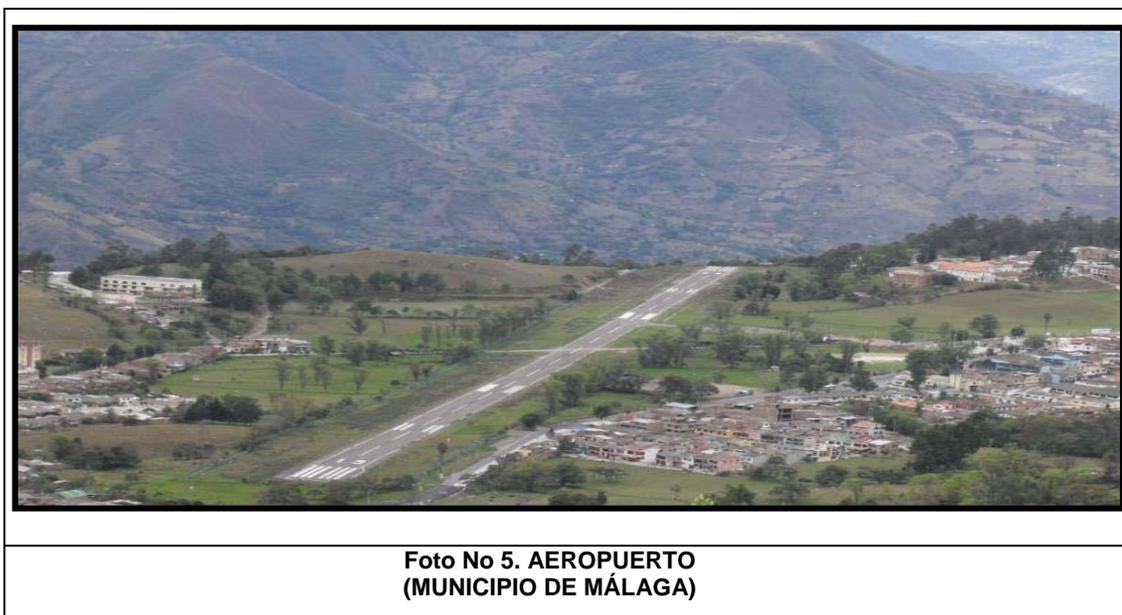


Tabla No 7. Aeropuertos

AEROPUERTOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
MALAGA	0,0593
Total Área	0,0593

2. TERRITORIOS AGRICOLAS

(2.2.1) Cultivos permanentes herbáceos: Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, se encuentra presente en el municipio de Molagavita comprendido así.

Tabla No 8. Cultivos Permanentes Herbáceos

CULTIVOS PERMANENTES HERBACEOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
MOLAGAVITA	0,4164
Total Área	0,4164

(2.2.2) Cultivos permanentes arbustivos: Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, se encuentra presente en el municipio de San Andrés comprendido así.

Tabla No 9. Cultivos Permanentes Arbustivos

CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
SAN ANDRES	2,9750
Total Área	2,9750

(2.3.1) Pastos limpios: Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; esta cobertura está presente en los 12 municipios de la provincia presente en áreas pequeñas de explotación ganadera comprendida así.



Tabla No 10. Pastos Limpios

PASTOS LIMPIOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	6,1342
CARCASI	17,0922

CERRITO	46,4965
CONCEPCION	16,9442
ENCISO	3,3811
GUACA	28,2454
MACARAVITA	11,0129
MALAGA	1,8541
MOLAGAVITA	3,6671
SAN ANDRES	28,2454
SAN JOSE DE MIRANDA	1,1797
SAN MIGUEL	1,4886
Total Área	165,7419

(2.3.3) Pastos enmalezados: Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, esta cobertura se encuentra presente en los 12 municipios de la provincia de García Rovira en áreas medias comprendidas para la ganadería no tecnificada.



Tabla No 11. Pastos Enmalezados

PASTOS ENMALEZADOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	5,4281
CARCASI	37,9796

CERRITO	5,1243
CONCEPCION	67,5879
ENCISO	13,9392
GUACA	12,9123
MACARAVITA	14,0570
MALAGA	2,3095
MOLAGAVITA	10,8778
SAN ANDRES	12,9123
SAN JOSE DE MIRANDA	0,0595
SAN MIGUEL	4,2636
Total Área	187,4516

(2.4.1) Mosaico de cultivos: Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) esta cobertura está presente en 7 municipios como Málaga, Concepción, San José de Miranda, Enciso, Molagavita, San Miguel y Capitanejo.



Foto No 8. MOSAICO DE CULTIVOS
(MUNICIPIO DE GUACA)

Tabla No 12. Mosaico de Cultivos

MOSAICO DE CULTIVOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	2,7164
CONCEPCION	1,2830

ENCISO	8,0498
MALAGA	26,0808
MOLAGAVITA	14,2543
SAN JOSE DE MIRANDA	14,7388
SAN MIGUEL	2,8248
Total Área	69,9482

(2.4.2) Mosaico de pastos y cultivos: Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) está presente en los 12 municipios de la provincia comprendido en áreas grandes dispersas.



Tabla No 13. Mosaico Pastos y Cultivos

MOSAICO PASTOS Y CULTIVOS	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	4,3426
CARCASI	33,7444
CERRITO	120,0876
CONCEPCION	45,6579
ENCISO	11,8511
GUACA	53,0916
MACARAVITA	18,3717
MALAGA	17,1729
MOLAGAVITA	3,5333

SAN ANDRES	53,0916
SAN JOSE DE MIRANDA	31,0899
SAN MIGUEL	9,0846
Total Área	401,1197

(2.4.4) Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales: Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. Está presente en los 12 municipios de la provincia en áreas dispersas.



Foto No. 10. MOSAICO CULTIVOS PASTOS Y ESPACIOS NATURALES (MUNICIPIO DE GUACA)

Tabla No 14. Mosaico Cultivos, pastos y espacios Naturales

MOSAICO CULTIVOS PASTOS Y ESPACIOS NATURALES	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	12,7931
CARCASI	36,0464
CERRITO	26,7134
CONCEPCION	36,2902
ENCISO	14,6974
GUACA	12,2386
MACARAVITA	16,9347

MALAGA	2,7217
MOLAGAVITA	35,3925
SAN ANDRES	12,2386
SAN JOSE DE MIRANDA	0,8117
SAN MIGUEL	18,9602
Total Área	225,8391

(2.4.4) Mosaico de pastos con espacios naturales: Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. Esta cobertura está presente en los 12 municipios de la provincia en áreas dispersas.



Tabla No 15. Mosaico Pastos con Espacios Naturales

MOSAICO PASTOS CON ESPACIOS NATURALES	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	0,3088
CARCASI	35,9806
CERRITO	8,2868
CONCEPCION	7,2554
ENCISO	1,1333
GUACA	22,2769
MACARAVITA	3,6073
MALAGA	1,2518

MOLAGAVITA	33,3090
SAN ANDRES	22,2769
SAN JOSE DE MIRANDA	5,3715
SAN MIGUEL	13,3007
Total Área	154,3596

(2.4.5) Mosaico de cultivos con espacios naturales: Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de cultivos permanentes o anuales en combinación con espacios naturales. Esta cobertura está presente en 3 municipios de la provincia San José de Miranda, Cerrito y Macaravita.



Tabla No 16. Mosaico Cultivos con Espacios Naturales

MOSAICO CULTIVOS CON ESPACIOS NATURALES	
MUNICIPIO	AREA Km²
CERRITO	2,7946
MACARAVITA	0,7541
SAN JOSE DE MIRANDA	1,3148
Total Área	4,8637

(3.) BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición.

(3.1.1.1) Bosque denso alto de Tierra Firme: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros esta cobertura está presente en 11 de los municipios de la provincia comprendidos así San Andrés, Guaca, Cerrito, Concepción, Molagavita, Málaga, Carcasi, Macaravita, Enciso, San Miguel y San José de Miranda.



**Foto No 13. BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME
(MUNICIPIO DE MÁLAGA)**

Tabla No 17. Bosque Denso Alto de Tierra Firme

BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME	
MUNICIPIO	AREA Km²
CARCASI	26,1861
CERRITO	12,3123
CONCEPCION	36,9892
ENCISO	1,0842
GUACA	90,8225
MACARAVITA	17,1114
MALAGA	1,7322
MOLAGAVITA	13,5844
SAN ANDRES	90,8225
SAN JOSE DE MIRANDA	0,1515
SAN MIGUEL	12,6764
Total Área	303,4732

(3.1.3) Bosque fragmentado: Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en manchas dispersas de bosque. Está presente en los municipios de Guaca, Cerrito y Concepción.



**Foto No 14. BOSQUE FRAGMENTADO
(MUNICIPIO DE GUACA)**

Tabla No 18. Bosque Fragmentado

BOSQUE FRAGMENTADO	
MUNICIPIO	AREA Km²
CERRITO	12,2216
CONCEPCION	0,1049
GUACA	1,2006
Total Área	13,5272

(3.1.4) Bosque de Galería y Ripario: Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Está presente en los Municipios de Guaca, Concepción, San Andrés, Málaga, Enciso y Molagavita.



**Foto No 15. BOSQUE DE GALERÍA Y RIPARIO
(MUNICIPIO DE MÁLAGA)**

Tabla No 19. Bosque de Galería y Ripario

BOSQUE DE GALERIA Y RIPARIO	
MUNICIPIO	AREA Km²
CONCEPCION	1,8129
ENCISO	0,9970
MALAGA	0,2156
MOLAGAVITA	3,3720

GUACA	0,3265
SAN ANDRES	0,3265
Total Área	7,0508

(3.1.5) Plantaciones Forestales: Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. Está presente en el municipio de Cerrito, Concepción, Macaravita y Molagavita en un área pequeña y sin manejo forestal adecuado.



Tabla No 20. Plantaciones Forestales

PLANTACIONES FORESTALES	
MUNICIPIO	AREA Km²
CERRITO	0,3950
Total Área	0,3950

(3.2.1.1.1) Herbazal Denso de tierra firme no arbolado: Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, está presente en los 12 municipios de la provincia en áreas dispersas.



Foto No 17. HERBAZAL DENSO DE TIERRA FIRME NO ARBOLADO.
(MUNICIPIO DEL CAPITANEJO)

Tabla No 21. Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado

HERBAZAL DENSO DE TIERRA FIRME NO ARBOLADO	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CAPITANEJO	41,0843
CARCASI	51,0358
CERRITO	134,5571
CONCEPCION	31,0271
ENCISO	6,6911
GUACA	69,7679
MACARAVITA	17,1722
MALAGA	2,2605
MOLAGAVITA	24,3973
SAN ANDRES	69,7679
SAN JOSE DE MIRANDA	16,6371
SAN MIGUEL	3,4693
Total Área	467,8682

(3.2.1.2.1) Herbazal Abierto Rocoso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos y sistemas rocosos, presente en el municipio de Molagavita.

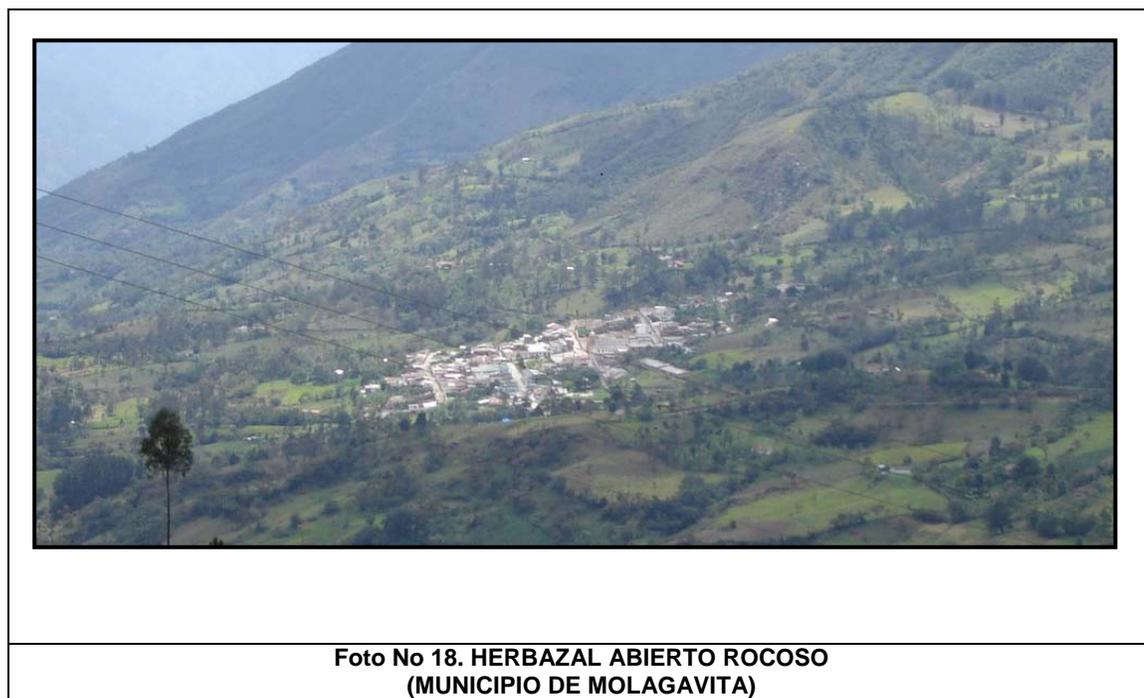


Tabla No 22. Herbazal Abierto Rocoso

HERBAZAL ABIERTO ROCOSO	
MUNICIPIO	AREA Km²
MOLAGAVITA	13,3493
Total Área	13,3493

(3.2.2.1) Arbustal Denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular presente en los 12 municipios de la provincia.

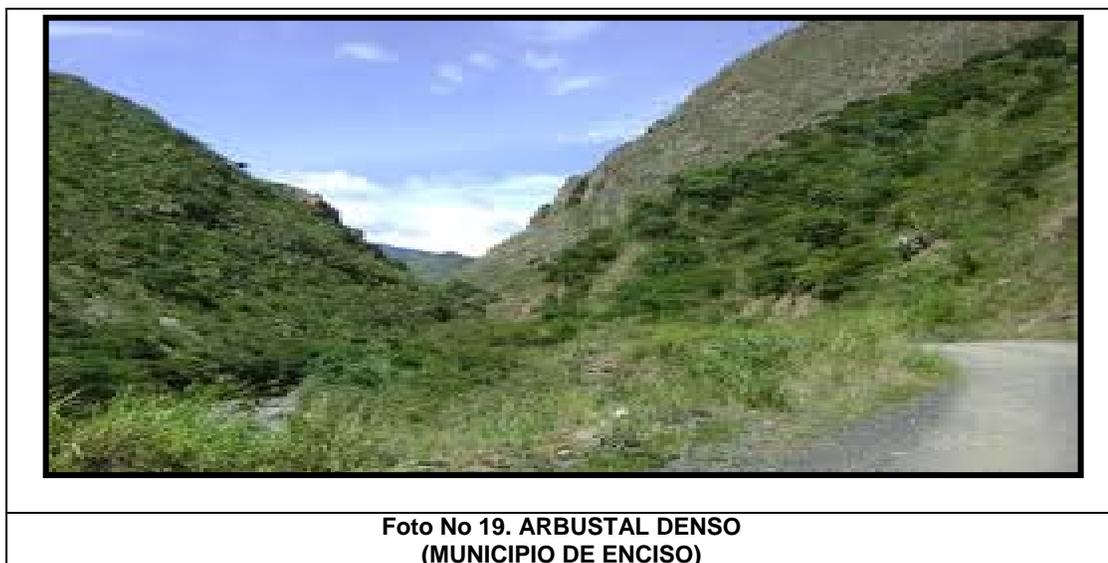


Tabla No 23. Arbustal Denso

ARBUSTAL DENSO	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	2,6069
CARCASI	19,5873
CERRITO	6,3362
CONCEPCION	12,1307
ENCISO	8,7192
GUACA	7,6751
MACARAVITA	2,4607
MALAGA	0,5412
MOLAGAVITA	21,6107
SAN ANDRES	7,6751
SAN JOSE DE MIRANDA	2,0845
SAN MIGUEL	4,0959
Total Área	95,5241

(3.2.2.2) Arbustal Abierto: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, presente en los municipios de Capitanejo, Cerrito, Concepción, Enciso, San José de Miranda, Macaravita y Capitanejo.



Foto No 20. ARBUSTAL ABIERTO
(MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA)

Tabla No 24. Arbustal Abierto

ARBUSTAL ABIERTO	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CAPITANEJO	1,3062
CERRITO	9,7148
CONCEPCION	7,1654
ENCISO	2,2974
MACARAVITA	7,7606
SAN JOSE DE MIRANDA	0,4122
Total Área	28,6568

(3.2.3) Vegetación Secundaria o en Transición. Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, está presente en los municipios de Cerrito y San Miguel.



Foto No 21. VEGETACIÓN SECUNDARIA O EN TRANSICIÓN
(MUNICIPIO DE CERRITO)

Tabla No 25. Vegetación Secundaria o en transición

VEGETACION SECUNDARIA O EN TRANSICION	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CERRITO	76,5999
SAN MIGUEL	0,2982
Total Área	76,8981

(3.3.3) Tierras Desnudas y Degradadas: Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, presente en los municipios de Capitanejo y Molagavita.



Foto No 22. TIERRAS DESNUDAS O DEGRADADAS
(MUNICIPIO DE CAPITANEJO)

Tabla No 26. Tierras Desnudas o Degradadas

TIERRAS DESNUDAS O DEGRADADAS	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CAPITANEJO	1,1274
MOLAGAVITA	1,7290
Total Área	2,8564

(5) SUPERFICIES DE AGUA

Son Los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente.

(5.1.1) Ríos: Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, está presente en los municipios de Capitanejo, Cerrito, Concepción, Enciso, Málaga, Molagavita y San José de Miranda.

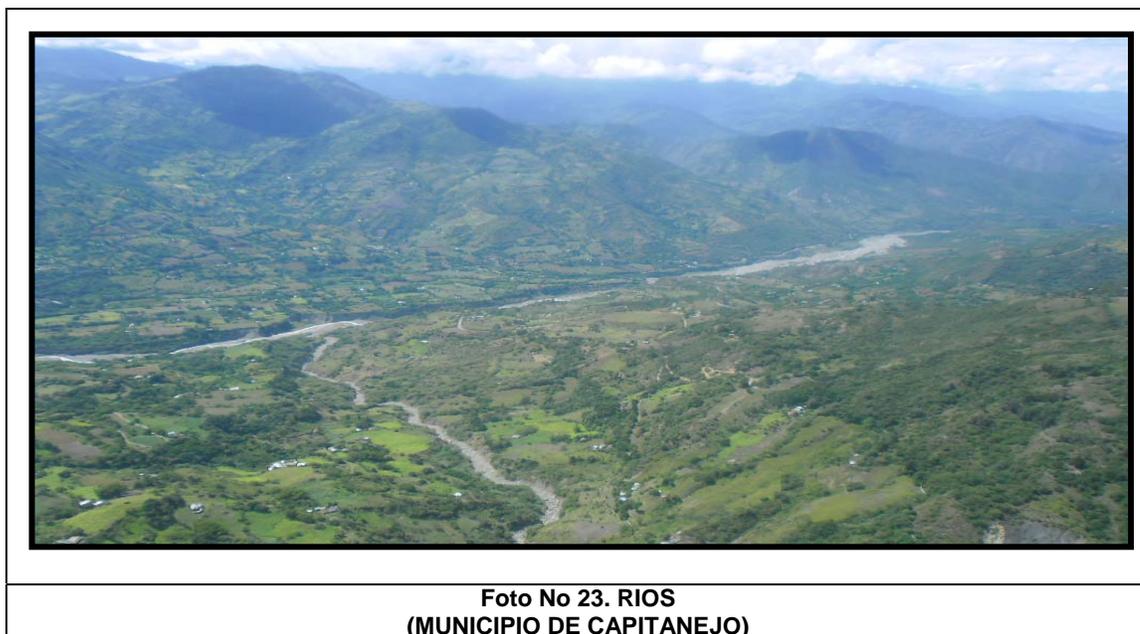


Tabla No 27. Cuerpos de Agua, Ríos y Quebradas

CUERPOS DE AGUA (RIOS, QUEBRADAS)	
MUNICIPIO	AREA Km²
CAPITANEJO	0,4603
CERRITO	0,9664
CONCEPCION	1,8818
ENCISO	0,0072
MALAGA	0,0971
MOLAGAVITA	1,2555
SAN JOSE DE MIRANDA	0,1866
Total Área	4,8552

(5.1.2) Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales: Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. Presentes en los municipios de Cerrito, Concepción Guaca y San Andrés.



Foto No 24. LAGUNAS, LAGOS Y CIENEGAS ARTIFICIALES
(LAGUNA DE ORTICES – SAN ANDRÉS)

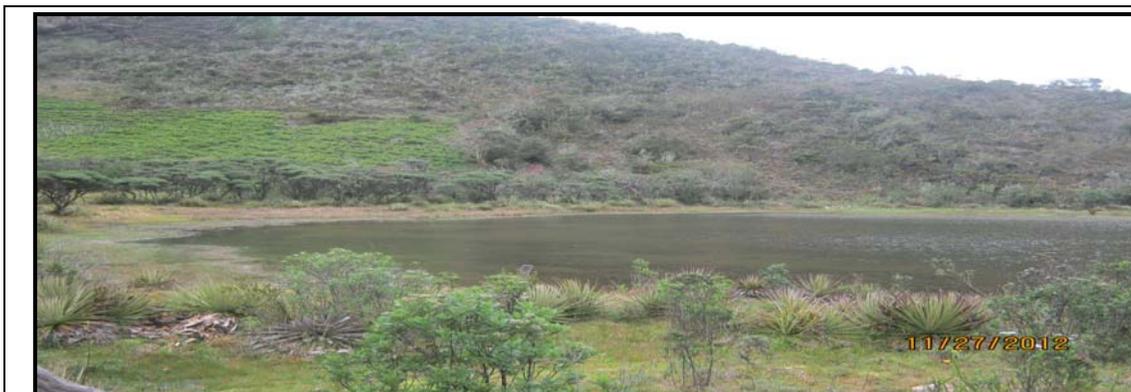


Foto No 25. LAGUNAS, LAGOS Y CIENEGAS ARTIFICIALES
(LAGUNA EL SALADO – CERRITO)

Tabla No 28. Lagunas Lagos y Ciénegas Naturales

LAGUNAS, LAGOS Y CIENAGAS NATURALES	
MUNICIPIO	AREA Km ²
CARCASI	0,0736
CERRITO	2,1476
GUACA	0,1125
SAN ANDRES	0,1125
Total Área	2,4463

(5.1.4) Cuerpos de Agua Artificiales: Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua, riegos y con o fines turísticos y recreativos. Presente en el municipio de Málaga.



Foto No 26. CUERPOS DE AGUA ARTIFICIAL
(EMBALSE -MÁLAGA)

Tabla No 29. Cuerpos de Aguas Artificiales

CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	
MUNICIPIO	AREA Km²
MALAGA	0,0238
Total Área	0,0238

4. CONCLUSIONES

En base a la información dada en el producto mapa se define como una herramienta básica en el ordenamiento territorial de los municipios. Esta información es de importancia para las alcaldías municipales para el monitoreo y control de los territorios.

Se utilizó una imagen de sensores remotos llamada SPOT dicha imagen tiene una alta resolución y es utilizada para grandes extensiones de tierra.

La imagen del satélite SPOT 2008 y su adquisición por medio de la universidad o entidades de educación geográfica para su manejo hace que sea una herramienta de confiabilidad y seguridad para estos trabajos de investigación.

Con base en la información Secundaria (Cartografía básica) que se adquirió para este estudio, y con los aportes que se han generado en el mismo, refiriendo a la interpretación de la imagen spot, que reflejaron de manera descriptiva los resultados obtenidos a través de los procedimientos y cálculos que se realizaron.

El mapa es un medio de comunicación, abstracción de la realidad que se utiliza para almacenar, analizar y comunicar información sobre la localización, atributos e intervenciones de los fenómenos físicos que se distribuyen sobre la superficie terrestre.

Los resultados obtenidos muestran la mayor del área con la cobertura 321111 (Herbazal denso de Tierra firme no arbolado), presente en los 12 municipios de la provincia. .

La verificación de la interpretación (autocontrol) basado en la revisión de puntos situados aleatoriamente sobre la imagen, arroja valores de coberturas que se sitúan entre el 85 y el 90% de acierto dentro de la leyenda española Corine Land Cover utilizada.

Mediante observaciones realizadas en campo y la adquirida en el procesamiento de la imagen se determinó la clase de coberturas en los diferentes municipios de la Provincia de García Rovira es la expansión agrícola y ganadera.

La leyenda Land Cover del programa Corine se adaptó sin problemas a la zona de estudio debido al grado de generalización en la definición de la imagen en cada una de las coberturas presentes.

El resultado final de la interpretación del mapa ha sido la caracterización del territorio en base a unas categorías de calidad de coberturas. Dicha categorización es una útil herramienta en los cambios de uso de la tierra y bases para el ordenamiento ambiental y territorial.

5. RECOMENDACIONES

La confiabilidad en el producto mapa se debe a la alta resolución de la imagen, al buen trabajo de campo y oficina llevando este trabajo a una certeza de más del 95% haciendo este como punto de partida para futuros trabajos de caracterización y cambios en las coberturas.

En cuanto a bosques se refiere el que predomina en la provincia de García Rovira es el bosque de Roble (*Quercus humboldtii*) especie nativa y el cual se ha considerado como veda, por ende es importante tener las estadísticas en cuanto a esta especie forestal se refiere y que mejor que las encontradas en el presente trabajo.

En el presente trabajo se utilizó una imagen (SPOT) 2008, esto debido a que es recomendada para grandes extensiones de tierra, además de ser imágenes con un alta resolución para la creación de mapas temáticos y/o de coberturas de tal manera que las coberturas interpretada posean una codificación estándar por lo menos en los niveles I y II a nivel local, Regional, Nacional y Mundial

La creación de este tipo de proyectos genera múltiples beneficios, entre ellos está la creación de un análisis multitemporal de la zona, evaluación de impactos ambientales, alteración de los ecosistemas, cuantificación de áreas por coberturas, entre otros, lo anterior sería posible si se actualizara la base de datos de la zona dentro de unos 5 a 10 años, para evaluar los cambios que se presenten en el transcurso del tiempo.

Este tipo de identificación puede llegar a presentar dificultades en el momento de separar las cubiertas vegetales, cuando estas presentan características similares en la imagen en cuanto tonalidad y textura se refiere , para esto se aconseja

utilizar el índice de vegetación normalizada el cual facilita y garantiza una separabilidad optima de las diferentes coberturas vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

ANAYA, J. and DUQUE, R. "Análisis de textura en imágenes de satélite en el ámbito de la biodiversidad y la estructura en un bosque de los Andes Colombianos," En: Gestión y Ambiente, 2008, vol. 3, p. 137-146.

BRANDT TSO. and PAUL M. Classification Methods for Remotely Sensed Data. 2 ed. New York. CRC press, 2009. 376 p.

CAMPBELL, James B. and WYNNE. Randolph H. Introduction to Remote Rensing. 5 ed. New York. Guilford press, 2011. 667 p.

CHUVIECO, Emilio. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3 ed. Ediciones Rialp S.A Madrid 1996. 93 p.

FAO. Situación de los bosques del mundo 2011. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Roma (Italia) (disponible también en <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf>). 176 p.

IGAC, IDEAM, Leyenda Nacional de Coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales. 2010. 72 p.

PERDIGÃO, V. and ANNONI, A. Technical and methodological guide for updating CORINE Land Cover database., Luxembourg: Joint Research Centre (JRC) and European Environment Agency (EEA), 1997. 121 p.

RIAÑO, Orlando M. Consideraciones y métodos para la detección de cambios empleando imágenes de satélite en el municipio de Paipa. Bogota: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2002. vol 7, no. 15, p. 41-62.