

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA LA REFORESTACIÓN DEL  
BOSQUE SECO TROPICAL EN CÓRDOBA - COLOMBIA POR MEDIO DE UN  
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO**

**JUAN CAMILO OSPINO CONTRERAS  
ÁLVARO DARÍO RAMOS TIRADO**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2017**

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA LA REFORESTACIÓN DEL  
BOSQUE SECO TROPICAL EN CÓRDOBA - COLOMBIA POR MEDIO DE UN  
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO**

**JUAN CAMILO OSPINO CONTRERAS  
ÁLVARO DARÍO RAMOS TIRADO**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar  
el título de Especialista en Sistemas Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia a nuestras familias por habernos apoyado en este camino de estudio y en esta etapa de nuestras vidas.

A los compañeros de trabajo de la empresa PROSKJET OG FORK por el tiempo cedido para poder asistir y culminar con éxito el proceso académico.

A la Universidad de Manizales y docentes de la especialización por la entrega, disposición y conocimientos brindados.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. MARCO TEÓRICO	21
4.1 ASPECTO AMBIENTAL	21
4.1.1 Bosque Seco Tropical (Bs-T)	21
4.1.2 Conservación Ambiental	21
4.1.3 Áreas Protegidas	21
4.1.4 Plantaciones Forestales	21
4.2 PÉRDIDA Y FRAGMENTACIÓN DE BOSQUE SECO TROPICAL	22
4.2.1 Fragmentación del Bosque	22
4.2.2 Pérdida de Bosque	22
4.2.3 Parche de Bosque	22
4.2.4 Efecto de Borde	23
4.2.5 Cobertura y Uso del Suelo	23
4.3 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	23
4.3.1 Percepción Remota o Teledetección	23
4.3.2 Landsat	23
4.3.3 Clasificación Digital	24
4.3.4 Clasificación Supervisada	24
4.3.5 Clasificación de Máxima Probabilidad	24
4.3.6 Calibración Radiométrica y Corrección Atmosférica	24
4.3.7 Índice de Diversidad de Patton (SI)	25
4.4 ANTECEDENTES	25
4.4.1 Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la	

conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia, elaborado por Echeverry y Rodríguez (2006)	25
4.4.2 Evaluación de la pérdida de la cobertura del bosque seco chaqueño en el municipio de Torotoro y en el parque nacional Torotoro (Potosí, Bolivia), mediante teledetección, elaborado por Fortunél (2007)	27
4.4.3 Uso de sistemas de información geográfica para la determinación de rodales semilleros y su área de influencia para reforestación, elaborado por Buendía, Flores, Magaña, Pineda, Carrillo y Acosta (2010)	28
4.4.4 Utilización de herramientas de SIG para la identificación de caracterización de zonas críticas para la restauración ecológica de riberas de la cuenca del Rio Piraí, elaborado por María René Arias Paccieri (2013)	30
5. METODOLOGÍA	32
5.1 TIPO DE TRABAJO	32
5.2 PROCEDIMIENTO	32
5.2.1 Fase 1. Recopilación y síntesis de la información	32
5.2.2 Fase 2. Tratamiento digital de imágenes	33
5.2.3 Fase 3. Cambios de uso y cobertura	35
5.2.4 Fase 4. Identificación de las zonas para la reforestación y conservación	36
5.2.5 Fase 5. Creación de aplicación	36
6. RESULTADOS	37
6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	37
6.1.1 Área de estudio	37
6.1.2 Usos y coberturas	37
6.1.3 Bosque Seco Tropical	41
6.1.4 Áreas aptas para la reforestación	45
6.1.5 Aplicación en Story Maps	48
6.2 DISCUSIÓN E RESULTADOS	49
6.2.1 Usos y coberturas	49
6.2.2 Bosque Seco Tropical	50
6.2.3 Áreas aptas para la reforestación	54
7. CONCLUSIONES	57

8. RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Proceso metodológico	34
Figura 2. Área de estudio	38
Figura 3. Usos y coberturas	40
Figura 4. Distribución espacial del Bosque Seco Tropical	44
Figura 5: Áreas aptas para la reforestación	47
Figura 6: Porcentaje de pérdida a nivel municipal del Bosque Seco Tropical 1985 - 2016	52

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Imágenes Landsat 8 del área de estudio	33
Tabla 2. Área de los usos y coberturas para el 2016	37
Tabla 3. Características del Bosque Seco Tropical	41
Tabla 4: Índice de diversidad de Patton	42
Tabla 5. Distribución de los grupos de forma del SI	43
Tabla 6. Áreas aptas según tipo de fragmentación	46
Tabla 7. Coberturas que han reemplazado el Bosque Seco Tropical 1985 - 2016	53



## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Comparación de los usos y coberturas 1985 - 2016	50
Cuadro 2: Comparación del ecosistema de Bosque Seco Tropical 1985 - 2016	51

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Sítios visitados	66
ANEXO A. Modelo cartográfico	69
ANEXO B. Áreas aptas por municipio	70
ANEXO C. Perdida a nivel municipal del Bosque Seco Tropical 1985 - 2016	71

## GLOSARIO

**Bosque:** Se denomina bosque a una extensión de territorio que se caracteriza por estar ampliamente cubierta por árboles. Pueden estar constituidos por distintas variedades de árboles o por un tipo predominante de modo casi exclusivo. Los bosques son refugio de numerosas vida animal y tienen algunas características que los hacen útiles para el hombre, ya que sirven como fuente de algunas materias primas y como medio de conservación de los suelos contra la erosión.

**Fragmentación:** La fragmentación es el proceso de división de un hábitat continuo en secciones. Un hábitat es el ambiente que ocupa una población y puede ser un bosque, un arroyo, las dunas de arena, un charco. Los fragmentos resultantes difieren del hábitat original en ser de menor tamaño, en estar aislados en mayor o menor grado, y en tener efectos de borde.

**Paisaje:** Un paisaje es la extensión de un terreno que se observa desde un determinado lugar y que estará conformado por las características naturales del entorno en cuestión como así mismo por la intervención del ser humano sobre el mismo, construcciones, daños ambientales, entre otras.

**Matriz:** Es el elemento del paisaje más abundante que se encuentra en un paisaje definido.

**Parche:** Son las unidades del paisaje más que se encuentran rodeadas por la matriz paisajística.

**Efecto de borde:** Los efectos de borde son las diferencias que percibimos, por ejemplo en las orillas de los bosques. Ahí hay cambios en la composición, estructura y función de una franja cercana al borde debido a que el microclima

(viento, temperatura y humedad) es distinto. Estas diferencias ocasionan cambios de abundancia en las especies y en sus relaciones ecológicas

**Pastizales:** Los herbazales o pastizales son aquellos ecosistemas donde predomina la vegetación herbácea. Estos ecosistemas pueden ser de origen natural constituyendo extensos biomas, o ser producto de la intervención humana con fines de la crianza de ganado o recreación.

**Reforestación:** Este proceso consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos, cuidándolos para que se desarrollen adecuadamente y puedan regenerar un bosque.

**Agrícola:** Hace referencia a todas las actividades relacionadas con la actividad de cultivar la tierra, la obtención de los alimentos y su distribución. La agricultura ha representado durante mucho tiempo una actividad importante en el desarrollo de las civilizaciones.

**Satélite:** Se hace referencia a aquellos elementos que orbitan de manera natural o artificial alrededor de un cuerpo celeste y que pueden tener diferentes funciones u objetivos de acuerdo a su procedencia.

**SIG:** Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de *hardware*, *software* y *datos geográficos* diseñada 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 de gestión.

**Leyenda:** Listado ordenado y estructurado de las relaciones símbolo/valor para las variables representadas en un mapa, la leyenda debe permitir interpretar los significados de los recursos gráficos usados en el mapa.

**Modelo:** Representación simplificada de un objeto o proceso en la que se representan algunas de sus propiedades, un modelo reproduce solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda, por tanto, representado por otro objeto o sistema de menor complejidad; los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real.

**Proyección:** Conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano. Existe un gran número de proyecciones, cada una de las cuales posee propiedades diferentes en cuanto a las métricas del objeto real y de su representación plana; por ejemplo, en una proyección conforme se conservan los ángulos (los paralelos y meridianos se cortan en ángulo recto) y en una equivalente se conservan las superficies.

## RESUMEN

El Bosque Seco Tropical (Bs - T) es una formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y se constituye como uno de los ecosistemas más degradados, fragmentados y desconocidos. Este estudio tiene como objetivo principal la implementación de un Sistema de Información Geográfico para la identificación de áreas aptas para la reforestación en el departamento de Córdoba - Colombia; en segunda medida conocer la estimación de la cobertura del bosque actual, por medio de una clasificación supervisada en imágenes satelitales Landsat 8, con la finalidad determinar la pérdida y fragmentación al paso de los años e identificar los usos y coberturas que han reemplazado este ecosistema. Para tal efecto, se estimó que para el 2016 la cobertura de bosque es de 19.648,2 ha, se presentó un índice de diversidad de Patton promedio de 1,26, una tasa de deforestación de 2,75% y como principal causa de la transformación del bosque se encuentra la ampliación de la frontera agrícola. Con base en los criterios establecidos en la metodología y la exclusión de las áreas de bosque existente para el 2016 se estiman unas 117.045,15 ha aptas para la reforestación.

**PALABRAS CLAVES:** Fragmentación, Pérdida, Parche de bosque, Conservación, Reforestación, Clasificación Supervisada.

## ABSTRACT

The Tropical Dry Forest (Bs - T) is a vegetation formation that presents a continuous forest cover and constitutes one of the most degraded, fragmented and unknown ecosystems. This study has as main objective the implementation of a Geographic Information System for the identification of areas suitable for reforestation in the department of Córdoba - Colombia; In second measure to know the estimation of the current forest cover, by means of a supervised classification in Landsat 8 satellite images, in order to determine the loss and fragmentation over the years and to identify the uses and coverages that have replaced this ecosystem. For this purpose, it was estimated that by 2016 forest cover is 19,648.2 ha, an average Patton diversity index of 1.26, a deforestation rate of 2.75% and as the main cause of Transformation of the forest is the extension of the agricultural frontier. Based on the criteria established in the methodology and the exclusion of existing forest areas for 2016, an estimated 117,045.15 hectares are suitable for reforestation.

**KEY WORDS:** Fragmentation, Loss, Forest Patch, Conservation, Reforestation, Supervised Classification.

## INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical (bs-T) se define como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre los 0 - 1000 m de altitud; presenta temperaturas superiores a los 24°C (piso térmico cálido) y precipitaciones entre los 700 y 2.000 mm anuales, con uno o dos periodos secos al año (Espinal 1985). En Colombia la cobertura de bosque seco tropical ha disminuido significativamente, se estima que queda el 1.5 % de la cobertura original equivalente a 8´146.000 (IAVH 1998) y correspondiente al 7,3 % del territorio nacional (Montes 2006).

En función a las características climáticas, meteorológicas, altitudinales y la fertilidad del suelo en que se encuentra el bosque seco tropical, en Colombia la mayoría de las áreas de intenso uso ganadero y agrícola, como es el caso de la región Caribe y los valles interandinos (Cauca y Magdalena), se encuentran en áreas de bosque seco (IAVH 1998). Además, toda la cobertura desaparecida de bosques ha sido reemplazada por zonas de pastos, campos agrícolas y asentamientos humanos (Montes 2006).

La actividad antrópica es el proceso que ha degradado mayormente este ecosistema y así limitando los múltiples beneficios que representa en el medio ambiente. Teniendo en cuenta la situación que presenta esta cobertura, este estudio se realiza con la finalidad de encontrar áreas aptas para la reforestación mediante la realización de un Sistema de Información Geográfico en el cual se busca las zonas más apropiadas para reforestar y a su vez, la estimación del área cubierta por bosque seco tropical y la identificación de los parches existentes para dar prioridad a las zonas más afectadas y contrarrestar la conversión de coberturas a raíz de la actividad antrópica y por consiguiente la ampliación de la frontera agrícola.



## 1. ÁREA PROBLEMÁTICA

El Bosque Seco Tropical es un ecosistema que ha sido deteriorado a nivel mundial, nacional y local (Carvajal & Urbina, 2008). En el mundo, este ecosistema está distribuido en el Centro de América del Sur, el suroeste de África y partes del suroeste de Asia. Actualmente estos ecosistemas están sometidos a la fragmentación de los hábitats, especialmente por la expansión de áreas para cultivos y ganadería (Figuroa 2011). La interacción de diferentes actores en un entorno geográfico condiciona la forma y características de esta cobertura boscosa.

Este ecosistema es considerado como uno de los tres más degradados, fragmentados y menos conocidos (Echeverry & Rodríguez, 2006). En Colombia hace más de un siglo, los bosques estaban conservados, pero a medida que la población se incrementó, la intervención humana sobre las coberturas vegetales boscosas aumento, para adecuar terrenos para la ganadería y la agricultura, empezó a ser significativa (Montes 2006). La deforestación ha condicionado toda una actividad continua de extinción del bosque seco tropical; atrofiando todo un ecosistema que determina el hábitat de múltiples especies de fauna y flora.

Los elementos geográficos han direccionado un cambio sin precedente para la permanencia de un hábitat. En Colombia el Bosque Seco Tropical se distribuía originalmente en las regiones de la llanura Caribe y valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca entre los 0 y 1000 m de altitud y en jurisdicción de los departamentos del Valle del Cauca, Tolima, Huila, Cundinamarca, Antioquía, Sucre, Bolívar, Cesar, Magdalena, Atlántico y sur de la Guajira (IAVH, 1998), sin embargo, esta estructura se ha visto afectada por la actividad antrópica.

En función a la afectación de la actividad ejercida por la población, se conservan datos que reflejan solo 35.000 km<sup>2</sup> de bosque, Esa tendencia ha continuado hasta

el presente, de manera que en 2006 quedan unos 1.200 km<sup>2</sup> (Montes, 2006). La crítica situación prolongada en Colombia ha sido permisiva, para que el fenómeno de la pérdida y/o fragmentación de un ecosistema siga en crecimiento constante y sin subsanar sosteniblemente las precarias condiciones que en la actualidad se evidencian.

A nivel regional, las condiciones del bosque no son diferentes, en el Caribe Colombiano éstos han sido profundamente modificados con una deforestación extensiva que ha llegado casi al 100%, lo que ha implicado que desde el siglo XIX se transformen en grandes zonas de pastos (CORPOCESAR, 2008). Desde que comenzó la agricultura en Córdoba, los bosques han perdido su importancia; por tanto en la medida que se va generando una ampliación en la frontera agrícola y deforestando para tal fin, se dirige al departamento a un cambio de ecosistema reemplazado para el uso agropecuario.

En Córdoba los bosques en el 1985 - 1986 tenían un área total de 134.354,84ha, se presentaron 27.176 parches de bosque; para el periodo 1999 - 2000 - 2001 tenían un área total de 65.885,13 se presentaron 17.421 parches y para el 2013 tenían un área total de 19.826,57 ha, se presentaron 11.153 parches (Ospino y Ramos, 2014). Estos datos representan el estado actual de este ecosistema, y la necesidad de tomar decisiones para restablecer las condiciones naturales y la dinámica del medio ambiente.

En este sentido, debido a la ocurrencia de un fenómeno a causa de la actividad antrópica; es primordial su inclusión a las necesidades actuales del departamento de Córdoba, de tal manera de poder estimar la extensión y ubicación de los parches de bosque que aún se encuentran para el año 2016 y a su vez identificar zonas aptas para la reforestación del ecosistema, con el fin de reducir la acción de los efectos antrópicos que se han venido generando en el departamento y así generar una matriz del paisaje favorable ambientalmente para el ecosistema.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un Sistema de Información Geográfico para la identificación de áreas aptas para la reforestación en el departamento de Córdoba – Colombia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar la extensión y fragmentación del Bosque Seco Tropical en Córdoba para el año 2016.
- Determinar el cambio de uso y cobertura que reemplazó el bosque seco tropical.
- Identificar áreas aptas para la reforestación del ecosistema de bosque seco tropical en Córdoba.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La pérdida y/o fragmentación del Bosque Seco Tropical en Córdoba conlleva la pérdida de biodiversidad y la transformación del paisaje a causa de la actividad antrópica, bien sea por expansión de frontera agrícola, deforestación para extracción de madera o casos más particulares.

Aunque el departamento de Córdoba cuente con condiciones apropiadas para la agricultura y ganadería, debe existir un control entre las zonas utilizadas para tal fin y el hábitat para el ecosistema de bosque.

Los diferentes usos y coberturas que han reemplazado el bosque seco tropical no generan los mismo beneficios, ni en el menor de los caso su grado de importancia ambiental. Los bosques secos aportan beneficios como la obtención de maderas, materiales de construcción, hábitat para especies, suministros de alimentos para hombre, entre otros. A su vez, este ecosistema presenta un valor agregado por servir para la captación y almacenamiento de dióxido de carbono para la amortiguación del cambio climático global, producción de oxígeno, protección de los suelos contra la erosión y el desecamiento, entre otros (Montes, 2006).

La reforestación en Córdoba se ha convertido en una necesidad por recuperar un hábitat perdido entre campos despejados de árboles, donde se emplaza la agricultura y ganadería; por consiguiente es importante entender la trascendencia de la pérdida ambiental y por otro lado identificar zonas aptas para a reforestación del bosque seco.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ASPECTO AMBIENTAL

**4.1.1 Bosque Seco Tropical (Bs-T).** Se define como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre los 0 - 1000 m de altitud; presenta temperaturas superiores a los 24°C (piso térmico cálido) y precipitaciones entre los 700 y 2.000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año (Espinal 1985).

**4.1.2 Conservación Ambiental.** Conservación ambiental, conservación de las especies, conservación de la naturaleza o protección de la naturaleza son algunos de los nombres con que se conocen las distintas formas de proteger y preservar para el futuro la naturaleza, el medio ambiente, o específicamente alguna de sus partes: la flora y la fauna, las distintas especies, los distintos ecosistemas, los valores paisajísticos, etc (IAVH 2011).

**4.1.3 Áreas Protegidas.** El área protegida se entiende como un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (ONU 1992).

**4.1.4 Plantaciones Forestales.** Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras) (IDEAM 2010).

## **4.2 PÉRDIDA Y FRAGMENTACIÓN DE BOSQUE SECO TROPICAL**

**4.2.1 Fragmentación de Bosque.** La fragmentación de bosques se refiere a los disturbios causados por la actividad humana intensiva que provocan la reducción del hábitat natural formando paisajes de parches (fragmentos), remanentes rodeados por una matriz de ecosistemas perturbados con estructura y composición diferentes. A menudo el único hábitat disponible y única fuente de recursos para especies de flora y fauna asociadas a los ecosistemas naturales originales son los diferentes tipos de fragmentos de bosque distribuidos en el mosaico del paisaje fragmentado, aunque los agro-ecosistemas de la matriz también pueden contribuir a mantener la biodiversidad en el paisaje productivos (Montes 2006).

**4.2.2 Pérdida de Bosque.** Es el proceso por el cual el hábitat natural es transformado en un hábitat incapaz de mantener a las especies originarias del mismo. Estas condiciones varían no sólo por las características físicas sino también por la acción de los seres vivos y sus relaciones (Bustamante y Grez, 1995).

**4.2.3 Parche de Bosque.** Son áreas de bosque relativamente homogéneas internamente con respecto a la estructura y a la edad vegetativa. Los parches son diferentes a la matriz que las rodea. Algunos ejemplos de parches son los claros de los paisajes forestados, las tierras pantanosas, las áreas de pastizales y los lugares rocosos. En un paisaje más complejo, donde aparentemente no existe una matriz que conecte, los lugares más forestados se pueden considerar como parcelas individuales, separadas generalmente por las barreras constituidas por áreas urbanizadas (Bustamante y Grez, 1995).

**4.2.4 Efecto de Borde.** Son zonas de contacto entre dos comunidades estructuralmente diferentes, las que pueden ser un bosque y un campo de trigo, un bosque y una plantación, etc. El límite del bosque (o borde), se ha reconocido empíricamente como el lugar donde comienzan los árboles, sin embargo para los ecólogos la percepción del borde ha dependido del concepto mismo de comunidad vegetal (Willians 1991)

**4.2.5 Cobertura y Usos del Suelo.** La cobertura comprende todo lo que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema y los usos son las actividades creadas y definidas por el hombre en busca de satisfacer sus necesidades. En este estudio se definen los usos y coberturas con base en la leyenda CORINE Land Cover (POT 2009).

### **4.3 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES**

**4.3.1 Percepción Remota o Teledetección.** La percepción remota se define como el grupo de técnicas para la obtención de información confiable sobre las propiedades físicas de ciertas superficies u objetos y su entorno, desde distancias relativamente grandes, sin contacto físico con ellos (CICEANA 2005).

**4.3.2 Landsat.** Fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Inicialmente se le llamó ERTS-1 y posteriormente los restantes recibieron el nombre de LANDSAT. La constelación LANDSAT está formada por 7 satélites que provenían, tanto conceptual como estructuralmente, de los satélites para fines meteorológicos Nimbus. Llevaron a bordo diferentes instrumentos, siempre con la filosofía de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales (INEGI 2006).

**4.3.3 Clasificación Digital.** La clasificación digital es un proceso de generalización temática que, mediante categorización, convierte la información cuantitativa de una imagen en una información cualitativa (Pinilla 2010).

**4.3.4 Clasificación Supervisada.** Este tipo de clasificación cuenta con un conocimiento a priori, es decir para la tarea de clasificar un objeto dentro de una categoría o clase contamos con modelos ya clasificados (objetos agrupados que tienen características comunes). Se pueden diferenciar dos fases: la primera fase tenemos un conjunto de entrenamiento o de aprendizaje (para el diseño del clasificador) y otro llamado de test o de validación (para clasificación), estos nos servirán para construir un modelo o regla general para la clasificación y en la segunda fase es el proceso en sí de clasificar los objetos o muestras de las que se desconoce la clase a las que pertenecen (Fierro 2008).

**4.3.5 Clasificación de Máxima Probabilidad.** El clasificador de máxima probabilidad asume que los datos siguen una función de distribución normal para asignar la probabilidad de que un pixel cualquiera pertenezca a cada una de las clases. El pixel se asigna de este modo a la clase a la que es más probable que pertenezca (SELPER 2007).

**4.3.6 Calibración Radiométrica y Corrección Atmosférica.** Este proceso permite convertir la información de la imagen original de cada pixel, de Niveles Digitales ND a niveles de Radianza captada por el sensor en el tope de la atmosfera, es decir, sin los efectos de la misma, lo que permite disminuir los efectos de dispersión y absorción causados por la presencia de partículas en la atmosfera. Adicionalmente, se busca remover el efecto de los diferentes ángulos de incidencia de la energía solar y de la distancia Tierra - Sol, que se producen como consecuencia de las diferencias de tiempo de adquisición de las imágenes. También es conveniente su aplicación en el caso de utilizar imágenes de diferentes tipos de sensores, pues permite normalizar las diferencias de la



radiación solar causados por las diferencias de los rasgos espectrales entre las bandas de las imágenes (IDEAM 2010).

**4.3.7 Índice de Diversidad de Patton (SI).** Este índice es una medida que indica las formas de los parches. Cuando el valor es 1, el polígono es circular y aumenta su valor conforme aumenta la complejidad de la forma del polígono. Los parches de bosque presentan formas muy irregulares y tienen el mayor valor de índice de forma dejando percibir el patrón histórico de la fragmentación y la agresividad de los usos del suelo adyacentes (Echeverry y Rodríguez 2006). Los índices de diversidad superiores a 2 reflejan formas amorfas (Lozano 2011). El índice de diversidad de Patton varía entre uno para un círculo perfecto e infinito para formas no circulares (Ulbrich; Rua; y Peña 2009).

#### **4.4 ANTECEDENTES**

**4.4.1 Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia, elaborado por Echeverry y Rodríguez (2006).**

El área de estudio corresponde a los bosques secos del valle geográfico del Río Cauca, que están ubicados en la zona central del Departamento de Risaralda. Esta investigación se basó en dos juegos de 6 fotografías aéreas, para 1986 y 1995, además de planchas topográficas.

Por medio de la fotointerpretación se identificaron diferentes tipos de vegetación o ecosistemas que posteriormente se corrigieron a partir de observación en el trabajo de campo. Para el escenario 1 y 2, en 1986 y 1995 respectivamente, se identificaron 3 categorías (bosques, sistemas agroforestales y áreas sin árboles) y 8 tipos de parches (bosque seco, bosque seco de galería, guadua, cítricos, pasto

con árboles, pastos, caña y lago). Con las fotografías aéreas fue elaborado un mosaico al que se le adicionaron capas temáticas como las curvas de nivel y la red hídrica para confirmar el estado del mosaico. Para el procesamiento de digitalización en SIG se utilizó el software ArcView 3.2, con el fin de caracterizar la estructura espacial del paisaje y su tipo de fragmentación.

La determinación del área y número de parches de diferentes tipos y categorías permitieron comparar los resultados de 1986 con 1995. El número de parches pasaron de 244 a 371 en 1995 debido especialmente a la ruptura en la continuidad del bosque de galería; por otra parte, en la zona los parches e mayor presencia fueron los pastos con árboles aislados y los pastos despejados. El bosque seco ha perdido hegemonía en función al área, y su forma es la más irregular de todos los parches encontrados, tanto para el bosque seco en terreno abierto como para bosque de galería, evidenciando un patrón de fragmentación continuo y aumento de la ruptura espacial.

Debido a la fragmentación de este paisaje ocasionado por los disturbios causados por las actividades agropecuarias; los autores de esta investigación plantean por medio de un programa “Proveer los lineamientos básicos necesarios para orientar el manejo del paisaje, el mantenimiento y optimización de los procesos ecológicos y la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco, aproximándose a una interacción equilibrada de los sistemas naturales y socioeconómicos presentes en el área de estudio”. Esto, con el fin de realizar un proceso piloto de restauración ecológica, con la ayuda de estrategias económicas y participación de la sociedad civil para respaldar los procesos ecológicos en el área de estudio.

#### **4.4.2 Evaluación de la pérdida de la cobertura del bosque seco chaqueño en el municipio de Torotoro y en el parque nacional Torotoro (Potosí, Bolivia), mediante teledetección, elaborado por Fortunél (2007).**

Este estudio evalúa la pérdida de la cobertura vegetal del bosque seco chaqueño del Parque Nacional Torotoro (Potosí, Bolivia) mediante teledetección. La investigación se basa en dos imágenes de satélite, (Landsat 5 TM de 1990 y una Landsat 7 ETM+ de 2001), y la aplicación del índice normalizado de vegetación y una clasificación supervisada, distinguiendo las categorías “bosque” y “matriz”. Las clasificaciones fueron ajustadas al perímetro del Parque Nacional y del Municipio en ArcView, convertidas a formato vectorial para obtener las métricas de paisaje como la forma o el área.

Los resultados muestran un incremento de 6,11 ha para el PNTT, pero una pérdida de 6.449 ha del bosque seco en el Municipio entre 1990 y 2001. A pesar de no encontrarse diferencias significativas en el área total, se observa una tendencia de reducción del área promedio del parche en 0,09 y un incremento del número de parches entre 1990 y 2001, para el PNTT los parches pasaron de 757 a 820 y para el bosque seco Chaqueño del municipio pasaron de 9.322 a 9.600 fragmentos. La fragmentación y pérdida del hábitat de bosque seco chaqueño en el PNTT, y en mayor escala, en el Municipio de Torotoro no son sólo problemas de conservación a nivel de la comunidad vegetal, sino también a nivel de la fauna que habita en estos bosques y que depende de los recursos que genera para sobrevivir.

Aunque la tasa anual de deforestación es relativamente baja (~2% anual), la fragmentación y pérdida gradual del hábitat boscoso son un factor de amenaza a largo plazo para la conservación de la biota asociada a este bosque.

#### **4.4.3 Uso de sistemas de información geográfica para la determinación de rodales semilleros y su área de influencia para reforestación, elaborado por Buendía, Flores, Magaña, Pineda, Carrillo y Acosta (2010).**

El objetivo de esta investigación es que mediante el uso de sistemas de información geográfica, identificar áreas productoras de semilla de calidad (rodales semilleros) como fuente de germoplasma para localidades con condiciones de sitio comparables, con necesidad de recuperar su cobertura forestal, esto realizado en el municipio de Texcoco y abarca los ejidos de San Pablo Ixayoc, Santa Catarina del Monte, Tequexquihuac y Coatlinchán; ubicado entre las coordenadas 19°30" y 19°22" latitud norte y 98°54" y 98°42" longitud oeste. El área cubre una superficie aproximada de 1.390 ha y una altitud que va de 2.400 hasta los 4.120 msnm. En este estudio se utilizó el programa ArcGIS© 9.0 para realizar la integración, edición, manejo, análisis e impresión de resultados. También, se ocupó el programa ERDAS© IMAGINE© 8.7 para procesar la imagen SPOT.

Para el estudio se utilizaron las cartas temáticas de vegetación y uso de suelo, edafología, geología y topografía, así como el modelo de elevación digital (MED), en escala 1:50,000. Se digitalizó la información de los mapas temáticos en papel como fueron: edafológico: con información del tipo de suelo, textura, fase física y suelo secundario; geológico: con datos sobre el tipo de roca y suelo; y uso de suelo y vegetación: tipo de vegetación y subtipo de vegetación. Una vez generada la información, se trabajó en formato vector, el cual permite aprovechar las ventajas de despliegue de polígonos, líneas y puntos; así como la flexibilidad de sobreposición de capas y su análisis. Con la información en un mismo formato, se depuró para crear la topología y se delimitó el área de estudio. Para la presente investigación se utilizaron 5 subcuencas de los ríos: Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, el Manzano y Coatepec.

Posterior a la generación de la bases de datos, se procedió a su análisis, dado que los elementos fisiográficos de grado de inclinación y orientación de las pendientes son determinantes en la distribución de los tipos de vegetación, se llevó a cabo una sobreposición de coberturas donde este análisis permitió definir patrones de distribución,

Para la definición del Rodal Semillero por medio de un SIG, se utilizó como criterio la base hidrológica - forestal, dentro de la cual se definen los rodales naturales, que son la manifestación de las condiciones macro ambientales y del sitio, en donde para desarrollar un rodal semillero se consideran unos factores los cuales son: Ubicación, Accesibilidad, Especie Dominante, Densidad, Estado de Salud, Identificación del Árbol Tipo, Reconocimiento Fenológico, Reconocimiento Fenotípico del Arbolado.

Posteriormente se utilizó el procedimiento *cluster* de SAS© (Statistical Analysis System), para generar un diagrama de árbol (dendrograma) el cual permite las agrupaciones de polígonos, según las características fisiográficas de la zona de estudio. Una vez definido los grupos, se empleó la subrutina *fastcluster* de SAS© con la cual se asignó una categoría a los rodales y se determinaron las áreas semilleras y la posibles zonas de influencia para reforestación.

El proceso generó 2.458 rodales dentro de la cuenca, los cuales fueron analizados por medio de un dendrograma de clasificación, resultado del análisis de conglomerado del software SAS©. Con este procedimiento se trazó una línea a una distancia entre clusters de 0.50, que sirvió para agrupar nueve diferentes grupos de acuerdo con varias condiciones en común, dadas por altitud, exposición, pendiente, etc. Se empleó un modelo regresivo para ver la confiabilidad de los resultados donde el coeficiente de determinación de la regresión generada por el modelo fue de  $R^2 = 0.82$  el cual es altamente confiable. Definidos los grupos fue posible determinar al rodal semillero. Para esta etapa, se

utilizaron imágenes del satélite SPOT y se seleccionaron los rodales que serán la fuente de semilla. Para lo anterior fue necesario realizar un índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) con el software ERDAS® IMAGINE® 8.5 y ArcGIS® 9.0 se ubicaron aquellos rodales de mayor vigor y de densidad suficiente, dando resultados que van desde 1.040 a 2.448 rodales todos por encima de las 10.000 hectáreas, dando buena expectativa puesto que el rodal debe ser mayor a 5 hectáreas.

#### **4.4.4 Utilización de herramientas de SIG para la identificación de caracterización de zonas críticas para la restauración ecológica de riberas de la cuenca del Rio Pirai, elaborado por María René Arias Paccieri (2013).**

El objetivo de esta investigación consistió en la Identificación de zonas prioritarias para la revegetación y restauración ambiental de las riberas de la cuenca del río Pirai, localizada en la zona Oeste del departamento de Santa Cruz, Bolivia en el periodo 1990 – 2010, por medio de herramientas SIG y teledetección. El procesamiento de las imágenes de satélite y elaboración de mapas, se utilizaron los software ArcGIS 10.0 y ERDAS IMAGINE 2011.

Con el uso de imágenes de los sensores LANDSAT 5 TM, RESOURCESAT-1 LISS III, empleo el método NDVI para hacer una primera clasificación (área de la cuenca 13.484 km<sup>2</sup>), en donde se obtuvo como resultado que el bosque ralo entre 1990 y 2010 disminuyó del 29% al 14% del área total de la cuenca, y el bosque denso pasó de 12,7% a 1,2% disminuyendo su área notoriamente, mientras que la agricultura y ganadería pasó del 16,5% al 47,5% aumentando, al igual y justificando como principal causa la disminución del bosque. Por otra parte, utilizando la clasificación ISODATA, (área de la cuenca 13.496 km<sup>2</sup>), la agricultura y ganadería presentaron un aumento en su extensión, al igual que el bosque ralo pasando del 17,9% al 37,8% y el bosque denso mantuvo un mismo porcentaje de

área; sin embargo, los autores desacreditan esta clasificación por no tener ningún tipo de procesamiento que la haga tener una precisión aceptable.

En esta investigación establecen una comparación del uso del suelo entre 1990 y 2010 pero medio del método NDVI, donde 171.173 ha se convirtieron en 16.137 ha dejando solo 6.348 ha conservadas desde 1990. El área de bosque desaparecida paso a convertirse principalmente en bosque ralo (53.405 ha), vegetación herbácea y/o arbustiva (30.151 ha) y agricultura y ganadería (72.408 ha).

Por otra parte, se utilizó imágenes del sensor RapidEye del año 2013, con el fin de tener una mayor precisión de los usos del suelo de las riberas del río Piraí (177.477,01 ha), clasificándolos en 7 categorías (cuerpos de agua, suelo húmedo y/o expuesto, suelo sin cobertura vegetal, vegetación herbácea y/o arbustiva, agricultura y/o ganadería, bosque ralo y bosque denso) por medio del método NDVI, a un radio de 6 kilómetros del río principal y a una escala de estudio 1:10000.

Con base en estas características se estableció que a un área de influencia de 1000 metros: las zonas de prioridad máxima para la reforestación corresponde al suelo sin cobertura vegetal (5.180 ha), las zonas de prioridad alta para la revegetación corresponde al suelo inundable y/o expuesto (2.860 ha), las zonas de prioridad media para la observación son la vegetación herbácea y agricultura y/o ganadería (10.815 ha), las zonas de prioridad para la conservación son el bosque ralo y denso (13.032 ha) y las zonas de prioridad para la protección y conservación son los cuerpos de agua (1.031 ha).

Esta investigación determina que cuenca del río Piraí debe entrar en un proceso de reforestación, especialmente en las zonas ribereñas a menos de 500 metros al curso de agua, para que el río pueda recuperar sus funciones ecológicas.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 TIPO DE TRABAJO

En función a la utilidad y consecuencias prácticas, este estudio consiste en una investigación aplicada que busca los resultados requeridos con base en investigación básica. En este sentido, el comportamiento de la matriz paisajística envuelve una estructura de hecho, que permite discernir y aplicar los datos resultantes a una gama de usos; para este caso, se centra la búsqueda de áreas aptas para la reforestación en Córdoba.

La aplicabilidad de esta investigación va a depender de una investigación básica, debido a la utilidad de los datos necesarios para resolver el objeto de estudio. A su vez, complementar y dar solución a problemas ambientales como la pérdida de flora y fauna. Por último y conforme a los datos bases establecidos y por determinar se pretender completar los lineamientos de la investigación y posteriormente aunar esfuerzos para el uso adecuado y oportuno de la información.

### 5.2 PROCEDIMIENTO

Esta investigación se realizara a partir de una serie de imágenes Landsat del año 2016 que cubren el departamento de Córdoba en su totalidad. Este año eventual se tomó con el fin de brindar la información actualizada y complementar los datos estimados de periodos anteriores. Para este estudio se tuvo en cuenta una serie de fases metodológicas (Figura 1: Proceso metodológico para la reforestación y conservación del Bosque Seco Tropical) definidas de la siguiente manera:

**5.2.1 Fase 1: Recopilación y síntesis de la información.** Basada en una revisión bibliográfica, sobre documentos y estudios realizados. La información resultante es contextualizada haciendo resalto al problema de investigación. Además se obtienen la cartografía base, imágenes de satélite, modelo digital del



terreno y regionalización climática de la Córdoba para contribuir en el desarrollo de la información cartográfica.

Las imágenes utilizadas se encuentran asociadas en la tabla 1:

Tabla 1: Imágenes Landsat 8 del área de estudio

Sensor	PATH	ROR	Fecha
OLI - TIRS	009	054	21/05/2016
OLI - TIRS	009	055	21/05/2016
OLI - TIRS	010	053	06/02/2016
OLI - TIRS	010	054	19/10/2016
OLI - TIRS	010	055	19/10/2016

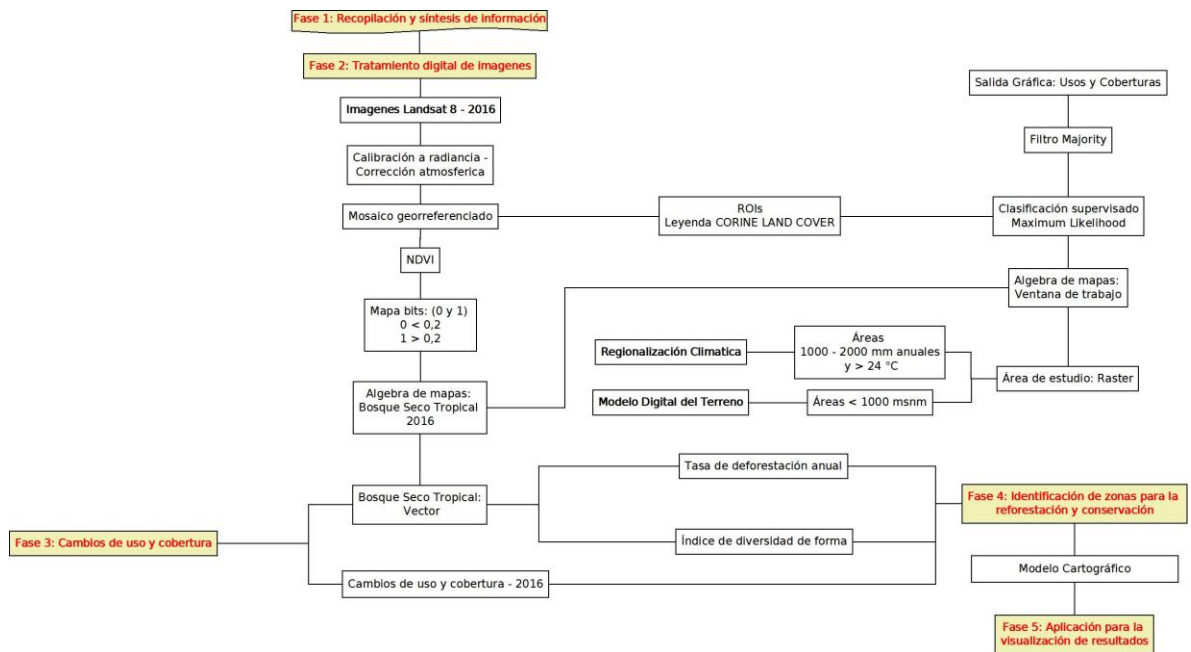
Fuente: Equipo de trabajo

**5.2.2 Fase 2: Tratamiento digital de imágenes.** Para el procesamiento digital de la información (imágenes, mapas) es utilizado el software ArcGis 10.1 y Envi 5.3. El desarrollo de esta fase consiste en la aplicación de procedimientos digitales a las imágenes Landsat colectadas. Inicialmente se realizan los procesos de pre-tratamiento que involucran la calibración a radianza y corrección atmosférica por el método de Chávez (Freire, 2012), el cálculo de estadísticas básicas (media, mediana, desviación estándar de cada banda), y elaboración de perfiles espectrales característicos.

Por otra parte, las imágenes son procesadas para la creación de un mosaico georreferenciado, con el fin de crear regiones de interés (ROI). Los ROIs son identificados por medio de fotointerpretación basada en combinaciones RGB y con la cobertura existente en 89 puntos identificados en el año 2013 (Anexo A) y su corroboración de las firmas espectrales actualmente. Los ROIs se utilizarán para realizar la clasificación supervisada por el método de máxima probabilidad (Maximum Likelihood).

Para la clasificación de usos y cobertura de la tierra se tiene en cuenta la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000 (IDEAM 2010). Donde las coberturas tomadas para este estudio fueron: Territorios Artificializados, Territorios Agrícolas, Bosques y Áreas Seminaturales y Superficies de Agua.

Figura 1: Proceso Metodológico



Fuente: Equipo de trabajo

Terminado el proceso de clasificación para el año de estudio se aplican dos interacciones de filtro majority para eliminar el efecto “sal y pimienta” (Champo et. al. 2010), para suavizar los límites de cobertura en la salida gráfica y por otra parte, por medio de algebra de mapas se extraen los usos y coberturas del área apta en el departamento de Córdoba para la presencia de bosque seco tropical. El área apta antes mencionada corresponde a las zonas con las condiciones climáticas y meteorológicas para la presencia del bosque; esta corresponde a áreas con temperaturas superiores a 24 °C, precipitación entre los 700 y 2000 mm de lluvias anuales y altitud entre los 0 - 1000 msnm.

Por otra parte de manera simultánea se procesa Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado - NDVI (Chuvieco 2006), para estimar la vigorosidad y estado de la vegetación y discriminar posibles errores en la clasificación supervisada.

**5.2.3 Fase 3: Cambios de uso y cobertura.** Terminado y validado por medio de fotointerpretación, se procede a determinar por medio de herramientas de análisis espacial (Intersección) las coberturas que han reemplaza la cobertura de bosque para determinar la conversión paisajística que ha sufrido el ecosistema.

Con la verificación y determinación de los bosques, se realiza el cálculo de la tasa de deforestación de dicha cobertura. La fórmula para hallar esta tasa (Fontúrbel 2007) se observa en la ecuación 1:

$$TD = \frac{Co - Ct}{t} * 100 \quad (1)$$

Sea, *TD*: Tasa de deforestación anual.

*Co*: Cobertura al tiempo inicial.

*Ct*: Cobertura al tiempo final.

*t*: Tiempo transcurrido entre 0 y t

Por otra parte, se aplica el índice de diversidad de forma de Patton (SI), para definir la forma de los parches en el área de estudio para el año 2016 (Lozano & Valderrama, 2011). De cada parche encontrado, es calculado el perímetro y área, y a su vez, es ejecutado en sistema la operación matemática para obtener el SI para cada fragmento de bosque.

El SI, se describe por medio de la ecuación 2

$$F = P / (2\sqrt{\pi} \times \sqrt{A}) \quad (2), \text{ Dónde: } A: \text{ área del parche (m}^2\text{); y } P: \text{ perímetro del parche (m)}$$

Según Henao 1988, las formas del parche se dividen en: redondo ( $SI < 1,25$ ) y formas irregulares: oval redondo ( $SI$  entre 1,25 a 1,5), oval oblongo ( $SI$  entre 1,5 a 1,7), rectangular oblongo ( $SI$  entre 1,7 a 2) y amorfo ( $SI > 2$ ). Siendo los mayores valores los más irregulares.

**5.2.4 Fase 4: Identificación de las zonas para la reforestación y conservación.** Teniendo en cuenta las condiciones de hábitat del ecosistema bosque seco tropical, las zonas deben estar condicionadas a la disponibilidad hídrica, ampliación de corredores biológicos, continuidad del bosque y conformación de una matriz paisajística entre la actividad agropecuaria y el bosque. Para la discriminación de las zonas aptas para la reforestación del bosque seco tropical se debe poner en consideración los siguientes criterios:

- Las áreas se deben localizar dentro de los parámetros establecidos en el área de estudio.
- Las áreas a reforestar deben ubicarse en zonas donde ha sido deteriorado este ecosistema y/o la existencia de un área de influencia no mayor a 500 metros donde se halla emplazado el bosque seco tropical.
- Las áreas se deben encontrar a menos de 500 metros algún tipo de recurso hídrico (drenajes, ciénagas y lagunas).
- Las áreas no pueden estar a menos de 100 metros de la red vial y a menos de 500 metros de un centro poblado.
- Se deben priorizar las zonas donde los índices de fragmentación del bosque son mayores con respecto al año 2016.

Para la delimitación de las áreas aptas se utiliza el lenguaje de programación ModelBuilder para crear el flujo de geoprocetamiento y obtener los resultados.

**5.2.5 Fase 5: Aplicación para la visualización de resultados.** Por medio de la aplicación My Maps, son cargados los resultados de las áreas aptas para la reforestación para la presentación y consulta de los resultados.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1.1 Área de Estudio

El área apta para la presencia del Bosque Seco Tropical corresponde a 14.288.85 Km<sup>2</sup> (Figura 2). La zona delimitada en gris corresponde a una altitud de 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar, precipitaciones de 1000 a 2000 mm de lluvias anuales y una temperatura superior a los 24 ° C.

#### 6.1.2 Usos y Coberturas

Con base a la clasificación supervisada para la estimación de los usos y coberturas en el año 2016, se obtienen las siguientes áreas para cada categoría. En la tabla 2, se muestra el área total correspondiente a 14.278,885 km<sup>2</sup> (1.427.888,5 ha) y el área de cada categoría presente en el zona de estudio y su valor porcentual.

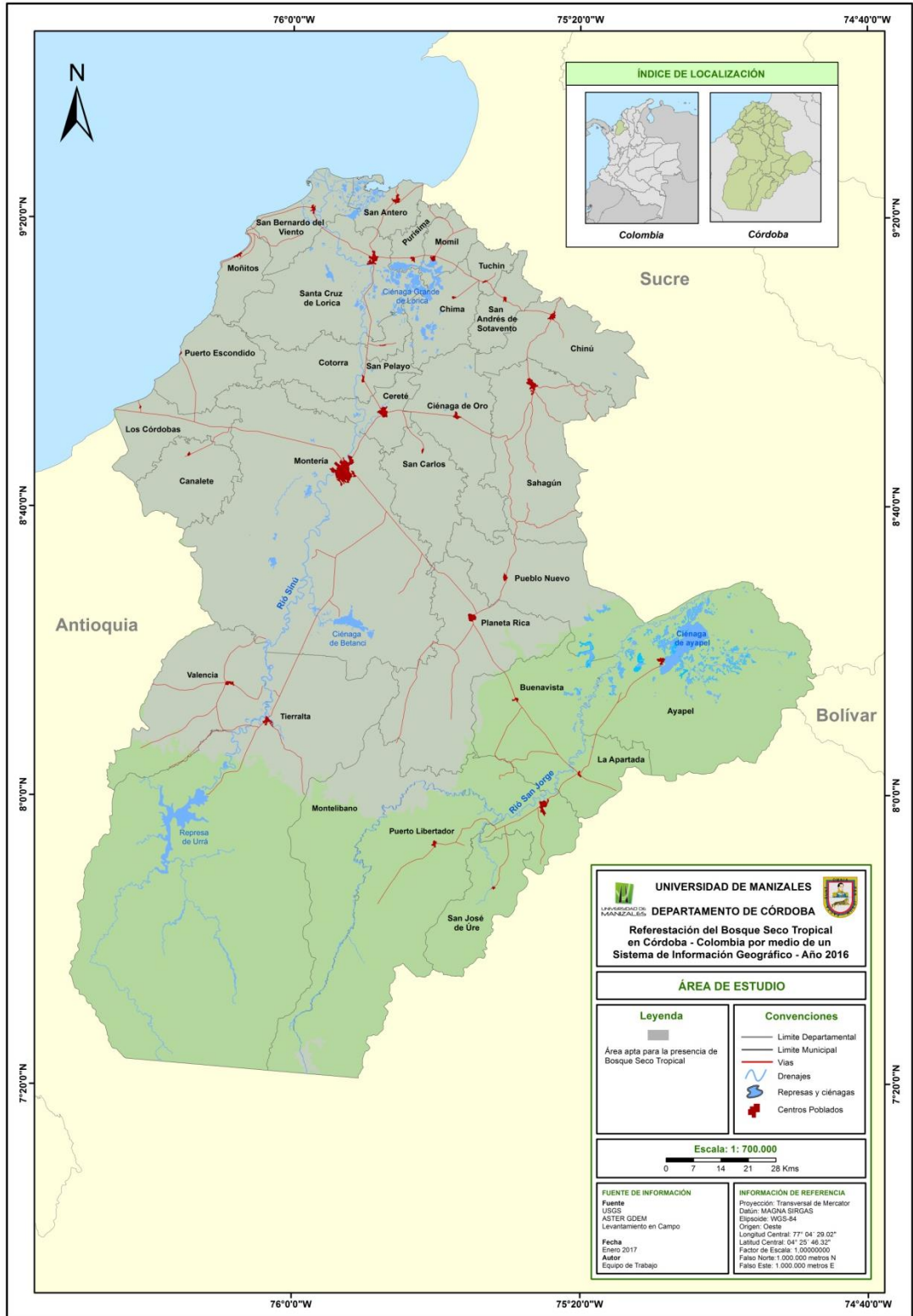
Tabla 2: Área de los usos y coberturas para el 2016

Categoría	Área (ha)	Porcentaje
Territorios Artificializados	5.221,8	0,4
Superficie de Agua	15.718,3	1,1
Bosques	19.648,2	1,4
Áreas Seminaturales	237.604,0	16,6
Manglar	10.963,0	0,8
Territorios Agrícolas	817.896,0	57,3
Nubes y Sombras	320.837,2	22,5
<b>Total</b>	<b>1.427.888,5</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Equipo de trabajo

De las áreas estimadas, se obtuvo que la categoría con mayor extensión son los territorios agrícolas con 817.896 ha para un total del 57,3% del área de estudio,

Figura 2: Área de estudio



Fuente: Equipo de trabajo

seguido de las áreas seminaturales con 237.604 ha (16,6%), siendo estas las de mayor área calculada para el año 2016. A su vez, se presentan bosques con un 1,4% de participación, seguido de las superficies de agua con 15,718,3 Ha (1,1%), manglares con 10.963 Ha (0,8%) y territorios artificializados con 5.221,8 ha (0,4%). Sin embargo, el mosaico de imágenes satelitales presentan nubosidad, por tanto entre las categorías están las nubes y sombras correspondiente al 22.5% del área de estudio (320.837,2 ha), lo cual evita la visualización de la cobertura real en algunas zonas.

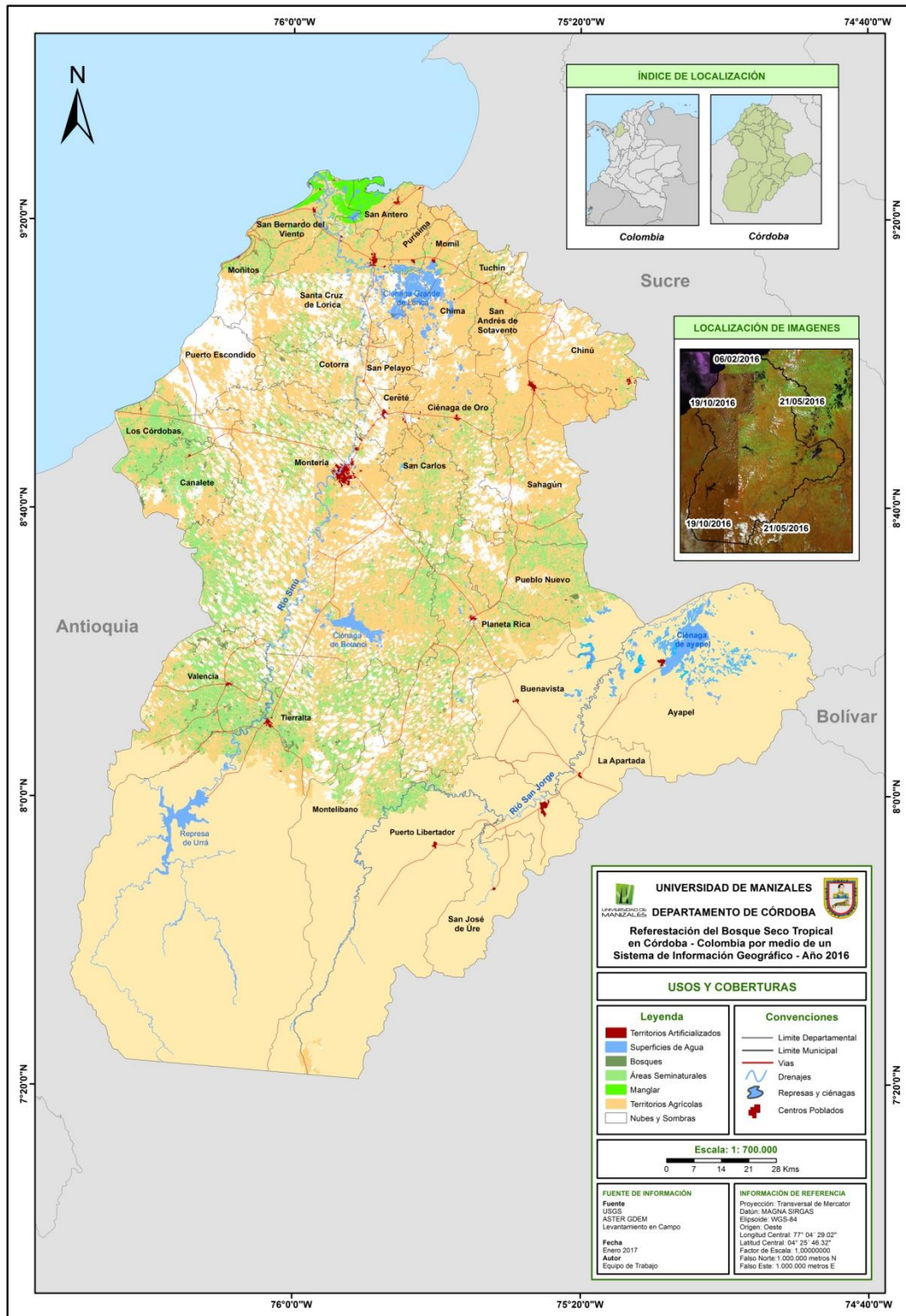
En la figura 3, se observa la distribución espacial y matriz paisajística de los usos y coberturas. En primer lugar están los territorios agrícolas que se encuentran inmersos en gran parte del departamento y más concentrados al norte y zonas ribereñas del río Sinú, esto incluye una matriz de cultivos permanentes como el plátano en los municipios de Moñitos o la papaya y cítricos en el municipio de Tierralta y cultivos transitorios como el maíz y arroz sembrado a lo largo del alto, medio y bajo Sinú.

A su vez, se encuentran pastos, que por lo general son usados para la práctica de la ganadería en municipios como Montería, Planeta Rica, Loricá, Cereté, Montelíbano, Ciénaga de Oro y Valencia. Y por último, aparecen dentro de esta categoría, las áreas agrícolas heterogéneas, que fusionan los dos escenarios anteriores y conglomeran diferentes formas que evidencian el desarrollo de la frontera agrícola.

En segundo lugar, se encuentran las áreas seminaturales, conformadas por vegetación herbácea y áreas sin y con poca vegetación. La mayoría de las áreas de esta categoría se encuentran al sur y occidente del departamento (Valencia, Tierralta, Canalete y Los Córdoba).

En tercer lugar, están los bosques conformados en su mayoría por bosques de galería y fragmentados. A su vez, en la misma clasificación de bosque a referenci

Figura 3: Usos y coberturas



Fuente: Equipo de trabajo



de unas especies en específico se encuentra en quinto lugar el bosque de manglar localizados casi en su totalidad al norte del departamento (bahía de Cispata y zonas costera de los municipios de Moñitos y Puerto Escondido).

Las superficies de agua ocupa el cuarto lugar en extensión, y corresponden a ríos (río Sinú) y ciénagas (ciénaga de Grande de Lorica y Betancí). Y por último están los territorios artificializados que corresponden a tejidos urbanos continuos y discontinuos de las cabeceras municipales y centros poblados rurales de cada jurisdicción.

### 6.1.3 Bosque Seco Tropical

La cobertura de Bosque Seco tropical presentó un área de 19.648,2 ha, una densidad de 1,37 ha/km<sup>2</sup> y una totalidad de 11.443 parches (Tabla 3). En el municipio de Valencia se presenta el parche con mayor extensión (420,25 ha).

Para un tiempo de 31 años que va desde el 1985 al 2016, la tasa de deforestación calculada de este ecosistema corresponde a 2,75% y equivalente a 3.976,5 ha/año. Esta cifra refleja un comportamiento inversamente proporcional entre el tiempo y la extensión del bosque, donde otras coberturas aparecen como reemplazo al paso de los años.

Tabla 3: Características del Bosque Seco Tropical

Variables	Bosque Seco Tropical
Área (ha)	19.648,20
Densidad (ha/km <sup>2</sup> )	1,37
N° de Parches	11.643
Mayor Extensión (ha)	420,25
Tasa de deforestación (%)	2,75

Fuente: Equipo de trabajo

La forma de los parches deja en descubierto el tipo de fragmentación que presente el bosque. Sin lugar a dudas, la extrema transformación continua de los usos y

coberturas condiciona la estructura de una matriz paisajística combinada, conforme a lo establecido desde un tiempo inicial. En promedio los parches presentan una forma oval redonda (1,26), lo cual no es un indicador clave para inducir algún tipo de fragmentación considerable en la zona. Sin embargo, se pueden encontrar parches con SI hasta de 6,66 (Tabla 4), considerados como una forma amorfa y que induce la presencia de fragmentación como el tipo más alto que puede presentarse en una cobertura de bosque.

El amorfismo refleja la acción de elementos externos que han entrado en una colisión constante, y atrofian la dinámica de un ecosistema. Los múltiples parches que se diferencian en forma, área o perímetro conforman un sistema que se asemejan en las causas que han ocasionado el fenómeno de la pérdida y/o fragmentación del ecosistema.

Tabla 4: índice de diversidad de Patton

SI	Bosque Seco Tropical
Promedio	1,26
Menor	1,04
Mayor	6,66

Fuente: Equipo de trabajo

En el índice de diversidad de Patton, se puede entrar en detalle en la cantidad de parches con alguna condición y el promedio de área que presenten. Una característica constante es el comportamiento inversamente proporcional entre la cantidad de parches por cada tipo de forma y el promedio de área que presente cada grupo; a medida que el promedio de área aumenta, hay menor cantidad de parches en los grupos más amorfos.

Según el SI, el 60,73% de los parches presentan una forma redonda y el 32,79% una forma oval redonda (Tabla 5), siendo así un total de 93,52% de los parches con bajos índices de fragmentación. Sin embargo, estos parches presentan las

menores áreas y se puede inducir una pérdida invariable del ecosistema hasta el punto de tener casi en su totalidad parches que no superan en promedio 2 hectáreas de bosque.

Tabla 5: Distribución de los grupos de forma del SI

Grupos	Tipo	N° de fragmentos	Porcentaje (%)	Promedio del área (ha)
< 1,25	Redondo	6.949	60,73	0,93
1,25 – 1,5	Oval redondo	3.752	32,79	1,36
1,5 – 1,7	Oval oblongo	434	3,79	5,17
1,7- 2	Rectangular oblongo	191	1,67	7,68
> 2	Amorfo	117	1,02	36,67
Total		11.443		

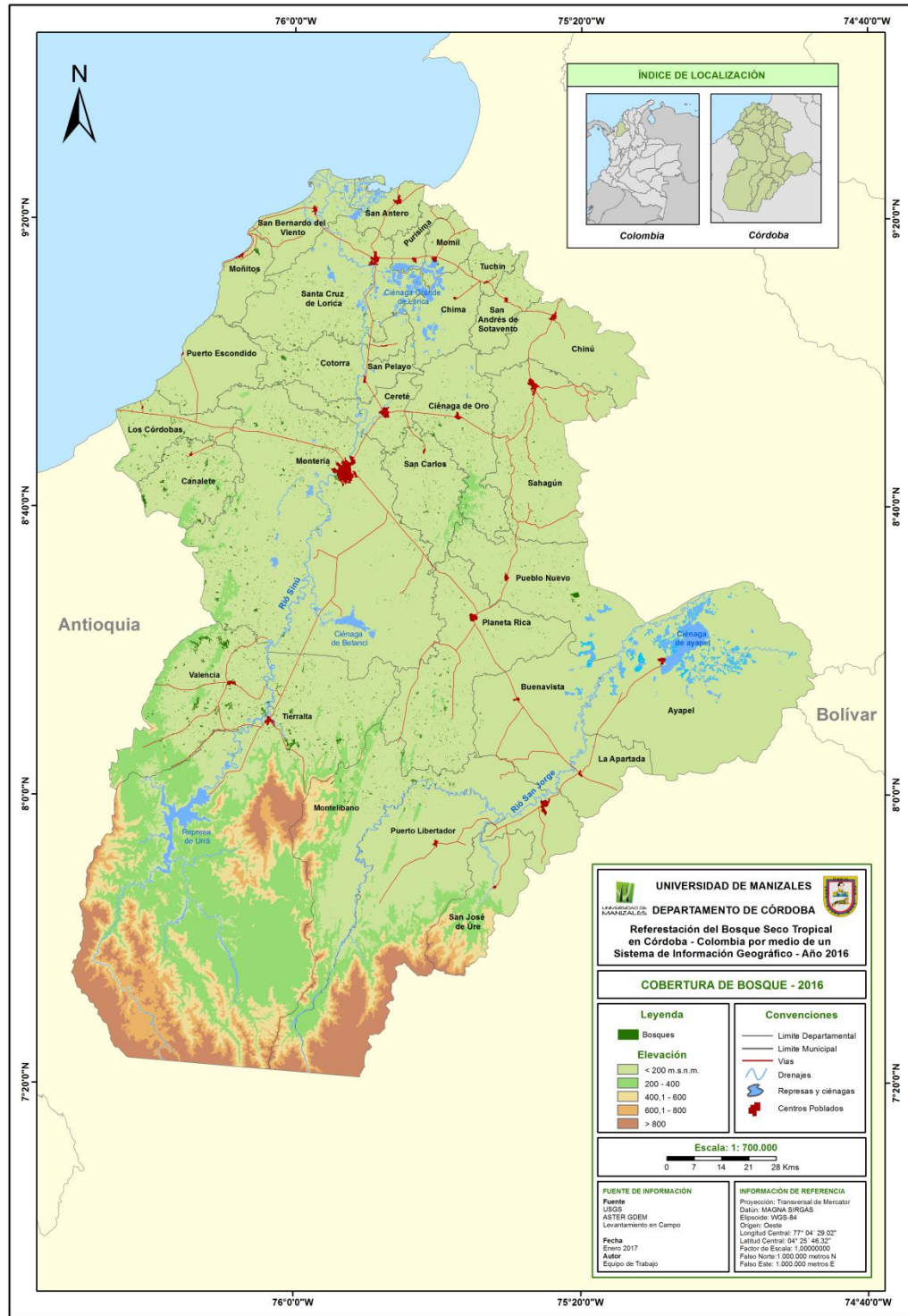
Fuente: Equipo de trabajo

En la figura 4, se muestra la distribución espacial del bosque seco tropical y la presencia de diferentes escenarios como los bosques fragmentados, bosques de densos a limpios y bosque de galeia o ripadios.

Los bosques densos a limpios que superan mas de 100 ha y que presentan algún tipo de sinergia con bosque fragmentado se pueden encontrar en los municipios de Tierralta, Valencia, Ayapel, Canalete y Moñitos. Los parches de menor tamaño y por lo general con un SI < 1,25 se encuentran distribuidos a lo largo de todo el departamento como vestigios de un proceso de fragmentación donde aparecen parches aislados y discontinuos.

Los bosques de galería se encuentran en la riberas del río Sinú, en drenajes de menor cauce y en zonas aledañas e la ciénaga grande de Lorica. De igual forma, se puede percibir que la mayor presencia del bosque se encuentra al occidente del departamento donde existe una matriz paisajística de mayor presencia de áreas seminaturales con respecto al norte o oriente de Córdoba. A su vez, se pueden diferenciar algunas zonas donde no se presente este ecosistema con gran

Figura 4: Distribución espacial del Bosque Seco Tropical



Fuente: Equipo de trabajo

hegemonia; una de los espacios es al nororiente del departamento en los municipios de Chinú, Chima, San Andres de Sotavento, San Antero, Purisima y Momil, otra espacio es en la zona central del municipio de Montería y un ultimo espacio al noroccidente del departamento en el municipio de Puerto Escondido, quizás debido a la presencia de nubosidad en esta parte del área de estudio.

#### **6.1.4 Áreas aptas para la reforestación**

Con la implementación del Sistema de Información Geográfico se logra la estimación de las áreas aptas para la reforestación. En el Anexo B, se especifica paso a paso, cada proceso para la identificación de las zonas de reforestación y conservación en función a los criterios antes planteados. La cartografía base utilizada como centros poblados, cuerpos de agua y drenajes fue la base cartográfica a escala 25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. El resultado final contempla las áreas aptas para la reforestación, con el respectivo nombre del drenaje o cuerpo de agua más cercano y la influencia de los tipos de fragmentación de los parches de bosque para el año 2016.

Según la tabla 6, el resultado de la implementación del modelo cartográfico permite obtener una estimación de 117.045,15 ha disponible para poder ser reforestadas. A su vez, se presentan diferentes escenarios en función a la influencia del tipo de fragmentación que presentaron los parches de bosque en el año 2016.

En este sentido se plantea la siguiente teoría: *“las áreas aptas que tengan la influencia de algún tipo de fragmentación serán priorizadas para el proceso de reforestación y conservación del bosque seco tropical, siendo de mayor peso las zonas con influencia de formas más amorfas”*, de esta manera, se asignan a las áreas con tipo 5 de fragmentación (amorfo), como las primeras zonas a condicionar para el objetivo del proyecto.

Así mismo, y en sentido decreciente serán priorizadas las áreas con tipo 4 (rectangular oblongo), 3 (oval oblondo), 2 (oval redondo) y 1 (redondo). Por otra parte, algunas de las zonas no presentaron influencia de ningún parche de bosque pero cumplen con las condiciones necesarias para ser reforestadas, debido a que todas las áreas han sufrido el fenómeno de la pérdida y fragmentación del ecosistema e inducen la necesidad inmediata por reforestar y conservar el bosque.

La cantidad de área estimada se va haciendo menor a medida que el tipo de fragmentación aumenta. La mayor parte de las áreas se encuentran en los rangos de tipo 1 y 2 con 45.429,10 ha y 35.864,22 ha respectivamente, seguido de oval oblondo con 7.925,65 ha, amorfo con 4.779,17 ha y rectangular oblongo con 4.533,25 ha. Por último, las áreas que no presentan ninguna influencia de fragmentación corresponden a 18.513,73 ha.

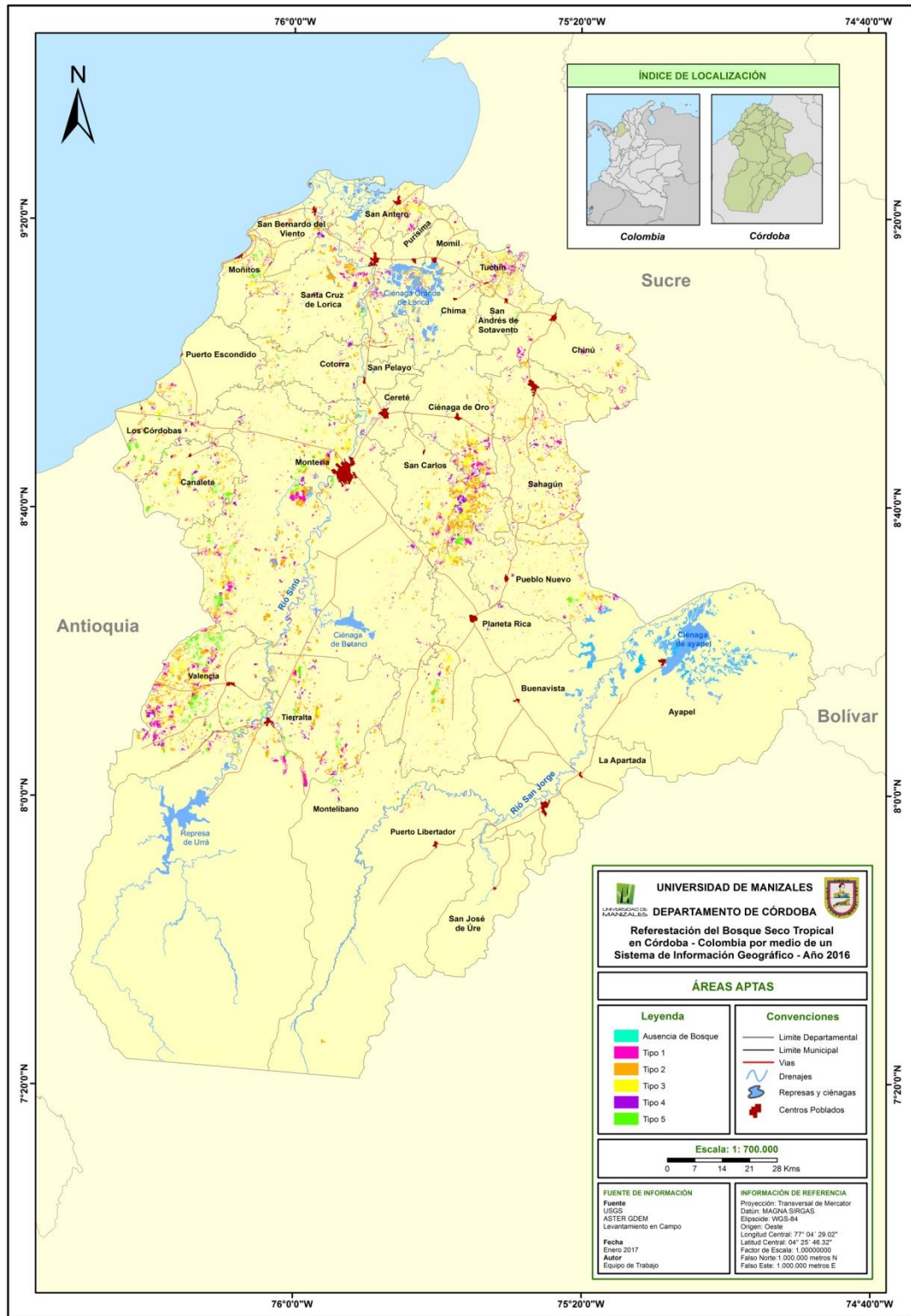
Tabla 6: Áreas aptas según tipo de fragmentación

Tipo	Nombre	Rangos	Área (Ha)
1	Redondo	< 1,25	45.429,10
2	Oval Redondo	1,25 - 1,5	35.864,22
3	Oval Oblondo	1,5 - 1,7	7.925,65
4	Rectangular Oblongo	1,7 - 2	4.533,25
5	Amorfo	> 2	4.779,17
0	Ausencia de Bosque		18.513,73
<b>Total</b>			<b>117.045,15</b>

Fuente: Equipo de trabajo

En la figura 5, se evidencia la distribución espacial de las zonas que por sus condiciones geográficas cumplen con los criterios establecidos en la metodología. La zonas con tipo 5 de Índice de forma (SI) se localizan en los municipios de Los Cordobas, Canalete, Pueblo Nuevo, Valencia, Tierralta, Valencia, Planeta Rica, Cereté, Santa Cruz de Lorica y occidente de Montería; las zonas con tipo 4 se concentra su ubicación en los mismo municipios antes mencionados y se incluyen

Figura 5: Áreas aptas para la reforestación



Fuente: Equipo de trabajo

la lista Tuchín, Ciénaga de Oro, Sahagún, y San Carlos; las zonas con tipo 3 se localizan principalmente en Montería, Ciénada de Oro, San Carlos; y las zonas con tipo 1 y 2 se distribuyen en toda el área de estudio.

Las zonas que no presentaron ninguna influencia de fragmentación del bosque se pueden encontrar en todos los municipios con un patron de distribución espacial concentrada en Puerto Escondido, sur de Moñitos, Chinú, San Andres de Sotavento, Chima y Purisima a razón de la ausencia de bosques en la zona; sin embargo, en Puerto Escondidio y sur de Moñitos fue imposible determinar con exactitud la presencia de bosque debido a la nubosidad de las imágenes al momento de generar el mapa de usos y coberturas para el año 2016.

En los municipios que se presentaron mayor área apta para reforestar por encima de las 10.000 ha, son Montería y Valencia con 18.831 ha y 13.705 ha respectivamente. Otros valores significativos estan en el municipio de Tierralta, Sahagún, Ciénaga de Oro, Santa Cruz de Lorica, Chinú, San Carlos, Canalete, Pueblo Nuevo y Puerto Escondido. El resto de áreas de encuentran distribuidas en el resto de municipios por debajo de las 4.000 ha, siendo Buenavista el municipio con menor área disponible para resforestar (Anexo C).

### **6.1.5 Aplicación de My Maps**

Por medio del uso de la aplicación My Maps son cargadas las áreas aptas para la reforestación, para la visualizació y consulta de los resultados. Las áreas aptas se presentan en visores diferentes en función a la influencia del tipo de fragmentación que presenten con respecto a los bosques del año 2016.

En los siguientes link se encuentran la información asociada:

- Áreas aptas Tipo 1:

<https://drive.google.com/open?id=1YwXv3gQXBIL9s1KIXzC8rWnLXy4&usp=sharing>



- Áreas aptas Tipo 2:  
<https://drive.google.com/open?id=101mr2w0Sq8GgT8regO1TyceDL54&usp=sharing>
- Áreas aptas Tipo 3:  
<https://drive.google.com/open?id=1C43TQWfiNYstRY2cRocc6wK6Rc4&usp=sharing>
- Áreas aptas Tipo 4:  
[https://drive.google.com/open?id=1Fe7uNbR3rC63CBdfsmSnqrGnn\\_Q&usp=sharing](https://drive.google.com/open?id=1Fe7uNbR3rC63CBdfsmSnqrGnn_Q&usp=sharing)
- Áreas aptas Tipo 5:  
<https://drive.google.com/open?id=1DCY60hPUdqH8L8qnHEoOETH2cl&usp=sharing>
- Áreas aptas con ausencia de bosque:  
[https://drive.google.com/open?id=13qQxTleHG7wYklwHckEvsAE8t\\_k&usp=sharing](https://drive.google.com/open?id=13qQxTleHG7wYklwHckEvsAE8t_k&usp=sharing)

## 6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.2.1 Usos y coberturas

Según el cuadro 1, los usos y coberturas en el área de estudio han presentado constante variación debido a la influencia de elementos externos del espacio geográfico. Unas de las coberturas más cambiantes y de mayores extensiones son las áreas seminaturales y los territorios agrícolas, donde la primera ha disminuido y la segunda aumentado considerablemente, sobreponiendo a la frontera agrícola por encima de la áreas seminaturales.

Es necesario mencionar que la presencia de nubosidad en las imágenes puede ocasionar cierta discrepancia al momento de comparar las categorías, por ejemplo, los territorios artificializados en el año 2016 presentaron menor cantidad

de área con respecto a los años anteriores, pero para el mismo año la zona de cubierta por nubes se duplica con el año 2013.

Cuadro 1: Comparación de los usos y coberturas 1985 - 2016

Categoría	1985 - 1986	1999 - 2000 - 2001	2013	2016
	Área (Ha)	Área (Ha)	Área (Ha)	Área (Ha)
Territorios Artificializados	6.752	7.427	8.238	5.222
Superficie de Aguas	8.338	6.890	22.963	15.718
Bosques	134.355	65.885	19.826	19.648
Áreas Seminaturales	721.696	851.777	748.573	237.604
Manglar	16.670	21.140	15.094	10.963
Territorios Agrícolas	465.346	383.829	459.662	817.896
Nubes y Sombras	74.731	90.940	153.532	320.837
Total	1.427.888	1.427.888	1.427.888	1.427.888

Fuente: Adaptado de Ospino y Ramos 2014, Equipo de trabajo

La cobertura de manglares para el año 2016 ha disminuido, atrofiada por la presencia de territorios agrícolas que se han ido penetrando en el ecosistema y limitado el espacio vital para el crecimiento y recursos que puedan ser brindados por los manglares.

Las categorías que se someten a estudio, se encuentran ligadas en un proceso de aumento y disminución entre unas y otras condicionando una dinámica donde la actividad antrópica repercute ante el desarrollo natural de un ecosistema. Con esta conjetura se plantea que los territorios agrícolas son los principales accionistas para el deterioro del ecosistema de bosque seco tropical.

### 6.2.2 Bosque Seco Tropical

La cobertura de bosque seco tropical ha presentado una disminución constante, pasando de tener 134.354,84 ha a tan solo 19.648,20 ha (Cuadro 2), bajo una tasa de deforestación de 2,75%.

El número de parches al año se condiciona como un indicador de fragmentación que para el estudio en años anteriores ha tenido en un comportamiento

descendente, pero para el año 2016 han aumentado el número de parches y siendo cada vez de menor extensión. En este sentido la ausencia de este ecosistema marca la dinámica de una matriz paisajística en donde se tenían hasta 10,13 ha/km<sup>2</sup> para convertirse solo en 1,73 ha/km<sup>2</sup>, esto se asemeja a una estructura cambiante y cuyo espacio geográfico está limitado al aumento de otras coberturas como los territorios agrícolas.

Cuadro 2: Comparación del Bosque Seco Tropical 1985 - 2016

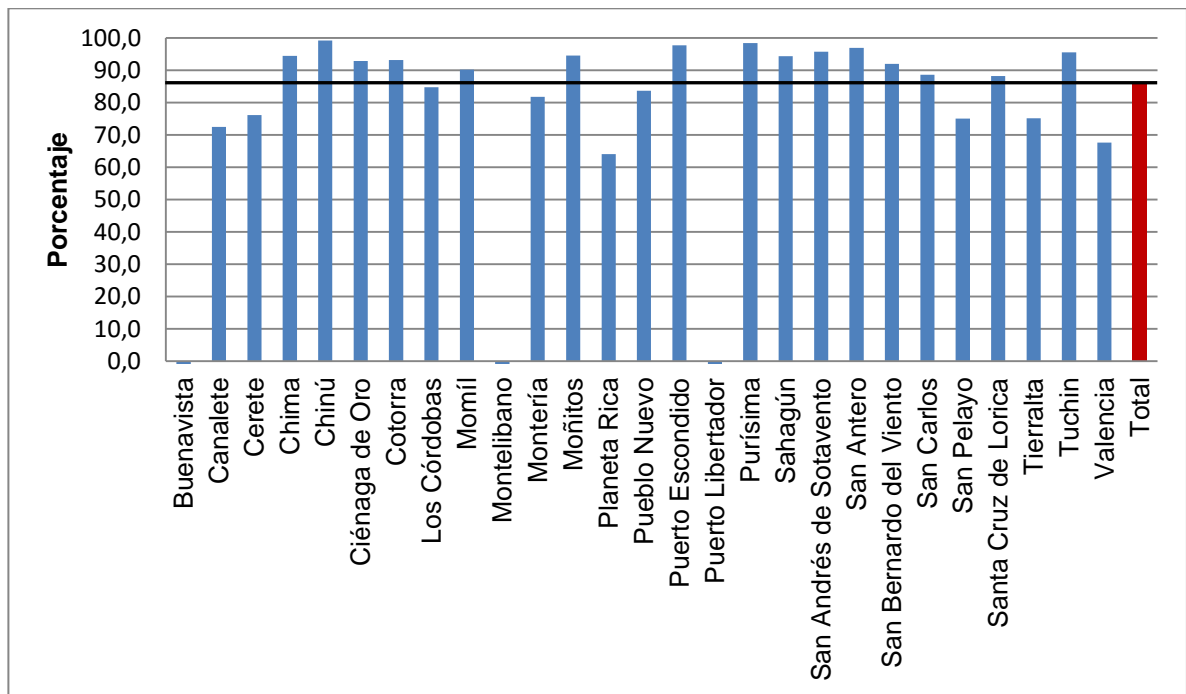
Variable	1985 - 1986	1999 - 2000 - 2001	2013	2016
Extensión (ha)	134.354,84	65.886,13	19.826,57	19.648,20
Densidad del bosque (ha/km <sup>2</sup> )	10,13	5,5	2,24	1,37
Numero de Parches	27.176	17.421	11.153	11.643
Índice de Diversidad de Patton	1,34	1,33	1,32	1,26

Fuente: Adaptado de Ospino y Ramos 2014, Equipo de trabajo

El índice de diversidad de Patton en promedio ha disminuido al paso de los años, esto induce un claro retroceso de la fragmentación de bosque en donde son cada vez menos los parches que se encuentran con formas muy amorfas. Sin embargo, la pérdida del ecosistema se hace notar y restringe cualquier pensamiento de una reconstrucción a paso lento de una reforestación continua y eliminación de la deforestación.

La pérdida constante del ecosistema se embarca en un sin fin de aprovechamiento del espacio geográfico, y perjuicio del hábitat de todo un ecosistema dinámico e importante para el ambiente.

Figura 6. Pérdida a nivel municipal del Bosque Seco Tropical 1985 - 2016



Fuente: Adaptado de Ospino y Ramos 2014, Equipo de trabajo

Por su parte, a nivel departamental hubo un pérdida del 85,4% (equivalente a 114.706,64 ha) del total de área que existía en el periodo 1985 - 1986 (Anexo D). Según la figura 6, a nivel municipal las condiciones en algunos municipios han tenido aún más, un impacto negativo sobre el ecosistema donde han tenido un porcentaje de pérdida por encima del departamental (Chima, Chinú, Ciénaga de Oro, Cotorra, Santa Cruz e Lorica, Momil, Moñitos, Puerto Escondido, Purísima, Sahagún, San Andrés de Sotavento, San Antero, San Carlos y Tuchín). Por otra parte, algunos municipios que están por debajo de la media departamental, pero su valor porcentual no dejan de ser significativo.

Sin embargo, aunque el porcentaje de pérdida sea mayor en algunos municipios, estos no fueron necesariamente los que aportaron más cantidad de área pérdida. En este sentido, municipios como Montería, Sahagún y Ciénaga de Oro fueron los que presentaron mayores zonas de bosque desaparecido, por encima de las 10.000 ha en 31 años (Anexo C).

Los municipios de Buenavista, Montelíbano y Puerto Libertador aparecen como si no hubiesen tenido pérdida y la razón es por las nubes que se presentaron para el periodo 1985 - 1986, lo cual no permitió la plena identificación de los bosques existentes para esa fecha. Por tanto, en vez de revelarse una pérdida aparece como aumento de la cobertura de bosque, sin embargo por la tendencia que ha tenido el comportamiento del fenómeno de la pérdida y fragmentación es de esperarse que para los municipios mencionados el comportamiento fuese el mismo.

Tabla 7. Coberturas que han reemplazado el Bosque Seco Tropical 1985 – 2016

<b>Categorías</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Territorios Artificializados	195,80	0,17
Superficie de Agua	606,56	0,54
Áreas Seminaturales	26.759,66	23,86
Manglar	216,09	0,19
Territorios Agrícolas	52.253,05	46,58
Nubes y Sombras	32.142,28	28,65
<b>Total</b>	<b>112.173,42</b>	

Fuente: Adaptado de Ospino y Ramos 2014, Equipo de trabajo

A fin de justificar el área erradicada de bosque, se muestra en la tabla 7 las coberturas que han reemplazado dicho ecosistema desde el periodo 1985 - 1986 al 2016, donde las grandes categorías dominantes son los territorios agrícolas y áreas seminaturales con 46,58% y 23,86% respectivamente. La ampliación de la frontera agrícola y conversión de vastas extensiones de bosque son transformadas para la agricultura y ganadería o quedan en el desuso de un área seminatural, lo cual condiciona y limita el crecimiento y desarrollo natural del bosque.

Ante estos acontecimientos, al igual para Colombia el principal determinante de la deforestación es la expansión de la frontera agropecuaria y para el caso de la

región Caribe la conversión de cobertura boscosa se destinó principalmente para el pastoreo de ganado (García 2011). Este uso del suelo entra dentro de los territorios agrícolas y coincide en discriminar dicha categoría como los mayores actores para la pérdida y fragmentación del bosque.

Según UNAL (2005), En el departamento la principal causa de la pérdida y/o fragmentación del bosque seco es la intervención antrópica, entre éstas predomina la entresaca, seguida de la tala y el pastoreo y la matriz paisajística en este tipo de vegetación es la agrícola, seguida de la pecuaria, agropecuaria y rastrojo. De esta manera se reitera la implicación de múltiples factores que limitan las capacidades de un ecosistema seguir una ruta de crecimiento y desarrollo natural.

Por otra parte, en la tabla 7 se incluye el tejido urbano, manglares y superficies de agua por debajo del 1% del área reemplazada, que para caso específicos se han dado una conversiones debido a la expansión urbano, crecimiento de manglares en zonas donde existió el bosque seco y aumento de caudales o influencia en épocas específicas del año donde las lluvias incrementan.

### **6.2.3 Áreas aptas para la reforestación**

La Corporación Nacional de Investigación y Estudio Forestal en 2008, en una investigación de aptitud forestal en función a las áreas abiertas, suelos con otros uso y sin competir con la agricultura, presenta que 189.753 ha sin restricciones y otras 233.779 ha con restricciones menores son aptas para reforestar por cobertura de bosque en el departamento de Córdoba (CONIF 2008, Tomado de PROEXPORT 2009). En su totalidad suman 423.532 ha disponibles, siendo que la parte que presenta restricciones necesita algunas adecuaciones del suelo para realizar el proceso de reforestación.

En comparación con las áreas aptas calculadas, se debe tener en cuenta que CONIF hace un estudio general para bosque seco y bosque húmedo tropical y estadísticamente la cantidad de hectáreas y metodología utilizada no son iguales. Por otra parte, también difieren es que las 117.045,15 ha estimadas compiten con los territorios agrícolas; sin embargo para el estudio, el ideal es de generar una matriz paisajística dinámica y que ayude en la regulación y protección del recurso hídrico, y la restauración de las zonas que anteriormente le pertenecían al bosque seco tropical.

Por otra parte, se debe tener cuenta que las áreas aptas para la reforestación deben cumplir una serie propiedades físicas (textura, drenaje, profundidad efectiva, entre otros) y químicas (fertilidad, pH o presencia de elementos minerales, entre otros) en el suelo (El Semillero 2015), o en su defecto, CONIF (1998) manifiesta que la información cartográfica de la zonificación del suelo de Córdoba sería soporte para eliminar o poner en consideración otras zonas que podrían servir para la reforestación. Referente a estas conjeturas, el estudio no consideró ninguna de las opciones, pero en contraposición sometió como criterio requerido que las zonas aptas deben localizarse siempre en cualquier área cubierta por bosque desde el año 1985 y que por razones anteriormente expuesta el ecosistema ha sido deteriorado.

Lo anterior garantiza que las condiciones naturales para la reforestación podrían adecuarse en las zonas que lo requieran o en su defecto poder iniciar un proceso de reforestación y conservación del bosque.

Según CONIF (1998), se deben poner en consideración otras variables como el uso potencial del suelo como las áreas con bosque naturales, áreas con cultivos, áreas de reservas y parque naturales, zonas urbanas, áreas lacustres. A este respecto, las 117.045,15 ha estimadas, contemplan en el estudio el bosque seco tropical actual, áreas lacustres o cualquier superficie de agua y las zonas urbanas

continuas y discontinuas, las cuales cumplen con las condiciones dadas para este estudio.

En este sentido, para el área de estudio calculada solo se encuentran en áreas de reserva los manglares de la bahía de Cispatá (CVS 2005), pero para su efecto el bosque seco se excluye de dicha cobertura y los manglares son estudiados en categorías independientes. Por último, en lo que difieren como se había mencionado anteriormente es en la inclusión de los territorios agrícolas, el cual compete directamente con las áreas de cultivo.

En general, la implementación del SIG junto con los criterios dados en la metodología, contemplan variables necesarias para poder ejecutar, estimar y localizar las áreas aptas para la reforestación del bosque eco tropical, además de mantener el principio de prioridad para la protección del recurso hídrico y recuperar las zonas de cobertura boscosa que se han tenido desde el periodo 1985 – 1986.



## 7. CONCLUSIONES

Con el análisis realizado en esta investigación se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

- En primera instancia la implementación del Sistema de Información Geográfico permitió obtener una estimación de 117.045,15 hectáreas, aptas para la reforestación.
- Las áreas que serán reforestadas prioritariamente son aquellas que presentan los siguientes tipos de forma, dados como: Amorfo (Tipo 5) Rectangular Oblongo (Tipo 4), Oval Oblongo (Tipo 3), Oval Redondo (Tipo 2), Redondo (Tipo 1) y las áreas que tienen ausencia total de bosques a menos de 1 kilómetro.
- Las áreas aptas a reforestar (117.045,15 ha) estimadas, tienen en cuenta la ubicación y extensión del bosque seco tropical actual, las áreas lacustres o cualquier superficie de agua y las zonas urbanas continuas y discontinuas.
- De esta investigación se tiene que unas de las coberturas más cambiantes y de mayores extensiones son las áreas seminaturales y los territorios agrícolas, donde la primera ha disminuido y la segunda aumentado, y por consiguiente se ha dado una ampliación de la frontera agrícola al paso de los años.
- La cobertura de bosque seco tropical ha presentado una disminución constante, pasando de tener 134.354,84 hectáreas a tener solo 19.648,20 hectáreas, esto bajo una tasa de deforestación de 2,75%.

## **8. RECOMENDACIONES**

- En la implementación del Sistema de información Geográfico se podría poner en consideración las áreas con cultivos como uso potencial del suelo para establecer prioridades en las zonas aptas para reforestar, según su influencia de fragmentación del bosque o el uso potencial para cultivos.

## BIBLIOGRAFÍA

ARIAS PACCIERI, María René. 2013. Utilización de herramientas de SIG para la identificación de caracterización de zonas críticas para la restauración ecológica de riberas de la cuenca del Rio Piraí. Santa Cruz, Bolivia. (Online:Junio 20, 2016). Disponible en Internet:<http://es.slideshare.net/mreneap/informe-final-maria-rene-arias>.

BUENDÍA Enrique, FLORES Eulogio, MAGAÑA Octavio, PINEDA Tomás, CARRILLO Fernando, ACOSTA Miguel. 2010. Uso de sistemas de información geográfica para la determinación de rodales semilleros y su área de influencia para reforestación. Texcoco, México. (Online: Junio 20, 2016). Disponible en Internet:[www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publivalle/FOLLETO%2520TECNICO%2520NO.%252038.pdf&usg=AFQjCNGQvOUcPlcXetmVhMifczzVdEizPw&sig2=6CYou6zEo7ImiPUwndOUeQ&bvm=bv.121421273,d.eWE](http://www.inifap.gob.mx/circe/Documents/publivalle/FOLLETO%2520TECNICO%2520NO.%252038.pdf&usg=AFQjCNGQvOUcPlcXetmVhMifczzVdEizPw&sig2=6CYou6zEo7ImiPUwndOUeQ&bvm=bv.121421273,d.eWE).

BUSTAMANTE, R. y GREZ, A. 1995. "Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos". *Ciencia y ambiente*, 11(2): 58-63. (Online: Octubre 18, 2016). Disponible en Internet: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/004-estructuradepaisaje.pdf>.

CARVAJAL COGOLLO, Juan; y URBINA, Nicolás. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en córdoba, Colombia. *Open Access Journal Tropical Conservation Science* [Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. Colombia], 1(4): 397-416. (Online: Abril 20, 2016). Disponible en Internet: [http://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v1/08-12-01-Carvajal-Cogollo\\_and\\_Urbina-Cardona\\_397-416.pdf](http://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v1/08-12-01-Carvajal-Cogollo_and_Urbina-Cardona_397-416.pdf).

CHAMPO JIMÉNEZ, Omar; VALDERRAMA LANDEROS, Luis; y ESPAÑA BOQUERA, María. 2010. Perdida de cobertura forestal en la reserva de la biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México (2006 – 2010). Michoacán, México. (Online: Junio 01, 2016). Disponible en Internet:<http://www.redalyc.org/pdf/629/62924540001.pdf>.

CENTRO DE INFORMACIÓN Y COMUNIDAD AMBIENTAL DE NORTE AMÉRICA – CICEANA, S. A. 2005. *Percepción Remota*. Estados Unidos. (Online: Noviembre 30, 2016). Disponible en Internet: <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Percepcion%20remota.pdf>.

CHUVIECO, Emilio. 2006. *Teledetección Ambiental*. Madrid, España. Ed. Ariel Ciencias.

CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIO FORESTAL CONIF. 1998. Guía para Plantaciones Forestales en Córdoba. Santa Fé de Bogotá. (Online: Enero 18, 2017). Disponible en Internet: [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-5%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-5%20rev%201%20(F)%20s.pdf)

CORPORACIÓN AUTONOMAREGIONAL DE LOS VALLES SINÚ Y SAN JORGE-CVS. 2005. Plan de manejo integral de los manglares de la zona uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá, departamento de Córdoba-Colombia.(Online: Enero 18, 2017). Disponible en Internet: <https://es.scribd.com/document/110384331/Plan-de-Manejo-Integral-de-los-Manglares-de-la-Zona-de-Uso-Sostenible-de-la-Bahia-de-Cispata-Colombia>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR - CORPOCESAR. 2008. Conectando el Caribe Colombiano: Bosque seco un ecosistema en estado

crítico. *Revista Conservación SIRAP Caribe*. [Santa Marta, Colombia], N° 2, Mayo: [1 – 38].

ECHEVERRY D., Mauricio; & RODRÍGUEZ, John Mario. 2006. Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Revista Scientia et Technica Año XII*, N° 30, Mayo: 405 – 410, (Online: Agosto 19, 2016). Disponible en Internet: <http://media.utp.edu.co/ciebreg/archivos/bosque-seco-tropical/articulo-revista-utp.pdf>.

EL SEMILLERO. 2015. Guía Básica de la Plantación Forestal. (Online: Enero 18, 2017). Disponible en Internet: [http://elsemillero.net/nuevo/semillas/guia\\_basica2.html](http://elsemillero.net/nuevo/semillas/guia_basica2.html)

ESPINAL, L. S. 1985. Geografía ecológica del departamento de Antioquia. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*, 38 (1): 24-39.

FIGUEROA, Víctor. 2011. Los bosques secos de la costa oriental del lago de Maracaibo, estado Zulia. Venezuela. *Revista Biollania* [Universidad del Zulia, Escuela de Ingeniería Agronómica, Edición especial “Bosques en Venezuela: un homenaje a Jean Pierre Veillon”, Maracaibo, Venezuela, N° 10: 189 - 196. (Online: Septiembre 19, 2016). Disponible en Internet: <http://200.11.218.113/herbario/publicaciones/14.pdf>.

FORTUNÉL, Francisco. 2007. Evaluación de la pérdida de la cobertura del bosque seco chaqueño en el municipio de Torotoro y en el parque nacional Torotoro (Potosí, Bolivia), mediante teledetección. *Revista Ecología Aplicada*. [Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú], 6 (1,2): 59 - 66. (Online: Septiembre 20,

2016). Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a07v6n1-2.pdf>.

FREIRE, Neison. 2012. *Percepción Remota, Vulnerabilidad Social y Cambios en el Uso del Suelo: Aspectos Conceptuales y Metodológicos de Análisis Espaciales con Uso Gratuito de Programas e Imágenes Satelitales*. Reino Unido.

GARCÍA ROMERO, Helena. 2011. Deforestación en Colombia: Retos y Perspectivas. FEDESARROLLO. (Online: Enero 11, 2017). Disponible en [http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/KAS-SOPLA\\_Deforestaci%C3%B3n-en-Colombia-retos-y-perspectivas.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/KAS-SOPLA_Deforestaci%C3%B3n-en-Colombia-retos-y-perspectivas.pdf).

HENAO, S. (1988). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad de Santo Tomas, Centro de Enseñanza Desescolarizada. Bogotá [Colombia]. Ediciones Usta,

INEGI. 2006. *Aspectos técnicos de las Imágenes Landsat*. California, Estados Unidos. (Online: Noviembre 09, 2012). Disponible en Internet: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/Aspectos\\_tecnicos\\_imagenes\\_%20landsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/Aspectos_tecnicos_imagenes_%20landsat.pdf).

INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAVH. 1998. Bosque Seco Tropical (Bs- T) en Colombia. (Online: Noviembre 16, 2016). Disponible en Internet: <http://media.utp.edu.co/cieblog/archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf>.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. 2010. *Leyenda nacional de coberturas de la tierra*. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1.100.000. Bogotá, D.C Colombia. (Online: Noviembre 09, 2012). Disponible en

Internet:<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021759/021759.htm>.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT - IAVH. 2011. *Conocer la Biodiversidad*. Colombia. (Online, acceso: Octubre 30, 2016). Disponible en Internet: <http://www.humboldt.org.co/iavh/buscador?searchword=biodiversidad&ordering=&searchphrase=all>.

LOZANO, Luis; GÓMEZ, Francy; y VALDERRAMA, Santiago. 2011. Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima. *Revista Tumbaga*. [Colombia]. 6: 125-140. (Online: Octubre 18, 2016). Disponible en Internet: [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3944231.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3944231.pdf).

MONTES VEIRA, Santiago. (2006). Bosque Seco Tropical Colombia. (Online: Octubre 19, 2016). Disponible en Internet: <http://www.imeditores.com/banocc/seco/cap1.htm>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS - ONU. 1992. *Convenio sobre la diversidad biológica*. Colombia. (Online: Octubre 30, 2016). Disponible en Internet: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.

OSPINO, Juan; y RAMOS, Álvaro. 2014. *Análisis geográfico de la perdida y/o fragmentación del bosque seco tropical en Córdoba mediante imágenes landsat para el periodo 1985 – 2013*. (Tesis de pregrado Inédita). Departamento de Geografía y Medio Ambiente. Universidad de Córdoba.

PINILLA RUIZ, Carlos. 2010. *Clasificación digital*. España. (Online: Septiembre 02 del 2016). Disponible en Internet: <http://coello.ujaen.es/asignaturas/teledeteccion/tel/archivos/13.pdf>.

POT. 2009. *Proceso de revisión y ajuste al POT de montería 2002-2015*. Montería. Colombia. (Online: Octubre 16, 2016). Disponible en Internet: [http://www.monteriacordoba.gov.co/Contenido/Alcaldia/contendio/POT20022015Acuerdo029/Formulacion\\_POT%202002-2015%20Nov%2017%202%20de%20septiembre%202010.pdf](http://www.monteriacordoba.gov.co/Contenido/Alcaldia/contendio/POT20022015Acuerdo029/Formulacion_POT%202002-2015%20Nov%2017%202%20de%20septiembre%202010.pdf).

PROMOCIÓN DE TURISMO, INVERSIÓN E IMPORTACIONES PROEXPORT. 2009. Sector Forestal en Colombia. (Online, acceso: Enero 18, 2017): <https://sioc.minagricultura.gov.co/Forestal/Documentos/007%20-%20Seguimiento%20Plan%20Anual/Perfil%20forestal.pdf>.

SELPER, La Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial. 2007. *Clasificación de máxima probabilidad*. Uruguay. (Online: Septiembre 02 del 2016). Disponible en Internet: <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/clasific1.html>.

TORAL ARTO, María Amparo. 2001. *El factor espacial en la convergencia de las regiones de la Unión Europea: 1980-1996*. (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Pontificia Comillas de Madrid, España. (Online, Septiembre 07, 2016). Disponible en Internet: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/ata/e3.htm>.

ULBRICH PINCHEIRA, J.; Rau, J. R.; y PEÑA CORTES, F. 2009. Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación de la riqueza de especies de árboles y arbustos. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. [Fundación Romulo Raggio, Argentina], N° 78: 121 – 128. (Online: Octubre 19, 2016). Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v78n2/v78n2a07.pdf>.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2005. *Recuperación de la vegetación relictual de áreas prioritarias de la zona de vida bs-t en el departamento de Córdoba*. Bogotá D. C: Editorial UN.



WILLIAMS, G., 1991. "Los bordes de selvas y bosques". *Ciencia y desarrollo*, 17(97): 65-71.

## ANEXOS

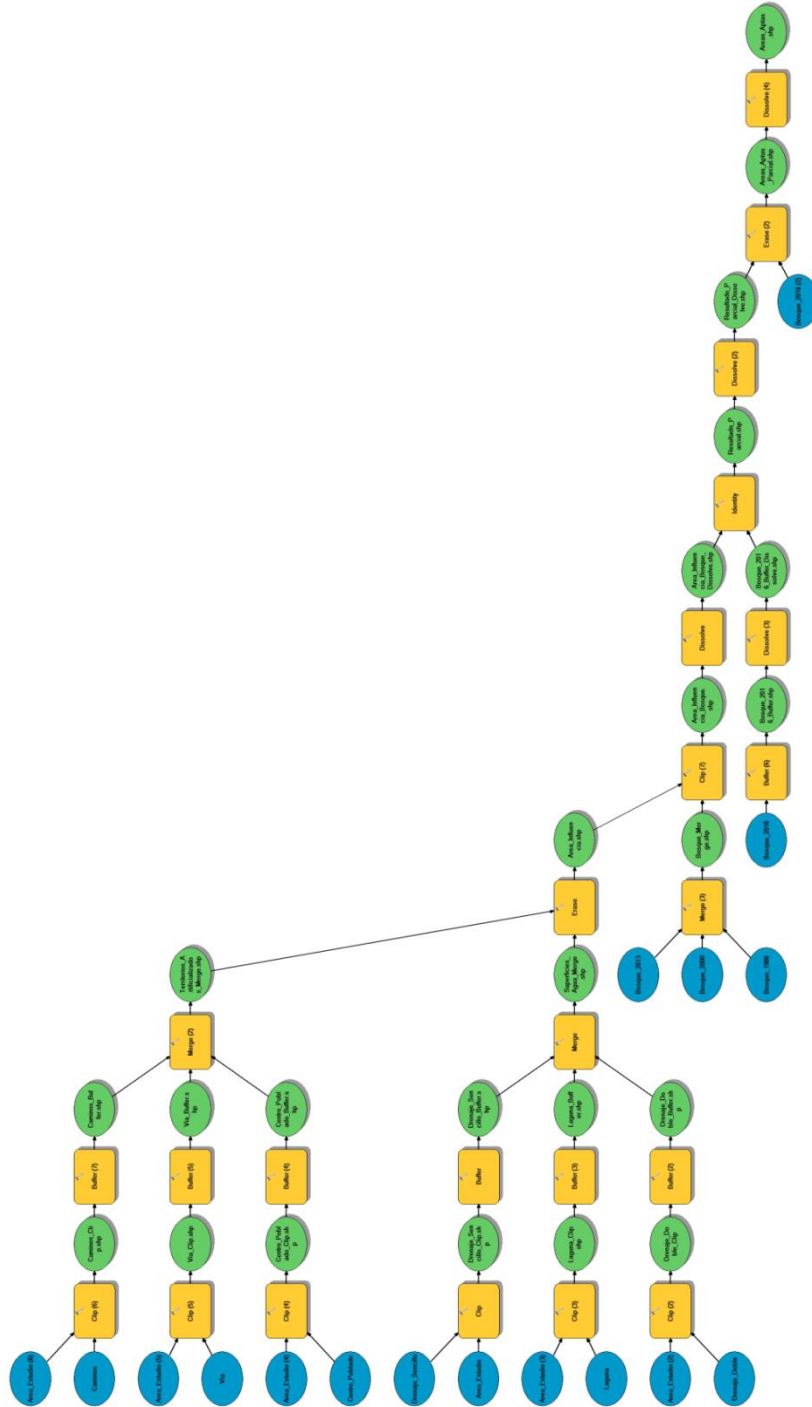
### ANEXO A: Sitios Visitados

Municipio	Corregimiento	Altitud	Coordenadas	
		(msnm)	N	W
CERETE	Cerete	22	8° 52' 51,634"	75° 47' 26,538"
CERETE	Martinez	14	8° 53' 6,592"	75° 43' 59,739"
CERETE	Cerete	21	8° 53' 9,072"	75° 47' 40,902"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	101	8° 36' 49,649"	75° 32' 14,479"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	110	8° 37' 34,624"	75° 32' 43,659"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	113	8° 37' 43,482"	75° 32' 54,734"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	127	8° 38' 46,141"	75° 34' 49,081"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	120	8° 38' 49,815"	75° 34' 40,286"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	134	8° 38' 59,099"	75° 33' 55,646"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	121	8° 39' 0,702"	75° 33' 53,315"
CIENAGA DE ORO	Santiago Pobre	143	8° 39' 10,719"	75° 33' 58,011"
COTORRA	El Bongo	17	9° 3' 5,897"	75° 49' 32,288"
LORICA	Mata de Caña	12	9° 5' 26,760"	75° 49' 11,973"
LORICA	Mata de Caña	18	9° 6' 35,975"	75° 49' 24,962"
LORICA	Palo de Agua	15	9° 8' 14,070"	75° 49' 59,396"
LORICA	Lorica	8	9° 14' 3,688"	75° 48' 51,072"
LORICA	Lorica	5	9° 14' 20,217"	75° 48' 42,519"
LORICA	Lorica	40	9° 14' 32,548"	75° 47' 58,047"
LORICA	La Doctrina	21	9° 17' 18,286"	75° 54' 14,786"
MOÑITOS	Broqueles	1	9° 12' 59,817"	76° 9' 52,772"
MOÑITOS	Broqueles	11	9° 13' 18,380"	76° 9' 19,914"
MOÑITOS	Broqueles	4	9° 13' 37,087"	76° 9' 13,716"
MOÑITOS	Broqueles	1	9° 13' 53,448"	76° 9' 10,632"
MOÑITOS	Broqueles	1	9° 13' 56,004"	76° 9' 10,609"
MOÑITOS	Broqueles	1	9° 13' 57,703"	76° 9' 11,162"
MOÑITOS	Broqueles	0	9° 14' 3,485"	76° 9' 14,940"
MOÑITOS	Moñitos	15	9° 14' 17,824"	76° 7' 21,954"
MOÑITOS	Moñitos	18	9° 14' 19,079"	76° 7' 43,018"
MOÑITOS	Moñitos	2	9° 14' 26,960"	76° 8' 33,499"
MOÑITOS	Moñitos	15	9° 14' 29,229"	76° 7' 17,983"
MOÑITOS	Moñitos	10	9° 14' 35,824"	76° 7' 8,205"
MOÑITOS	Moñitos	10	9° 14' 42,697"	76° 7' 51,044"
MOÑITOS	Moñitos	10	9° 14' 49,122"	76° 7' 49,545"
MOÑITOS	Pueblito	11	9° 15' 6,651"	76° 6' 14,101"
MOÑITOS	Notecebes	12	9° 15' 55,990"	76° 5' 39,387"

MOÑITOS	Notecebes	12	9° 16' 23,264"	76° 5' 31,671"
MOÑITOS	La Rada	14	9° 17' 29,422"	76° 5' 30,205"
MOMIL	Santa Teresa	8	9° 13' 3,368"	75° 40' 13,268"
MOMIL	Santa Teresa	5	9° 13' 8,525"	75° 39' 45,559"
MOMIL	Santa Teresa	6	9° 13' 10,685"	75° 39' 38,056"
MOMIL	Santa Teresa	8	9° 13' 10,940"	75° 40' 24,355"
MOMIL	Santa Teresa	13	9° 13' 11,357"	75° 39' 52,699"
MOMIL	Santa Teresa	22	9° 13' 13,697"	75° 39' 54,997"
MOMIL	Santa Teresa	22	9° 13' 14,977"	75° 39' 59,590"
MOMIL	Santa Teresa	9	9° 13' 20,502"	75° 40' 29,518"
MOMIL	Santa Teresa	8	9° 13' 21,232"	75° 39' 25,837"
MOMIL	Santa Teresa	6	9° 13' 42,170"	75° 40' 38,571"
MOMIL	Santa Teresa	6	9° 13' 50,617"	75° 40' 31,181"
MOMIL	Momil	11	9° 14' 19,540"	75° 40' 41,602"
MOMIL	Momil	10	9° 14' 44,644"	75° 40' 27,659"
MONTERIA	Patio Bonito	47	8° 36' 32,742"	75° 44' 42,282"
MONTERIA	Patio Bonito	46	8° 36' 48,784"	75° 44' 29,758"
MONTERIA	Patio Bonito	48	8° 37' 29,766"	75° 45' 32,295"
MONTERIA	Patio Bonito	35	8° 38' 12,928"	75° 46' 6,413"
MONTERIA	Patio Bonito	39	8° 38' 38,159"	75° 47' 10,457"
MONTERIA	El Cerrito	40	8° 41' 18,351"	75° 48' 45,095"
MONTERIA	El Cerrito	36	8° 42' 45,809"	75° 49' 59,142"
MONTERIA	Montería	30	8° 45' 12,677"	75° 52' 23,870"
MONTERIA	Montería	25	8° 45' 46,241"	75° 55' 9,982"
MONTERIA	Montería	43	8° 46' 8,455"	75° 51' 33,893"
MONTERIA	Montería	29	8° 49' 3,844"	75° 50' 48,641"
PUEBLO NUEVO	El Contento	126	8° 36' 4,511"	75° 29' 56,932"
PUEBLO NUEVO	El Contento	110	8° 36' 11,447"	75° 29' 53,775"
PUEBLO NUEVO	El Contento	88	8° 36' 25,288"	75° 30' 42,935"
PUEBLO NUEVO	El Regado	95	8° 36' 36,429"	75° 35' 41,727"
PUEBLO NUEVO	El Regado	101	8° 36' 46,912"	75° 35' 16,658"
PURISIMA	Purisima	11	9° 13' 15,148"	75° 44' 26,951"
PURISIMA	Los Corrales	13	9° 13' 25,537"	75° 46' 31,246"
PURISIMA	Los Corrales	9	9° 13' 40,273"	75° 45' 25,369"
PURISIMA	Purisima	16	9° 14' 8,530"	75° 43' 19,330"
PURISIMA	Purisima	8	9° 14' 17,297"	75° 43' 23,235"
PURISIMA	Los Corrales	18	9° 14' 27,167"	75° 44' 45,597"
SAN ANTERO	San Antero	43	9° 22' 42,263"	75° 45' 37,163"
SAN ANTERO	Caño Lobo	11	9° 23' 28,717"	75° 47' 2,465"

SAN ANTERO	Zona de Manglares	10	9° 24' 53,809"	75° 47' 47,983"
SAN ANTERO	Zona de Manglares	10	9° 25' 1,333"	75° 47' 38,287"
SAN ANTERO	Zona de Manglares	9	9° 25' 7,552"	75° 49' 10,033"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Paso Nuevo	7	9° 19' 1,140"	76° 5' 6,661"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Trementino	18	9° 19' 32,905"	75° 56' 35,785"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Playas del Viento	2	9° 20' 21,201"	76° 2' 54,483"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Playas del Viento	12	9° 20' 36,035"	76° 1' 40,741"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	San Bernardo del Viento	5	9° 20' 50,679"	75° 57' 14,577"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Playas del Viento	9	9° 20' 53,264"	76° 0' 53,097"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	San Bernardo del Viento	4	9° 21' 12,023"	75° 57' 10,296"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	San Bernardo del Viento	4	9° 21' 18,741"	75° 57' 8,124"
SAN BERNARDO DEL VIENTO	Cielo Azul	8	9° 21' 34,391"	75° 58' 47,406"
SAN Pelayo	El Tesoro	23	8° 55' 46,198"	75° 48' 53,235"
SAN Pelayo	San Pelayo	14	8° 57' 13,018"	75° 50' 8,271"
SAN Pelayo	San Pelayo	21	8° 57' 25,259"	75° 50' 18,493"

**ANEXO B. Modelo Cartográfico.**



### ANEXO C. Áreas Aptas por Municipio

Municipios	Área (ha)
Buenavista	29,71
Canalete	4.472,78
Cereté	1.228,33
Chima	1.546,03
Chinú	5.614,84
Ciénaga de Oro	7.834,82
Cotorra	613,63
Los Córdoba	3.187,29
Momil	885,22
Montelibano	1.490,97
Montería	18.831,47
Moñitos	2.997,28
Planeta Rica	3.494,32
Pueblo Nuevo	4.956,49
Puerto Escondido	4.624,10
Puerto Libertador	1.784,11
Purísima	786,42
Sahagún	8.297,09
San Andrés de Sotavento	2.014,16
San Antero	1.885,60
San Bernardo del Viento	1.366,54
San Carlos	4.815,81
San Pelayo	1.976,35
Santa Cruz de Lorica	8.114,01
Tierralta	8.360,36
Tuchin	2.132,40
Valencia	13.705,02
Total	117.045,15

### ANEXO D. Pérdida a nivel municipal del bosque seco tropical 1985 - 2016

Municipios	1985 - 1986 (ha)	2016 (ha)	Pérdida de bosque (ha)	Porcentaje de Pérdida (%)
Buenavista	26,78	43,36	(16,58)	-61,9
Canalete	5.012,52	1.379,49	3.633,03	72,5
Cerete	1.626,18	388,55	1.237,63	76,1
Chima	1.204,89	67,63	1.137,26	94,4
Chinú	8.183,69	66,87	8.116,82	99,2
Ciénaga de Oro	11.645,31	834,72	10.810,59	92,8
Cotorra	571,54	39,58	531,96	93,1
Santa Cruz de Lorica	9.406,06	1.114,64	8.291,42	88,1
Los Córdoba	4.316,44	661,79	3.654,65	84,7
Momil	1.033,16	101,27	931,89	90,2
Montelibano	41,01	765,97	(724,96)	-1767,8
Montería	19.604,57	3.578,14	16.026,43	81,7
Moñitos	4.781,38	260,30	4.521,08	94,6
Planeta Rica	3.681,26	1.323,76	2.357,50	64,0
Pueblo Nuevo	5.350,35	874,64	4.475,71	83,7
Puerto Escondido	4.925,61	112,79	4.812,82	97,7
Puerto Libertador	86,78	138,38	(51,60)	-59,5
Purísima	1.118,72	18,11	1.100,61	98,4
Sahagún	12.032,79	686,21	11.346,58	94,3
San Andrés de Sotavento	3.376,50	144,57	3.231,93	95,7
San Antero	3.059,75	95,34	2.964,41	96,9
Viento	2.004,12	161,51	1.842,61	91,9
San Carlos	6.172,05	704,96	5.467,09	88,6
San Pelayo	3.154,97	788,37	2.366,60	75,0
Tierralta	8.976,86	2.231,57	6.745,29	75,1
Tuchin	4.056,13	182,66	3.873,47	95,5
Valencia	8.905,42	2.883,02	6.022,40	67,6
Total	134.354,84	19.648,20	114.706,64	85,4